

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
М.ӘУЕЗОВА атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік
УНИВЕРСИТЕТІ**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им.М.АУЭЗОВА**

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN
M. AUEZOV SOUTH KAZAKHSTAN STATE UNIVERSITY**



**«ЖҮЗ НАҚТЫ ҚАДАМ. БАРШАҒА АРНАЛҒАН ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ
МЕМЛЕКЕТ» - ЕЛІМІЗДІҢ ИНДУСТРИАЛДЫҚ-ИННОВАЦИЯЛЫҚ
ДАМУЫНДАҒЫ СТРАТЕГИЯЛЫҚ ЖОЛЫ»- АТТЫ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ
ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК КОНФЕРЕНЦИЯНЫҢ**

ЕҢБЕКТЕРІ

ТРУДЫ

**МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«СТО КОНКРЕТНЫХ ШАГОВ. СОВРЕМЕННОЕ ГОСУДАРСТВО ДЛЯ ВСЕХ» -
СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПУТЬ ИНДУСТРИАЛЬНО-ИННОВАЦИОННОГО
РАЗВИТИЯ СТРАНЫ»**

WORKS

**OF THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE
“ONE HUNDRED OF CONCRETE STEPS. MODERNLY POLITY FOR
EVERYBODY” - STRATEGIC WAY INDUSTRIAL AND INNOVATION
DEVELOPMENT COUNTRY»**

Шымкент 2015

УДК330.3 (574)
ББК 65.9 (5каз)
Ж 11

«Жүзнақтықадам. Баршаға арналған қазіргі заманғы мемлекет» - еліміздің индустриалдық-инновациялық дамуындағы стратегиялық жолы – атты халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция
- Шымкент: М. Әуезова ат. ОҚМУ, 2015 ж.

1Т. 456 б. Тілдері: қазақ, орыс, ағылшан.

Международной научно-практической конференции «Сто конкретных шагов. Современное государство для всех» - стратегический путь индустриально-инновационного развития страны»
- Шымкент: ЮКГУ им.М.Ауезова, 2015 г.

1Т. 456 б. Языки: казахский, русский, английский.

International scientific-practical conference“One hundred of concrete steps. Modernly polity for everybody” - strategic way industrial and innovation development country”
- Shymkent: M.Auevov SKSU, 2015 y.

1 V. 456 p. Languages: kazakh, russian, english.

ISBN 978-9965-03-397-X

Басредактор: Мырхалықов Ж.Ү. – М. Әуезов атындағы ОҚМУ ректоры, т.ғ.д., профессор, ҰҒА корреспондент мүшесі.

Редакциялық алқа мүшелері: Сатаев М.И. – төрағаның орынбасары, ҒЖ және ХБ жөніндегі проректор, т.ғ.д., профессор, ҰҒА корреспондент мүшесі; Сабырханов Д.С. – Оқу-әдістемелік жұмыстар бойынша проректор, т.ғ.д., профессор; Волненко А.А. - «Технологиялық машиналар мен жабдықтар» кафедрасының меңгерушісі, т.ғ.д., профессор; Шарафиев А.Ш. – «ӨҚБҰҒТО» АҚ ғылым бойынша директорының орынбасары, т.ғ.д., профессор; Қорғанбаев Б.Н. – ХГТУ ректоры, кафедрасының меңгерушісі, т.ғ.д.; Жапбаров С.А. – «Механика және мұнай газ ісі» факультетінің деканы, т.ғ.к., доцент; Надиров К.С. – «Мұнай газ ісі» кафедрасының меңгерушісі, х.ғ.д., профессор; Мырзалиев Д.С. – «Механика және машина жасау» кафедрасының меңгерушісі, т.ғ.к., доцент; Түлекбаева А.Қ. – «Стандартизация және сертификаттау» кафедрасының меңгерушісі, т.ғ.к., доцент; Жумадуллаев Д.К. – жауапты хатшысы, «Технологиялық машиналар мен жабдықтар» кафедрасының докторанты.

УДК 330.3 (574)
ББК 65.9 (5каз)
ISBN 978-9965-03-397-X

М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, 2015
Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, 2015



Кафедра, основанная в июле 1955 года в составе Казахского химико-технологического института по приказу ректора Умбеталина С.А. под названием «Машины и аппараты химических производств», стала единственным подобного рода вузовским научно-педагогическим подразделением в Казахстане, перед которым была поставлена задача готовить специалистов по машинам и аппаратам силикатной промышленности. В 1961 году первые выпускники-механики дополнили ряды специалистов на предприятиях промышленности строительных материалов республики. С этого времени кафедра наращивала выпуск специалистов.

Реальные потребности производства и научно-технического прогресса в значительной мере определили сам факт возникновения и последующего формирования, а также специфики ее деятельности. К середине 50-х годов, в связи с бурным развитием строительства и промышленности строительных материалов в регионе и дефицитом механических служб соответствующих предприятий в инженерных кадрах высокой квалификации, перед кафедрой была поставлена задача готовить специалистов по машинам и аппаратам силикатной промышленности, с которой коллектив под руководством приглашенного в качестве заведующего из Ярославского политехнического института доцента Калитова И.П., достойно справился. В 1961 году первые выпускники-механики дополнили ряды специалистов на предприятиях промышленности строительных материалов республики. С этого времени кафедра наращивала выпуск специалистов, число которых резко возросло за счет подготовки инженеров-механиков также и по вечерней и заочной формам обучения.

Энергия и настойчивость заведующего и инициатива молодого преподавательского коллектива, который в последующие годы пополнялся, главным образом, за счет самих выпускников кафедры, позволили оснастить учебный процесс соответствующим оборудованием и учебно-материальной базой, в чем большая помощь им была оказана ректорами института Умбеталиным С.М. и Сулейменовым С.Т. Это обстоятельство самым благотворным образом сказалось на качественной стороне выпускников, престиж и авторитет которых на производстве уже к этому времени значительно возрос.

С середины 60-х годов развитие кафедры приобретает новое, более универсальное направление, связанное с разительными структурными изменениями в народно-хозяйственном комплексе республики. Строящиеся, введенные в эксплуатацию, а также реконструируемые предприятия химической и нефтехимической отраслей

Казахстана, создали ситуацию острого дефицита в специалистах химического профиля. К 1964 году, обусловленные этим, коррективы к стратегии подготовки инженеров были сделаны, как в масштабе всего института, так и в отношении кафедры. Институт был переименован в химико-технологический, а кафедра стала специализироваться не только по оборудованию предприятий строительных материалов, но и аппаратуре химической технологии. С этого времени закладываются прочные традиционные научно-методические связи коллектива с аналогичными кафедрами химико-технологических институтов, университетов и академий г.г. Москвы, Казани, Иваново, Днепропетровска, Московского государственного университета инженерной экологии, Санкт-Петербургского технологического института и других, а также отраслевых и академических научно-исследовательских институтов.



Накопленный научно-технический и методический потенциал кафедры позволил, в эти годы, ее основателю доценту Калитову И.П., удостоенному за большой вклад в развитие и становление научно-педагогического коллектива, высокой правительственной награды – ордена Ленина, передать свое детище в надежные руки. В 1966 году кафедру возглавил выпускник Киевского

института стройматериалов Порошин В.В. К этому периоду относится и массовое вовлечение коллектива кафедры в научно-исследовательскую работу, к которой подключились выпускники Алтыбаев М.А., Болгов Н.П., Давыдов Н.В., Кучмистый Б.И., Туляев Ю.К., Сулейменов М.К. и другие которые внесли большой вклад в разработку, внедрение и дальнейшее совершенствование новых типов массообменной аппаратуры химической промышленности. Плодом усилий в этом направлении явилась защита этими преподавателями во второй половине 60-х и начале 70-х годов кандидатских диссертаций. Последние были защищены и другими выпускниками кафедры, работавшими на общепромышленных и специальных кафедрах КазХТИ и прочих вузов (Уркумбаевым М.Ф., Куатбековым М.К., Алтынбековым Ф.Е. и др.).

К середине 70-х годов доля учебно-методической и научно-исследовательской работы, выполняемой преподавательским составом, специализирующимся по оборудованию химических и нефтехимических заводов, стала занимать настолько значительный объем, что потребовалось разделить одной большой кафедры на отдельные научно-учебные подразделения, занимающиеся каждое своими направлениями. Это и было сделано 1 сентября 1974 года, когда в соответствии со специализацией, предусмотренной номенклатурой специальностей вузов, были, на базе прежней, созданы кафедры «Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций» (в разные годы кафедрой заведовали доцент Туляев Ю.К., профессора Сулейменов М.К. и Алтыбаев М.А) и «Машины и аппараты химических производств».

Последнюю возглавил выпускник Московской академии химического машиностроения к.т.н., доцент Балабеков О.С., ныне д.т.н., профессор, академик НАН РК, академик республиканской и международной инженерных академий.



Этот период деятельности кафедры связан с новыми качественными изменениями в работе преподавательского состава. Резко усиливается

научная составляющая этой деятельности. Так, в 1976 году при кафедре была начата подготовка аспирантов, открыта отраслевая научно-исследовательская лаборатория по очистке и утилизации отходов производства фосфора и фосфорных удобрений.

В том же году тематика научно-исследовательских работ, выполняемых преподавателями и сотрудниками кафедры была включена в координационный план научно-исследовательских работ, ведущихся совместно Министерством высшего и среднего специального образования СССР, Министерством высшего и среднего специального образования Казахской ССР, Академией Наук СССР, Академией Наук Казахской ССР и Минхимпромом.

Такая скоординированная и интенсивная научно-исследовательская работа кафедры стала возможной благодаря укомплектованности кафедральных научных лабораторий значительным числом лабораторных и полупромышленных плотных установок, к исследованиям на которых были привлечены все преподаватели, сотрудники и большая часть студентов (на конец 70-х и начало 80-х годов на кафедре функционировали 3 учебно-исследовательские лаборатории, а всего учебно-научная база насчитывала 56 экспериментальных установок).

На промышленных предприятиях региона и за его пределами (ШАО «Фосфор, ТАО «Химпром», ТАО «НОДФОС», Таразский суперфосфатный завод, Актюбинские химзавод и завод хромовых соединений, ПО «Сера» в г. Новый Раздол Львовской области (Украина), Краснодарский химкомбинат №1 (Россия), ПО «Навоизот» (Узбекистан) и др.) были сооружены и испытаны, а впоследствии и внедрены промышленные установки, созданные разработчиками массообменной аппаратуры кафедры.

Полученный богатейший экспериментальный материал, основанный на результатах исследований аппаратуры в широких диапазонах процессных и отраслевых данных, позволил ученым кафедры вынести на широкое общенаучное обсуждение обширный круг проблем химии и химической техники, которое было осуществлено на I, II и IV общесоюзных научно-технических конференциях «Химтехника» (1977, 1980 и 1988 годы) организованных по инициативе руководства кафедры и ректора КазХТИ д.т.н., профессора Молдабекова Ш.М. поддержанной, союзной и республиканской академиями и проходивших в г.Шымкенте.

В восьмидесятые годы деятельности кафедры стали присущи еще более существенные качественные перемены, связанные с выходом на новые научные рубежи: выполнение приоритетного уровня научных работ; достижение показателей, соответствующих высшей научной и педагогической квалификации; реализация результатов научной деятельности в крупных формах.

В соответствии с этой стратегической задачей в конце 80-х годов при кафедре были организованы проблемные научно-исследовательские лаборатории

интенсификации тепломассообмена (1987г.) и по получению особо чистых веществ (1989г.), а также Проблемный совет по охране окружающей среды.

С начала 70-х годов преподавателями кафедры получено более двухсот авторских свидетельств СССР, предварительных, инновационных патентов РК на изобретения, разработано около десятка ТУ на элементы, узлы и устройства химической техники, написано и опубликовано более 20 монографий и 30 учебных пособий, в которых обобщен богатый научный, методический и педагогический опыт ее коллектива.

За время своего существования кафедра подготовила и выпустила для предприятий промышленности строительных материалов, химической и нефтеперерабатывающей, нефтехимической и смежных с ними отраслей более пяти тысяч инженеров-механиков, бакалавров и магистров.

Среди них Герой социалистического труда, директор Белгородского цементного завода Туманов А.Д., президент ТАО «Химпром» Атабаев М.Д., президент ШАО по производству кузнечно-прессового оборудования Пляцук В.Д., Генеральный директор ПО «Куйбышевфосфор» Пименов С.Д., зам. главного инженера АО «Шымкентшина» Щипачев Г.Е., начальник производственного управления ШАО «Фосфор» Сидиропуло Д.И., главный механик ШАО «Фосфор» Карынбаев Б.М., Генеральный директор ШАО «Шымкентшина» Рева Ю.М., Генеральный директор Шымкентского ШРЗ Крюков В.И., Председатель правления АО «АЗХС» Химич А.А., Главный инженер ЖФ ТОО «Казфосфат» (НДФЗ) Керембаев А.Б. и многие другие руководители крупных промышленных предприятий и главные специалисты.

Многие выпускники стали руководителями крупных промышленных корпораций и государственными деятелями – это, например, Председатель Союза промышленников и предпринимателей профессор Уркумбаев М.Ф., посол Российской Федерации в республике Кыргызстан Рудов Г.А., генерал МВД РК Султанов Ж.А., генерал КНБ РК Накисбаев В.И. и другие.



Значительная часть выпускников кафедры посвятила свою жизнь научной и педагогической деятельности. Это академик НАН д.т.н., профессор Чоманов О.Ч., д.т.н., профессора Алтыбаев М.А., Сулейменов М.К., Алтынбеков Ф.Е., Шарыгин М.П.,

Серманизов С.С., Куатбеков М.К., Бренер А.М., Волненко А.А., Голубев В.Г., Алтаев М.А., Бекибаев Н.С., к.т.н., доценты Давыдов П.В., Болгов Н.П., Кучмистый Б.И., Навесов Ш.А., Гисматулин Ч.Н., Сарбасов А.С., Кумисбеков С.А., Кирасиров О.М., Сейтханов Н.Т., Ешанкулов А.А., Хусанов А.Е., Хусанов Ж.Е. и другие.



В 90-е и последующие годы диапазон специальностей, по которым кафедра призвана готовить инженеров, постепенно расширяется: в 1993 году открывается новая специальность «Машины и аппараты пищевых производств», в 1996 году специальность «Технология и оборудование производств натуральных и химических волокон», в 1999 году специальность «Стандартизация, метрология и сертификация», в 2001 году – специальности «Машины и оборудование природообустройства и охраны окружающей среды» и «Машины и оборудование нефтяной и газовой промышленности», в 2002 году – специальности «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ» и «Бурение нефтяных и газовых скважин».

В этот период кафедру возглавляли Сабырханов Д.С., Серманизов С.С., Бекибаев Н.С., Волненко А.А., Акынбеков Е.К. и Корганбаев Б.Н., и она имела различные названия: «Машины и аппараты химических производств» (1955-1996 г.г.); «Машины и аппараты химических и пищевых производств» (1996-1999 г.г.); «Процессы, машины и аппараты промышленных технологий (ПМАПТ)» (1999-2002 г.г.); «Техника промышленности и стандартизация (ТЕХПРОМСТАНДАРТ)» 2002 г.; «Техника нефтегазохимического комплекса (ТНГХК)» (2002-2007 г.г.); «Технологические машины и оборудование (ТМО)» (2007 г. по настоящее время).

Опыт выполнения последних больших и серьезных работ методического плана, позволил преподавательскому составу успешно справиться с таким ответственным заданием, как составление ГОСО по ряду специальностей, с учетом новых реалий времени: в 2001 и 2002 годах разработаны и доведены до стадии утверждения государственные обязательные стандарты образования РК по специальностям 39.15, 391540, 140140 и 140540.

Пройдя период становления, некоторые специальности, по которым осуществлялась подготовка специалистов, выделены в самостоятельные кафедры. В 2003 году создана кафедра «Стандартизация и сертификация» и ее заведующим

назначен к.т.н., доцент Бекибаев Н.С., в 2007 году создана кафедра «Нефтегазовое дело» - заведующей кафедрой назначена к.т.н., доцент Бондаренко В.П.

Новые акценты и приоритеты появляются и в организации и содержании НИР, выполняемых кафедрой – она трансформируется в сторону большего охвата научных и технических проблем, разрабатываемых преподавателями.

С 2001 года ученые кафедры работают над комплексной наукоемкой проблемой «Разработка методологии конструирования и расчета, высокоинтенсивных теплообменных аппаратов и устройств общепромышленного назначения» для создания новых конструкций теплообменных и пылеулавливающих аппаратов, устройств для интенсификации химико-технологических процессов и машин для измельчения твердых материалов, методологии их расчета.

Об актуальности и более высоком уровне работ, ведущихся в этом направлении, свидетельствует, например, присуждение их авторам двух международных грантов на выполнение фундаментальных НИР по линии INTAS и дипломов на научные открытия (№144, авторы Балабеков О.С. и Петин В.Ф. и №269, авторы Балабеков О.С., Волненко А.А., Пралиев С., Корганбаев Б.Н., Балабекова М.О., Викторов С.В.).

По результатам выполненных НИР через докторантуру кафедры прошли десятки диссертационных работ, получивших высокую оценку Министерства образования и науки, Академии наук и ВАК РК, а докторов наук, подготовленных здесь оказалось столько, что ими был укомплектован Специализированный совет ВАК, вначале СССР, а затем и РК, по защите докторских и кандидатских диссертаций по специальностям «Процессы и аппараты химической технологии» и «Технология неорганических веществ».

В 2013 году Решением Президиума Российской Академии Естествознания (от 23.10.2013 г.) Оразалы Сатимбековичу Балабекову присвоено Почетное звание «Основатель научной школы» под наименованием «Теоретические основы химических технологий и промышленной экологии» и в этом же году приказом ректора ЮКГУ им. М.Ауэзова, д.т.н., проф. Мырхалыкова Ж.У. открыта научная лаборатория им. Академика НАН РК Балабекова О.С., что явилось достойной оценкой его труда.



Истекшее десятилетие в деятельности кафедры было не простым, поскольку это время связано с радикальной ломкой устоявшихся структурных и организационных форм и методов реализации высшего образования в стране, а главное, соответствующих стереотипов в сознании людей.

Возникла новая ситуация в сфере организации, планирования и отработки учебного процесса и научно-исследовательских работ на принципиально иных базовых предпосылках, требующих принятия неординарных решений, чем и занят в настоящее время коллектив кафедры «Машины и аппараты химических производств» (ныне «Технологические машины и оборудование»), отмечающий свое славное 60-летие в составе своей альма-матер – Южно-Казахстанского государственного университета им. М.Ауэзова, старейшего и имеющего весьма высокую репутацию, вуза Казахстана.

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ КАФЕДРЫ «МАШИНЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ»

1955г.	Приказом ректора Казахского технологического института Умбеталина С.А. в июне создана кафедра «Машины и аппараты химических производств» (МАХП), заведующим которой назначен к.т.н., доцент Калитов И.П., приглашенный из Ярославского политехнического института.
1956г.	Осуществлен первый набор абитуриентов по специальности МАХП.
1961г.	Состоялся первый выпуск инженеров-механиков химической и силикатной промышленности. С отличием закончили институт выпускники: Алтыбаев М.А. – д.т.н., профессор; Лысенко Н.И. – к.т.н., профессор; Рудов Г.А. – посол Советского Союза; Федоров С.М. – начальник треста «Монтажспецстрой».
1966г.	Приказом ректора Казахского химико-технологического института (КазХТИ), академика АН КазССР Сулейменова С.Т. заведующим кафедрой МАХП назначен к.т.н., профессор Порошин В.В.
1966г.	После окончания аспирантуры Ивановского химико-технологического института и защиты диссертации Алтыбаев М.А. становится первым кандидатом технических наук Казахстана по специальности «Процессы и аппараты химической технологии» (ПАХТ).
1969г.	После окончания аспирантуры Ленинградского технологического института им. Ленсовета и защиты диссертации Болгов Н.П. (1941-2002 г.г.) становится первым кандидатом технических наук Казахстана по специальности «Машины и оборудование химических производств».
1971г.	Институт по специальности МАХП заканчивает Чоманов У.Ч. ныне член-корреспондент НАН РК, д.т.н., профессор.
1972г.	Открывается аспирантура при кафедре МАХП и ее первым выпускником становится ныне д.т.н., профессор, директор НИИ «Экология» при МКТУ им. Х.А.Яссави Серманизов С.С.
1974г.	Создаются две самостоятельные кафедры «Машины и аппараты химических производств» (МАХП) и «Механическое оборудование предприятий строительных материалов изделий и конструкций» (МОПСМИК) и приказом ректора КазХТИ, академика Сулейменова С.Т. заведующим кафедрой назначается выпускник Московского института химического машиностроения, ныне член-корреспондент НАН РК, академик ИА РК и МИА, Почетный химик СССР, д.т.н., профессор Балабеков О.С.
1976г.	На базе кафедры МАХП создана отраслевая научно-исследовательская

	лаборатория очистки и утилизации промышленных отходов производств фосфора и минеральных удобрений Минхимпрома СССР (Минудобрения СССР) и назначается заведующим ныне д.т.н., профессор Сабырханов Д.С.
1976г.	Издается первая монография «Интенсивные колонные аппараты для обработки газов жидкостями» (Ленинград: ЛГУ им. А.А.Жданова).
1977г.	Организуется Всесоюзная научная конференция «Химтехника», которая затем традиционно проводилась на базе кафедры МАХП под председательством академиков Малюсова В.А., Чехова О.С. и Балабекова О.С.
1979г.	Разработаны ТУ №381051307-79 на пористую резиновую насадку и освоено ее промышленное изготовление.
1983г.	Организуется Всесоюзная научная конференция «Химреактор-8» под председательством академика АН СССР Легасова В.А. и члена-корреспондента АН СССР Слинко М.Г.
1985г.	После защиты докторской диссертации в МИХМе Балабеков О.С. становится первым доктором технических наук Казахстана по специальности «Процессы и аппараты химической технологии».
1986г.	Разработаны ТУ 26-14-79-6, утверждается нормализованный ряд и начинается серийное производство скрубберов с шаровой насадкой типа СДК.
1986г.	Пять преподавателей, научных сотрудников и аспирантов кафедры Шарыгин М.П., Бекибаев Н.С., Волненко А.А., Оспанов А.М., Шакиров Б.С. становятся Лауреатами премии Ленинского комсомола Казахстана в области науки и техники.
1987г.	Приказом МВ и ССО КазССР создается Проблемная научно-исследовательская лаборатория тепломассообмена и ее заведующим назначается Бренер А.М. ныне д.т.н., профессор.
1988г.	Открыта докторантура по специальности «Процессы и аппараты химической технологии» в которую первым зачислен д.т.н. Шарыгин М.П. (1954-1992г.г.).
1989г.	Разработаны ТУ 26-01-1057-9, утверждается типоразмерный ряд прямооточных аппаратов с РПН: ПА-150, ПА-300, АП-600 и начинается их серийное производство.
1989г.	На базе кафедры МАХП создается Проблемная научно-исследовательская лаборатория особоочистых веществ «Асылзат» и ее руководителем назначается к.т.н., доцент Касымбеков Б.А.
1990г.	Разработан, утвержден, издан официально и введен в действие ГОСТ 17.00.04-90 «Охрана природы. Экологический паспорт промышленного предприятия. Основные положения». Авторы: Балабеков О.С., Воробьев О.Г., Шакиров Б.С. и др.
1990г.	Балабеков О.С., Серманизов С.С., Горбунов В.А., Приходько В.П., Исаев Т.А. становятся Лауреатами премии Гособразования СССР за лучшую научную работу.
1991г.	Создается Специализированный совет ВАК СССР, затем и ВАК РК по защите докторских и кандидатских диссертаций по специальностям «Процессы и аппараты химической технологии» и «Технология неорганических веществ». Председатель - Балабеков О.С., зам. председателя - Алтыбаев М.А., ученый секретарь - Сабырханов Д.С. Утвержден типоразмерный ряд инерционно-турбулентных туманоуловителей типа Т 30-1К-01.
1992г.	На базе научных лабораторий кафедры МАХП приказом Министерства

	образования РК создается НИИ Химической технологии и промышленной экологии (за время существования директора Балабеков О.С., Серманизов С.С., Корганбаев Б.Н.).
1992г.	Постановлением Президиума АН РК организуется Южно-Казахстанское отделение Академии наук РК (председатель Уркумбаев М.Ф., академик-секретарь Балабеков О.С., ученый секретарь Мустафина А.И.).
1992-2001г. г.	Заведующими кафедрами МАХП, МАХПП, ПМАПТ и Техпромстандарт назначаются д.т.н., профессор Волненко А.А., к.т.н., доцент Бекибаев Н.С., д.т.н., профессор Сабырханов Д.С., д.т.н., профессор Серманизов С.С., д.т.н., профессор Балабеков О.С.
1993г.	Открывается специальность «Машины и аппараты пищевых производств». Первый выпуск состоялся в 1998 г.
1994г.	Балабеков О.С. избирается членом-корреспондентом НАН РК.
1996г.	Приказом ректора Южно-Казахстанского технического университета д.т.н., профессора Айнабекова А.И. кафедра МАХП переименована в кафедру «Машины и аппараты химических и пищевых производств» (МАХПП).
1996г.	Открывается специальность «Технология и оборудование производств натуральных и химических волокон». Первый выпуск состоялся в 2001 г.
1997г.	Присуждены 2 международных гранта на выполнение фундаментальных НИР по линии INTAS.
1998г.	Балабеков О.С. избирается действительным членом (академиком) Инженерной академии РК, затем Международной инженерной академии (г.Москва).
1999г.	Приказом ректора ЮКГУ им. М.Ауезова д.п.н., профессора Медеуова Е.У. объединяются кафедры «ПАХТ» и «МАХПП» с созданием кафедры «Процессы, машины и аппараты промышленных технологий» (ПМАПТ).
1999г.	Открывается специальность «Стандартизация и сертификация» (по отраслям применения).
2000г.	Зарегистрировано научное открытие «Закономерность взаимодействия вихрей, возникающих при отрывном обтекании потоком газа или жидкости дискретно расположенных вдоль него тел» и выдан диплом №144 Балабекову О.С. и Петину В.Ф.
2000г.	Приказом ВАК РК организуется Диссертационный совет Д 14.23.01 по защите докторских и кандидатских диссертаций по специальностям «Процессы и машины химических технологий» и «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры». Председатель Балабеков О.С., зам. председателя Айнабеков А.И., ученый секретарь Волненко А.А.
2000г.	При кафедре открыта магистратура и первым выпускником, магистром технических наук по специальности 3915 – Процессы и аппараты химической технологии становится Шарыгин В.М.
2001г.	Открываются специальности 14.01.40 – «Машины и оборудование природообустройства и охрана окружающей среды» и 14.05.40 - «Машины и оборудование нефтяной и газовой промышленности», а также бакалавриат по специальности 55.16.30 - Стандартизация, сертификация и метрология.
2001г.	Разработан, утвержден и введен в действие Государственный обязательный стандарт образования РК по специальности 39.15 - Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов.
2002г.	Разработаны Государственные обязательные стандарты образования РК по специальностям: 14.01.40 - Машины и оборудование природообустройства

	и защиты окружающей среды; 14.05.40 - Машины и оборудование нефтяной и газовой промышленности; 39.15.40 - Машины и аппараты химических производств.
2002г.	Постановлением Ученого совета и приказом ректора ЮКГУ им. М.Ауэзова, члена-корреспондента НАН РК, проф. Бишимбаева В.К. кафедры ПМАПТ разделяется на две кафедры – общеинженерную и профилирующую и последняя переименовывается в кафедру «Техника промышленности и стандартизация» (Техпромстандарт).
2002г.	Постановлением Ученого совета и приказом ректора ЮКГУ им. М.Ауэзова академика НАН РК, проф. Бишимбаева В.К. кафедры «Техпромстандарт» переименовывается на «Техника нефтегазохимического комплекса» и включается в состав факультета «Добычи и переработка нефти и газа».
2002г.	Приказом ректора ЮКГУ им. М.Ауэзова, академика НАН РК, проф. Бишимбаева В.К. заведующим кафедрой «Техника нефтегазохимического комплекса» назначен д.т.н., проф. Волненко А.А.
2003г.	Постановлением Ученого совета и приказом ректора ЮКГУ им. М.Ауэзова, академика НАН РК, проф. Бишимбаева В.К. на базе кафедры «Техника нефтегазохимического комплекса» создана кафедра «Стандартизация и сертификация» и ее заведующим назначен к.т.н., доцент Бекибаев Н.С.
2004г.	Зарегистрировано научное открытие «Закономерность формирования параллельно движущихся вихревых струй при течении потока газа или жидкости через систему поперек к нему расположенных дискретных источников» и выдан диплом №269 Балабекову О.С., Волненко А.А., Пралиеву С., Крганбаеву Б.Н., Балабековой М.О., Викторову С.В.
2007г.	Постановлением Ученого совета и приказом ректора ЮКГУ им. М.Ауэзова, академика НАН РК, проф. Бишимбаева В.К. на базе кафедры «Техника нефтегазохимического комплекса» создана кафедра «Нефтегазовое дело» и ее заведующим назначена к.т.н., доцент Бондаренко В.П.
2007г.	Постановлением Ученого совета и приказом ректора ЮКГУ им. М.Ауэзова, академика НАН РК, проф. Бишимбаева В.К. кафедры «Техника нефтегазохимического комплекса» переименовывается на «Технологические машины и оборудование» и ее заведующим назначен д.т.н., профессор Акынбеков Е.К.
2010г.	При кафедре открыта докторантура PhD по специальности 6D072400-Технологические машины и оборудование и первым обучающимся в ней стал выпускник кафедры Серікұлы Ж. (научные руководители д.т.н, профессор Волненко А.А. и professor Kenig E.).
2012г.	Постановлением Ученого совета и приказом ректора ЮКГУ им. М.Ауэзова, д.т.н., проф. Мырхалькова Ж.У. заведующим кафедрой «Технологические машины и оборудование» назначен д.т.н. Крганбаев Б.Н.
2013г.	Решением Президиума Российской Академии Естествознания (от 23.10.2013 г.) Оразалы Сатимбековичу Балабекову присвоено Почетное звание «Основатель научной школы» под наименованием «Теоретические основы химических технологий и промышленной экологии».
2013г.	Приказом ректора ЮКГУ им. М.Ауэзова, д.т.н., проф. Мырхалькова Ж.У. открыта научная лаборатория им. Академика НАН РК Балабекова О.С.
2014г.	Постановлением Ученого совета и приказом ректора ЮКГУ им. М.Ауэзова, д.т.н., проф. Мырхалькова Ж.У. заведующим кафедрой «Технологические машины и оборудование» назначен д.т.н., профессор Волненко А.А.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАССООБМЕННЫХ И ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩИХ АППАРАТОВ С ПОДВИЖНОЙ И РЕГУЛЯРНОЙ НАСАДКОЙ

Волненко А.А., Корганбаев Б.Н.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
M.AuezovSouthKazakhstanStateUniversity, Shymkent, Kazakhstan
e.mail: nii_mm@mail.ru

Аппараты с подвижными насадочными телами в литературных источниках получили различные названия: «скруббер с плавающей насадкой», «турбулентный контактный абсорбер», «аппараты с орошаемой взвешенной насадкой», «пенные аппараты со взвешенной насадкой», «аппараты с подвижной орошаемой насадкой» и т.д.

Все разработки и исследования аппаратов ПН направлены на создание совершенных их конструкций, удовлетворяющих основным требованиям, предъявляемым к тепло- и массообменным аппаратам. К ним относятся высокая интенсивность, стабильность массообменных характеристик при изменении нагрузок, неизменная эффективность при масштабном переходе, простота конструкции и эксплуатации, универсальность, нечувствительность к загрязнениям обрабатываемых газов и жидкостей, низкая энергоемкость материалоемкость и т.д.

Анализ существующих конструкций и принципов работы противоточных аппаратов ПН показывает, что классификацию их целесообразно проводить по направлению и характеру движения насадки.

Каждая новая конструкция аппарата ПН предназначена для определенной цели, т.е. для конкретного процесса, и принцип работы ее основывается на том или ином виде движения насадки. Это в некоторой степени подтверждается названиями аппаратов и устройств для проведения процессов тепло- и массообмена, например, «массообменный аппарат с циркулирующей насадкой», «аппарат с колеблющейся насадкой» и др. Поэтому нами в основу классификации противоточных аппаратов ПН положен характер движения элементов насадочных тел в рабочем объеме, согласно которому указанные аппараты подразделяются на следующие основные классы (рисунок 1):

- аппараты со взвешенной насадкой (ВН);
- аппараты с фонтанирующей насадкой (ФН);
- аппараты с вращающейся и циркулирующей насадкой (ЦН);
- аппараты с регулярной подвижной насадкой (РПН);
- комбинированные аппараты ПН (КН).

Аппараты с насадкой в виде регулярно расположенных по высоте и сечению аппарата элементов насадки, которые называются регулярными подвижными насадками (РПН) представляют класс аппаратов, использующих вихревое взаимодействие газового и жидкостного потоков.

В этих аппаратах используется принцип продольно-поперечного секционирования, реализуемый регулярным размещением насадочных элементов. При этом удается полнее использовать энергию газового потока для создания вихревой

структуры с малым гидравлическим сопротивлением. Равномерное и регулярное расположение подвижных насадок в аппаратах РПН является необходимым условием достижения однородности структуры газожидкостного потока в объеме рабочей зоны. Отличительной особенностью аппаратов с РПН является также возможность достижения в них режима одновременного вихреобразования (синфазного режима), зависящего от геометрической формы насадочных тел и шагов расположения элементов в вертикальном направлении.

Насадочные элементы в аппаратах с РПН имеют форму шаров, кубиков, цилиндров, пластин и т.д. [1-4]. На поверхности или внутри насадочных тел могут быть выполнены дополнительные элементы. Так, например, в цилиндрических насадочных элементах имеются полости для перераспределения жидкости [5], а на шаровых насадках располагаются иглы, предназначенные для диспергирования пленок жидкости на капли [6]. Пластинчатые насадки изготавливаются с перфорированной поверхностью, кромки снабжаются козырьками и язычками.

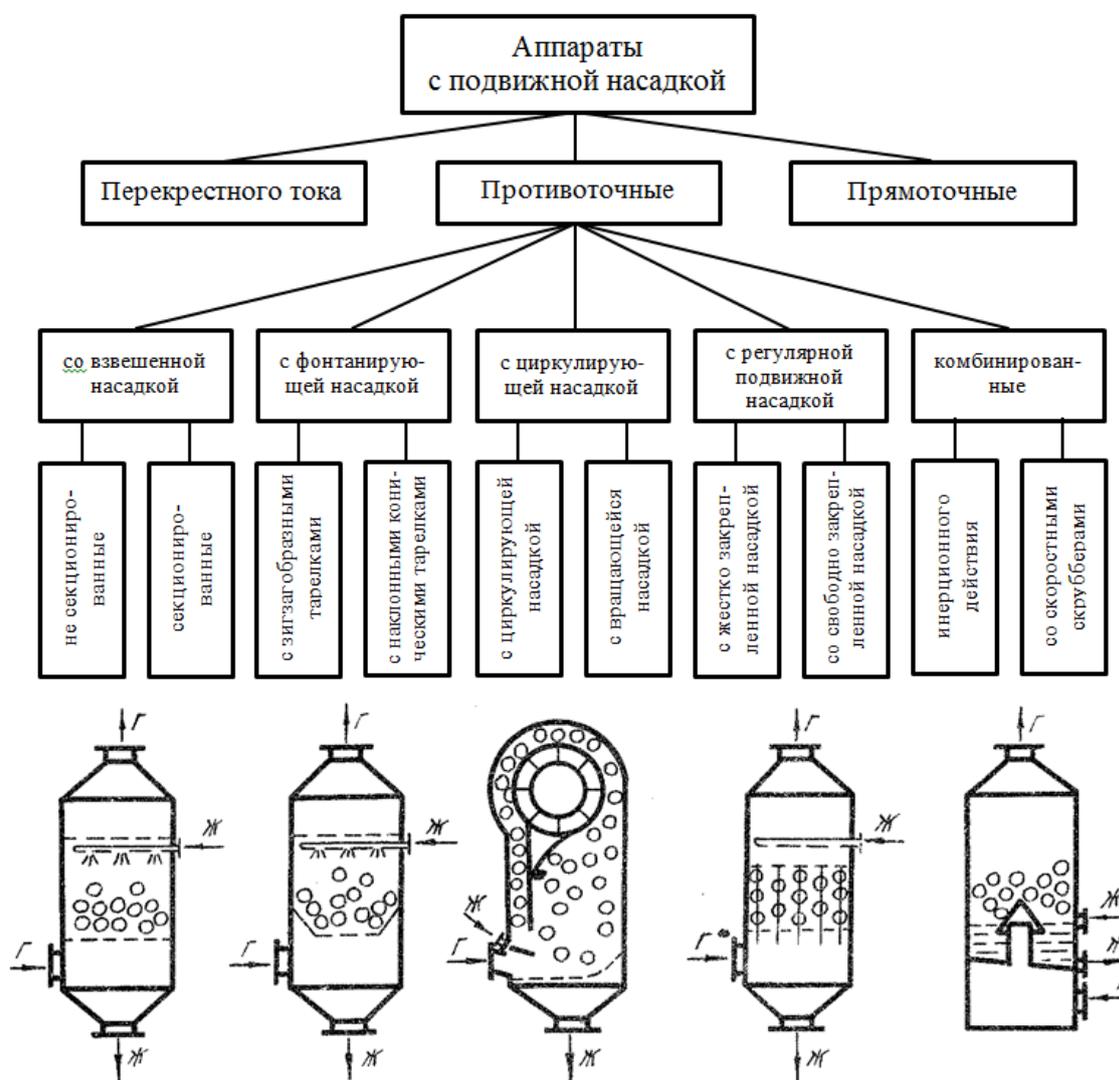


Рисунок 1- Классификация аппаратов с подвижной насадкой.

По характеру формируемых вихрей насадочные тела могут быть сгруппированы на тела с симметричными (тороидальными) вихрями, имеющие период образования и

несимметричными вихрями, имеющие полупериод и период образования вихрей. К телам первой группы относятся хорошо обтекаемые элементы шары, конусы, тела каплевидной формы. Ко второй группе относятся плохо обтекаемые призматические тела с круглой, квадратной, треугольной, х-образной и т.д. формой поперечного сечения.

Классификация аппаратов с РПН по создаваемой в них вихревой структуре представлена на рисунке 2 [7].

Предлагаемая нами классификация охватывает основные формы воздействия на характер движения газожидкостных потоков: вихревое движение, создаваемое при обтекании насадочных тел, регулярно размещенных в объеме контактной зоны [2,3,8]; вихревое движение, осложненное вибрацией пластинчатых [9,10] и пластинчатых спиральных [11] элементов; вихревое движение, осложненное вращением насадочных элементов [12-14] и локальной закруткой потока в зоне формирования вихрей [15].

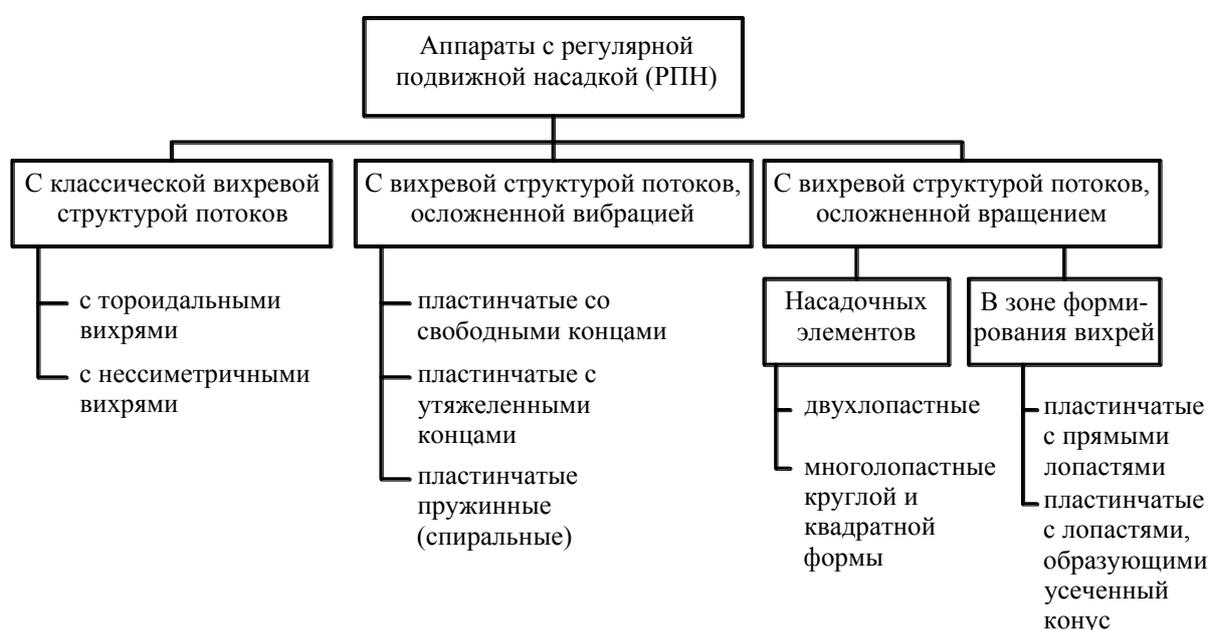


Рисунок 2 - Классификация аппаратов РПН по создаваемой вихревой структуре газожидкостного потока.

Формируемая вихревая структура газожидкостных потоков в аппаратах с РПН, приводит к созданию высокоразвитой межфазной поверхности, а это в свою очередь способствует значительной интенсификации процессов теплообмена [16].

Кроме того, выполнение контактного устройства в виде пучка труб, расположенных поперек движению газожидкостного потока, дает дополнительные преимущества, так как в этом случае возможен подвод тепла непосредственно в зону контакта фаз или отвод из нее, что является обязательным условием эффективного проведения многих теплообменных процессов и хемосорбции [16,17].

Проведенный анализ конструкций аппаратов с регулярной подвижной насадкой показывает перспективность их применения в процессах теплообмена и пылеулавливания.

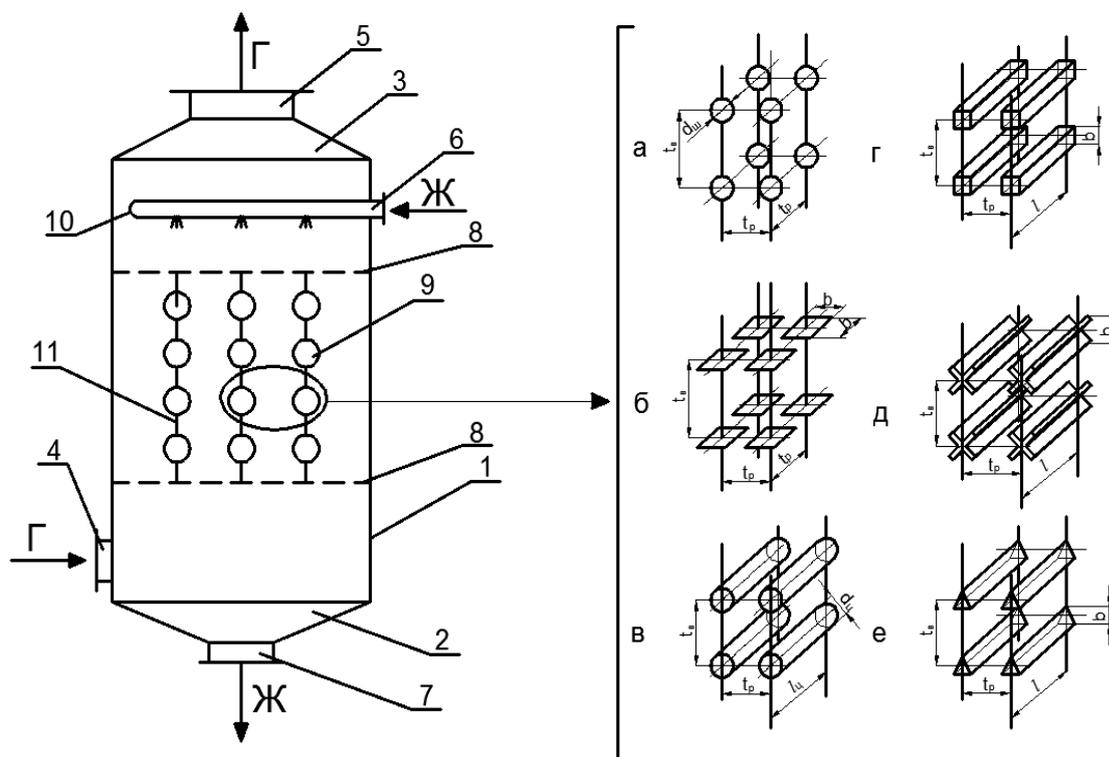
Конструкции аппаратов с классической вихревой структурой. На рисунке 3 изображен общий вид аппарата и различные конструкции насадочных элементов: а)

шаровая; б) пластинчатая; в) цилиндрическая; г) квадратного, д) х-образного и е) треугольного поперечного сечения [3,8].

Аппарат с регулярной насадкой включает корпус 1, нижнее коническое днище 2, коническую крышку 3, патрубки 4 и 5 для входа и выхода газового потока, ороситель 6 для подачи жидкости и штуцер 7 для ее слива, опорно-распределительные решетки 8, струны 11 с насадочными элементами 9. Ороситель выполняется с распылительными отверстиями 10 или же снабжается отбойными элементами.

Аппарат с насадкой работает следующим образом. Газовый поток, поступающий на очистку, подается через штуцер 4, и пройдя нижнюю опорно-распределительную решетку 8, вступает в контакт с жидкостью, подаваемую через ороситель 6 в объеме насадочных тел 9, прикрепленных к струнам 11. Рабочая зона ограничена корпусом 1 и двумя опорно-распределительными решетками 8. После взаимодействия с жидкостью газовый поток удаляется через штуцер 5, а обработанная жидкость через штуцер 7.

При обтекании газовым потоком регулярно расположенных насадочных тел 9 на струнах 11 происходит образование и срыв вихрей, которые дробят жидкость, подаваемую через ороситель 6. Располагая насадочные тела с определенным шагом, достигают режима одновременного вихреобразования, при котором время образования вихрей совпадает со временем движения их от нижнего к верхнему слою насадочных тел. Слияние вихрей приводит к росту их мощности, что позволяет совершить большую работу по дроблению жидкости и тем самым получить развитую поверхность контакта фаз.



1 – корпус; 2 – днище; 3 – крышка; 4 и 5 – входной и выходной патрубки газа; 6 – ороситель; 7 – штуцер для слива жидкости; 8 – опорно-распределительные решетки; 9 – насадочные элементы; 10 – перфорированная труба; 11 – струны.

Рисунок 3– Конструкция регулярной насадки с классической вихревой структурой

Необходимо отметить, что геометрическая форма насадочных элементов определяет механизм образования и срыва вихрей. Как было отмечено ранее, за шаровыми насадочными элементами (рисунок 3,а) формируются симметричные вихри, а за призматическими насадочными элементами (рисунки 3, б-е) несимметричные вихри.

Конструкции аппаратов с вихревой структурой, осложненной вибрацией.

Аппарат с вибрирующей насадкой [9]. Повышение эффективности процессов абсорбции, охлаждения газов и пылеулавливания в данной конструкции аппарата достигается за счет достижения одновременности в вихреобразовании и автоколебательного движения свободных концов пластинчатой насадки.

На рисунке 4,а изображен общий вид аппарата с вибрирующей насадкой; на рисунке 4,б - насадка из двух скрепленных пластин, у которых участок соприкосновения расположен в центральной части свободного конца пластины; на рисунке 4,в и г - насадка из двух скрепленных пластин, у которых участок соприкосновения пластин относительно свободного конца пластин смещен к боковой поверхности свободного конца пластин; на рисунке 4,д - насадка из двух скрепленных пластин имеющих треугольную форму свободных концов пластин; на рисунке 4,е - насадка из двух скрепленных пластин, имеющих трапецеидальную форму свободных концов пластин; на рисунке 4,ж - насадка из двух скрепленных пластин, имеющих круглую форму свободных концов пластин.

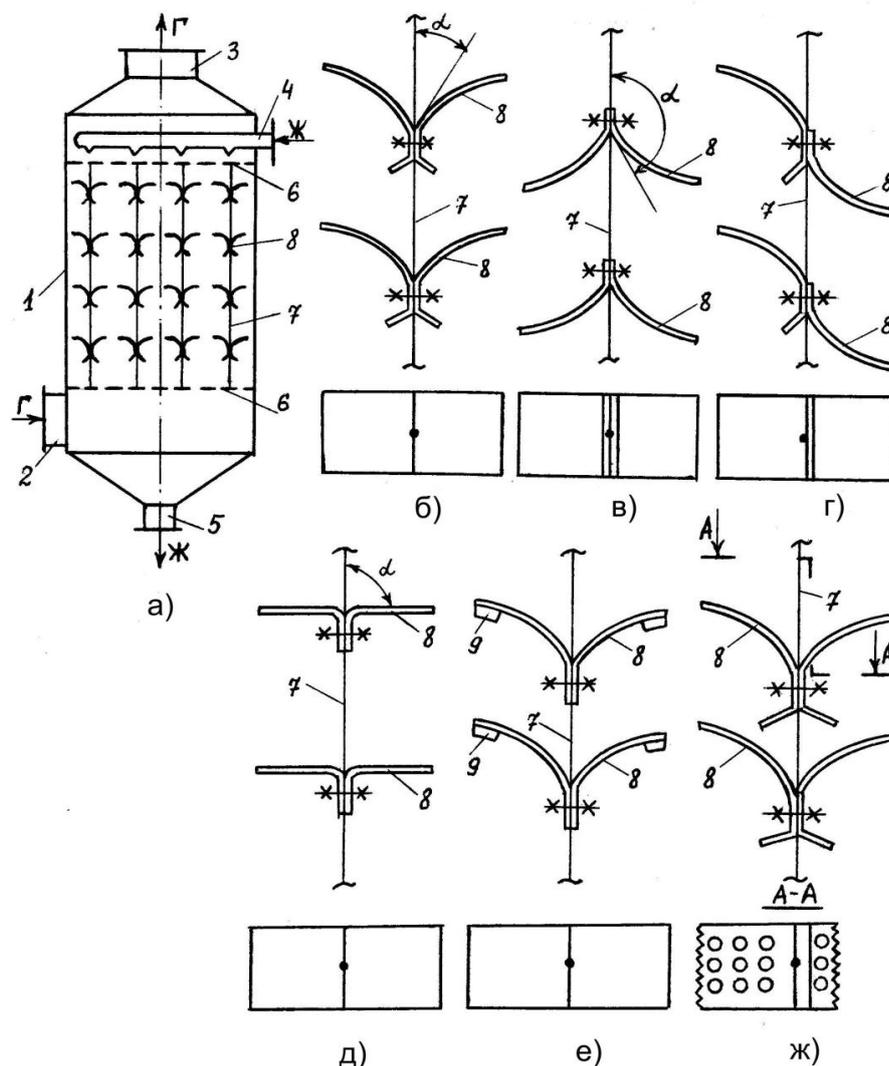
Аппарат с вибрирующей насадкой включает корпус 1, штуцера 2 и 3, соответственно для ввода и вывода газа, штуцер 4 для подвода орошающей жидкости и штуцер 5 для её слива, опорно-распределительные решетки 6, струны 7 с прикрепленными к ним насадочными телами 8.

Опорно-распределительные решетки имеют большое свободное сечение и изготавливаются из прутков любого профиля. Насадочные элементы выполняются из материалов, обладающих упругими свойствами и способных противостоять агрессивности обрабатываемых сред.

Аппарат с насадкой работает следующим образом. Газовый поток, поступающий на очистку, подается через штуцер 2, и, пройдя нижнюю опорно-распределительную решетку 6, вступает в контакт с жидкостью, подаваемую через штуцер 4 в объеме насадочных тел 8, прикрепленных к струнам 7. Рабочая зона ограничена корпусом 1 и двумя опорно-распределительными решетками 6. После взаимодействия с жидкостью газовый поток удаляется через штуцер 3, а отработанная жидкость через штуцер 5,

При обтекании газовым потоком регулярно расположенных насадочных тел 8 на струнах 7 происходит образование и срыв вихрей, которые дробят жидкость, подаваемую через штуцер 4. Располагая насадочные тела с определенным шагом, достигают режима одновременного вихреобразования, при котором время образования вихрей совпадает со временем движения их от нижнего к верхнему слою насадочных тел. Слияние вихрей приводит к росту их мощности, что позволяет совершить большую работу по дроблению жидкости и тем самым получить развитую поверхность контакта фаз. Дальнейшая интенсификация проводимых процессов достигается в аппарате с насадочными телами в виде изогнутых пластин, скрепленных между собой. Срыв вихрей с кромок пластин вызывает автоколебательное движение их свободных концов, что в свою очередь способствует увеличению скорости стекания пленки жидкости, уменьшению ее толщины и образованию более мелких капель. В результате межфазная

поверхность взаимодействия газа и жидкости еще более увеличивается и эффективность процесса возрастает.



1 – корпус; 2 и 3 – штуцера для ввода и вывода газа; 4 – штуцер для подвода орошающей жидкости; 5 – штуцер для слива отработанной жидкости; 6 - опорно-распределительные решетки; 7 – струны; 8 – насадочные элементы; 9 – грузики.

Рисунок 4 – Аппарат с вибрирующей насадкой

Частота и амплитуда колебаний свободных концов пластин во многом определяются отношением ширины участка соприкосновения пластин и ширины их концов.

Максимальная частота и амплитуда колебаний свободных концов пластин достигается при отношении ширины участка соприкосновения пластин к ширине свободного конца пластин - 0,05. В этом случае колебательное движение свободных концов пластин вносит наибольший вклад в интенсификацию проводимых процессов. Малая ширина участка соприкосновения приводит также к снижению материалоемкости насадки, а следовательно и её веса. Такая насадка требует менее массивных крепежных решеток и стоимость аппарата снижается.

Вместе с тем при малой ширине участка соприкосновения снижается его усталостная прочность. Увеличение отношения ширины участка соприкосновения пластин к ширине свободного конца пластин до 1 приводит к некоторому снижению частоты и амплитуды колебаний свободных концов пластин, однако, при определенной длине свободных концов пластин «возможно сохранение высокой частоты и амплитуды колебаний свободных концов пластин. Кроме этого, увеличение отношения приводит к значительному росту усталостной прочности пластин.

Расположение участка соприкосновения пластин смещенных относительно свободного конца пластин к их боковой поверхности позволяет осуществлять различную компоновку пластинчатой насадки в сечении аппарата. Возможно комбинированное применение насадочных тел, изображенных на рисунке 4,б, в и г. При этом аппарат становится более компактным и для изготовления элементов насадки могут быть использованы отходы раскроя листового проката.

Форма пластин (прямоугольная, квадратная, треугольная, круглая и др.) определяет условия движения жидкости по поверхности насадочных тел и стекания с насадки, форму образующихся вихрей, частоту их образования, а следовательно, и расстояние между насадочными телами в вертикальном направлении. Кроме этого, форма свободных концов пластин определяет положение центра тяжести, У круглых, прямоугольных и квадратных концов пластин центр тяжести расположен примерно в середине свободного конца, тогда как у треугольных и трапецеидальных центр тяжести смещен от середины пластины к её торцу. Пластины со смещенным центром тяжести имеют большую частоту и амплитуду колебаний свободных концов, что позволяет улучшить условия дробления жидкости на капли за счет увеличения скорости ее стекания, уменьшить диаметр капель и повысить эффективность процессов получением более развитой межфазной поверхности.

На рисунке 5 изображен *аппарат с вибрирующей спиральной насадкой* [11]: а - общий вид аппарата с насадкой; б - спиральный конус, расположенный основанием вниз; в - спиральный конус, расположенный основанием вверх; г и д - спиральные конусы с переменной шириной витков (изменяющейся по логарифмическому закону) от вершины к основанию.

Аппарат с насадкой включает корпус 1, штуцера 2 и 3, соответственно для ввода и вывода газа, штуцер 4 для подвода орошающей жидкости и штуцер 5 для ее слива, опорно-распределительные решетки 6, струны 7 с прикрепленными к ним насадочными телами 8.

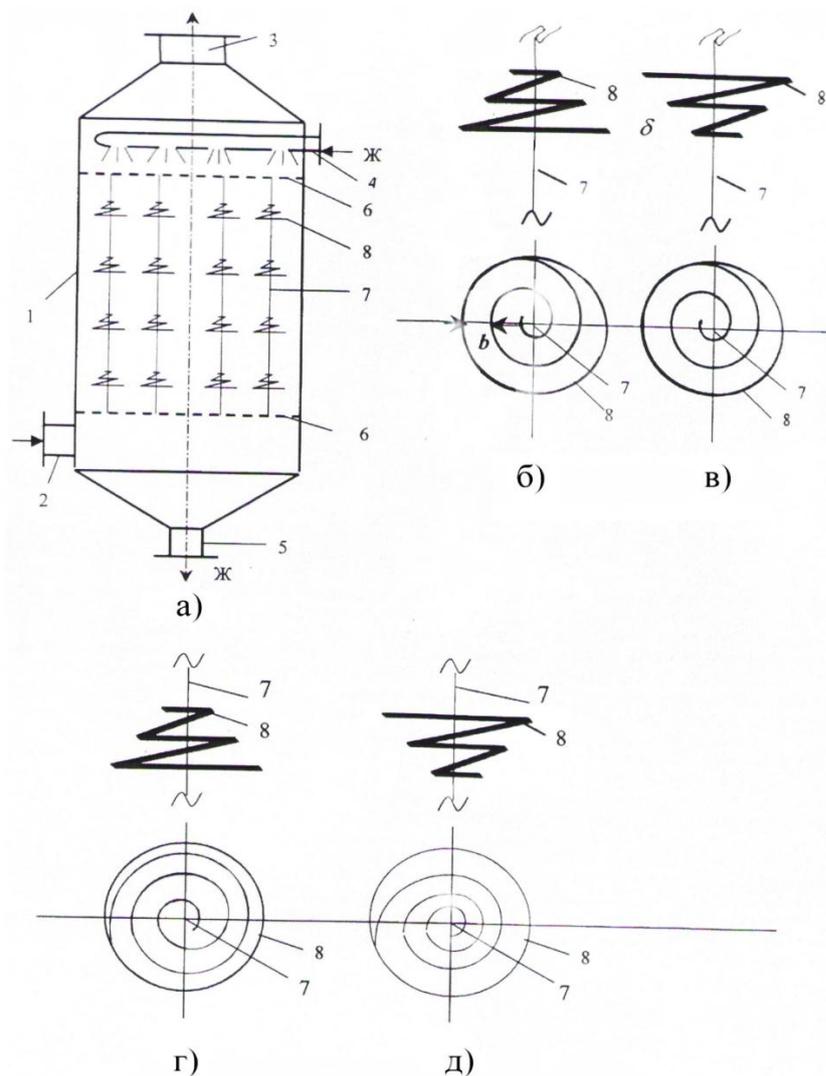
Опорно-распределительные решетки имеют большое свободное сечение и изготавливаются из прутков любого профиля. Насадочные элементы выполняются из материалов, обладающих упругими свойствами и способных противостоять агрессивности обрабатываемых сред.

Аппарат с насадкой работает следующим образом.

Газовый поток, поступающий на очистку, подается через штуцер 2 и, пройдя нижнюю опорно-распределительную решетку 6, вступает в контакт с жидкостью, подаваемую через штуцер 4 в объеме насадочных тел 8, прикрепленных к струнам 7. Рабочая зона ограничена корпусом 1 и двумя опорно-распределительными решетками 6. После взаимодействия с жидкостью газовый поток удаляется через штуцер 3, а обработанная жидкость через штуцер 5.

При обтекании газовым потоком регулярно расположенных насадочных тел в виде спирального конуса 8 на струнах 7 происходит образование и срыв вихрей, которые дробят жидкость, подаваемую через штуцер 4. Располагая насадочные тела с шагом, кратным $1 \div 4$ размерам миделевого сечения, достигают режима одновременного вихреобразования, при котором время образования вихрей совпадает с временем движения их от нижнего к верхнему слою насадочных тел. Слияние вихрей приводит к росту их суммарной мощности, что позволяет совершить большую работу

по дроблению жидкости и тем самым получить развитую поверхность контакта фаз и высокую эффективность. Дополнительно рост проводимых процессов достигается в аппарате с насадочными телами в виде круглых пластин, разрезанных по спирали на витки, которые вытянуты в конус. Срыв вихрей приводит к пульсирующему движению витков спирали, в результате чего стекающая по его поверхности пленка жидкости приобретает волнообразное движение с повышенной скоростью отекания. Интенсифицируется механизм распада пленок жидкости на капли, которые образуются на кромках практически без образования «жгутиков». Кроме того, под действием динамического напора вихревого потока капли жидкости срываются с гребней волн пленки жидкости. Такое многократное дробление пленок жидкости приводит к росту межфазной поверхности, что значительно интенсифицирует протекающие процессы.



1 – корпус; 2 и 3 – штуцера для ввода и вывода газа; 4 – штуцер для подвода орошающей жидкости; 5 – штуцер для слива отработанной жидкости; 6 - опорно-распределительные решетки; 7 – струны; 8 – насадочные элементы.

Рисунок 5 - Аппарат с вибрирующей спиральной насадкой

Выполнение витков спирали с отношением их ширины к толщине пластин $\frac{b}{\delta} = 1-10$, (где b - ширина витка, δ - толщина пластины) позволяет достичь оптимальных значений частоты пульсаций, а, следовательно, и наибольшей эффективности процессов. При отношении ширины витков к толщине пластины менее 1 ($\frac{b}{\delta} < 1 \div 10$) сокращается до минимума распределение жидкости в виде пленки на поверхности витков. В аппарате преобладают крупные конгломераты капель жидкости, распыливаемых оросительным устройством, что приводит к снижению эффективности устройства. При величине отношения ширины витков к толщине пластины более 10 ($\frac{b}{\delta} > 1 \div 10$) значение подъемной силы срывающихся вихрей недостаточно для приведения спирального конуса в пульсирующее движение. В результате теряется дополнительная составляющая общей эффективности устройства, которое превращается в аппарат с регулярно размещенными неподвижными насадочными телами.

В случае выполнения витков спирали, имеющих переменную ширину (изменяющуюся по логарифмическому закону) от вершины к основанию можно регулировать частоту пульсаций спиральных конусов. Если ширина витков от вершины к основанию постоянно уменьшается, наибольшую частоту пульсаций имеют витки у основания конуса. Витки у вершины конуса, в этом случае, служат для формирования пленочного течения жидкости, а нижние витки для ее интенсивного дробления. В том случае, когда ширина витков от вершины конуса к основанию постепенно увеличивается, все витки насадочного элемента интенсивно пульсируют. Причем пульсации витков начинаются при незначительных скоростях газового потока.

Расположение спиральных конусов основанием вниз приводит к тому, что осевшая на витках жидкость стекает вниз по увеличивающемуся диаметру спирали и толщина ее по мере движения уменьшается, и, наоборот, при расположении спиральных конусов основанием вверх за счет уменьшения диаметров спирали толщина стекающих пленок растет. В первом случае диаметр капель, образующихся при распаде пленок, значительно меньше, чем во втором. Однако, при расположении спиральных конусов основанием вверх гидравлическое сопротивление существенно ниже.

Конструкции аппаратов с вихревой структурой, осложненной вращением

Аппарат с вращающейся насадкой и сетчатыми перегородками[13].

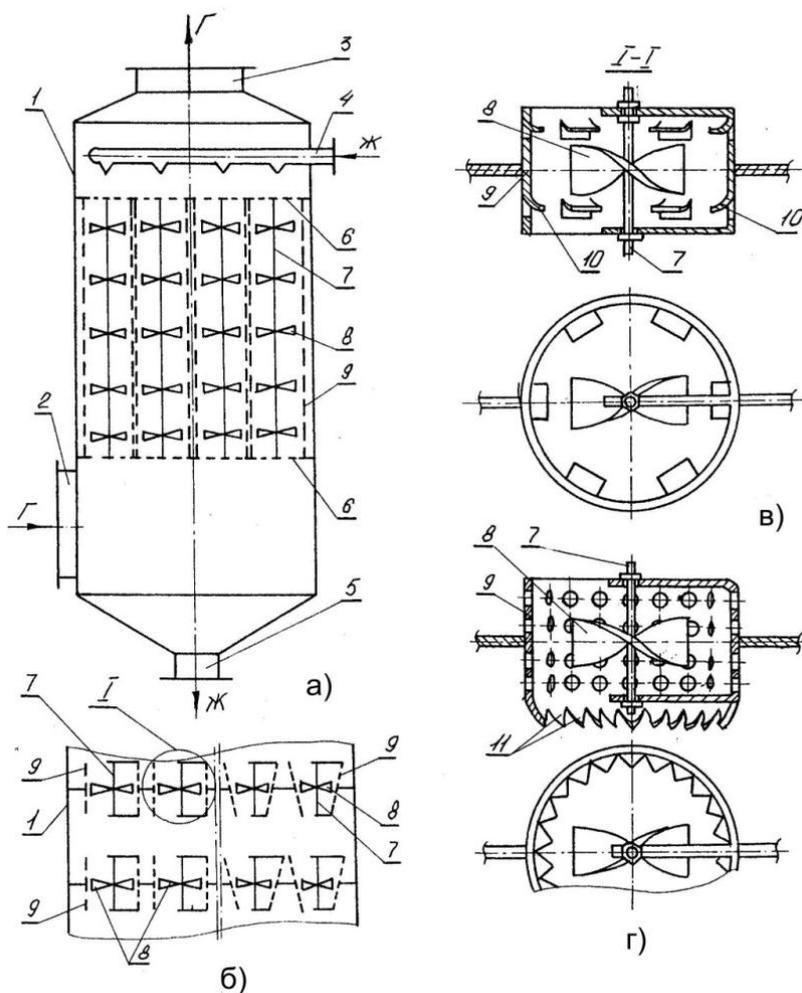
На рисунке 6 изображен аппарат с вращающейся насадкой и сетчатыми перегородками; а-общий вид аппарата; б - часть рабочей зоны с вращающимися насадками и вертикальными цилиндрическими или коническими сетчатыми перегородками, установленными снаружи каждого вращающегося элемента; в - вращающийся элемент с цилиндрической сетчатой перегородкой и отбойными элементами; г – вращающийся элемент с цилиндрической сетчатой перегородкой, в нижней части имеющей зубцы, отогнутые к центру вращения насадочных элементов.

Аппарат с насадкой включает цилиндрический корпус 1, имеющий рабочую зону, ограниченную опорно-распределительными решетками 6. Между решетками равномерно по сечению и высоте рабочей зоны расположены насадочные тела 8, прикрепленные к струнам 7. Гирлянды с насадкой разграничены вертикальными сетчатыми перегородками 9.

Для подачи газа в аппарат служит патрубок 2, а для его выхода патрубок 3. Орошение насадочных тел 8 осуществляется через ороситель 4, расположенный над верхней опорно-распределительной решеткой. Слив, отработанной в рабочей зоне жидкости, происходит через штуцер 5.

Вертикальные сетчатые перегородки 9 по сечению аппарата могут располагаться по концентрическим окружностям, по сторонам шестиугольника, квадрата, в виде трубчатых сетчатых перегородок, установленных на каждую гирлянду с насадочными

тeлaми, a тaкжe сeтчaтыx пeрeгoрoдoк (цилиндричeских и кoничeских) снaружe нa кaждoм врaщaющeмcя элeмeнтe.



1 – корпус; 2 и 3 – штуцера для ввода и вывода газа; 4 – штуцер для подвода орошающей жидкости; 5 – штуцер для слива отработанной жидкости; 6 - опорно-распределительные решетки; 7 – струны; 8 – насадочные элементы; 9 - вертикальные сетчатые перегородки; 10 - отбойные элементы; 11 - зубцы.

Рисунок 6 - Аппарат с вращающейся насадкой и сетчатыми перегородками

Аппарат с насадкой работает следующим образом. Газовый поток, поступающий на очистку или охлаждение, подается через штуцер 2 и нижнюю опорно-распределительную решетку 6 проходит в насадочную зону корпуса 1, где расположены насадочные тела 8 на струнах 7. Очищенный газовый поток удаляется через патрубок 3, а отработанная жидкость через штуцер 5. В рабочей зоне аппарата под действием динамического напора газового потока насадочные тела приходят во вращательное движение. Это приводит к интенсивному дроблению жидкости поступающей через розетку 4, на капли и приданию им значительной скорости перемещения по круговым траекториям. Одновременно часть жидкости стекает в виде пленки по внутренней и внешней поверхности вертикальной сетчатой перегородки 9. Капли жидкости, разбрызгиваемые вращающимися насадочными телами, со

значительной скоростью ударяются о пленку, стекающую по поверхности перегородок. Мелкие капли сливаются с пленкой, а крупные благодаря большой силе инерции прорываются через отверстия решетки, увлекая за собой часть пленки в зону соседней гирлянды. Здесь часть капель попадает на соседние вращающиеся элементы и вновь разбрызгивается. Другая часть дробится, ударяясь о встречные капли, срывающиеся с вращающихся элементов, или сливается с пленкой. Таким образом, осуществляется процесс многократного дробления капель и пленок жидкости, что является непременным условием достижения высокой поверхности межфазного переноса. За счет большого свободного сечения сетчатой перегородки (60-95%) пленки на внешней и внутренней сторонах обмениваются улавливаемым компонентом, вследствие чего концентрация его в жидкости по мере передвижения ее к сливному штуцеру постоянно выравнивается. Отработанная жидкость практически полностью насыщается улавливаемым компонентом. Интенсификация процессов теплообмена и пылеулавливания осуществляется за счет концевых эффектов при ударах капель жидкости о поверхность пленки, волнообразования на ее поверхности, улучшения поперечного перемешивания жидкости и газа.

Установка вертикальных сетчатых перегородок снаружи на каждый вращающийся элемент позволяет многократно разрывать стекающую пленку жидкости, перераспределять жидкость по сечению аппарата. Во время движения жидкости до нижележащего слоя насадочных элементов происходит выравнивание концентрации уловленного компонента и равномерное насыщение поглотительной жидкости. Это приводит к более полной обработке поглотителя.

Эффективность работы аппарата может быть повышена за счет многократного разбрызгивания поступающей жидкости вращающимися насадочными элементами. В том случае, когда вертикальные сетчатые перегородки выполнены цилиндрическими, в разбрызгивании участвует только часть жидкости, а другая ее часть проходит контактную зону аппарата в виде пленки, причем, чем выше плотность орошения, тем больше толщина пленки. Обеспечить участие такой пленки в процессе дробления можно, организовав движение жидкости по маршруту вертикальная стенка - нижерасположенный вращающийся элемент - вертикальная стенка и т.д. Для этого индивидуальные вертикальные сетчатые перегородки могут быть выполнены в двух вариантах. В первом варианте цилиндрические сетчатые перегородки снабжаются зубцами 11, отогнутыми в сторону оси вращения насадочных тел, а во втором - сетчатые перегородки выполняются в виде усеченного конуса, меньшим основанием направленным книзу. Работа их практически одинакова. Дробление жидкости на капли осуществляется с вершин зубцов у цилиндрических сетчатых перегородок и нижнего основания конических сетчатых перегородок. При малых скоростях газового потока капли жидкости с вышерасположенного слоя насадочных тел практически все попадают на нижний слой вращающихся элементов, причем непосредственно на сами элементы. С увеличением скорости газа жидкость подхватывается потоком и ударяется о вращающиеся элементы, находящиеся выше нижнего основания перегородки.

Рассмотренные конструктивные решения позволяют реализовать маршрут движения жидкости с сетчатой перегородки на вращающиеся элементы, после чего цикл повторяется на ниже- или вышерасположенном слое вращающихся тел. Эффект еще более многократного дробления всей поступающей жидкости реализуется при наличии отбойных элементов 10, представляющих собой отогнутые элементы сетчатой перегородки в сторону вращающихся насадочных тел. Они могут быть получены

просечками вертикальной перегородки и изгибом лепестков в сторону оси вращения насадочных тел. В этом случае стекающая пленка жидкости разрывается и большая ее часть попадает на насадочные тела. Отбойные элементы могут быть выполнены как над вращающимися телами, так и под ними, а также совместно над и под вращающимися телами. Это позволяет увеличить число актов дробления жидкости за время пребывания ее в контактной зоне, повысить поверхность межфазного контакта и тем самым интенсифицировать протекающие в контактном устройстве процессы.

Выбор свободного сечения вертикальных перегородок зависит от вязкости применяемого поглотителя и величины поверхностного натяжения. При использовании вязких поглотителей с большим поверхностным натяжением свободное сечение вертикальных перегородок составляет до 95%. В случае применения поглотительного раствора с малой вязкостью и невысоким поверхностным натяжением свободное сечение сетчатых перегородок – 60%.

На рисунке 7 изображен *аппарат с регулярной вращающейся насадкой на спицах* [14]; а - общий вид; б - насадка с пластинами, установленными под углом к горизонтальной плоскости, и спицами, размещенными на наружной поверхности втулки по окружности в один ряд; в - насадка с пластинами, установленными под углом к горизонтальной плоскости, и спицами, размещенными на наружной поверхности втулки в два ряда в шахматном порядке; г - трапециевидная перфорированная пластина, края которой имеют фигурные вырезы.

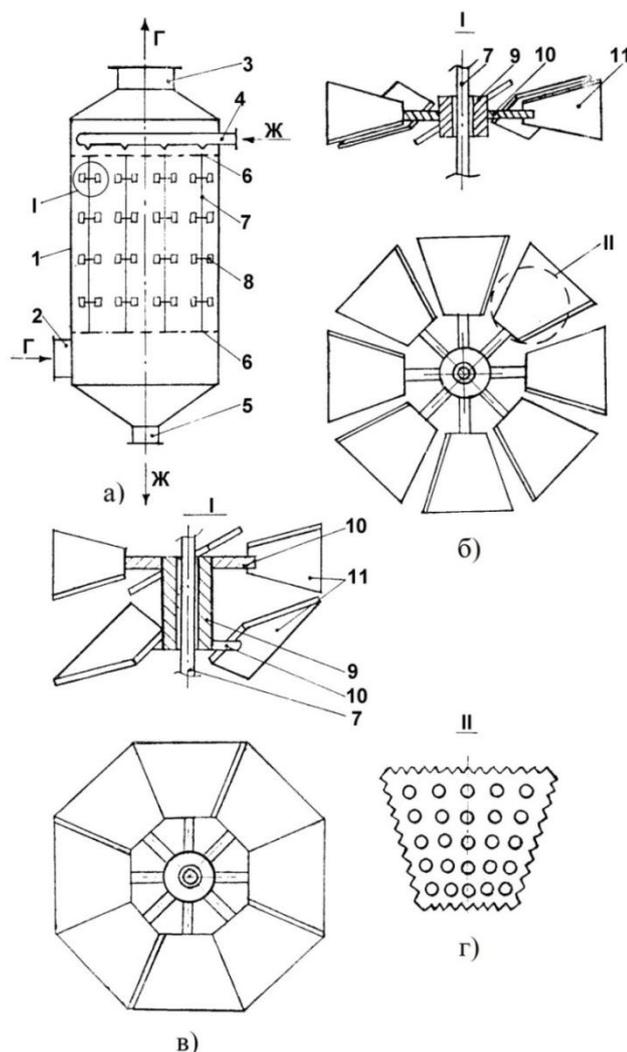
Аппарат содержит цилиндрический корпус 1, штуцеры 2 и 3, соответственно, для входа и выхода газа, штуцер 4 и 5, соответственно, для подвода и слива орошающей жидкости, крепежные решетки 6, струны 7 с прикрепленными к ним насадочными элементами 8. Насадочные элементы состоят из втулок 9, спиц 10 и пластин 11. Крепежные решетки 6 имеют большое свободное сечение и могут изготавливаться из прутков любого профиля. Пластины 11, спицы 10 и втулки 9 могут выполняться из материалов, способных противостоять агрессивности обрабатываемых сред.

Аппарат с регулярной вращающейся насадкой на спицах работает следующим образом.

Газовый поток, поступающий на очистку, подается через штуцер 2 и нижнюю крепежную решетку 6, поступает в насадочную зону корпуса 1, где расположены насадочные элементы 8 на струнах 7. Своим верхним концом струны закреплены на верхней крепежной решетке 6. Очищенный газовый поток удаляется через штуцер 3. Орошение насадочных элементов 8 осуществляется через штуцер 4, а слив отработанной в рабочей зоне жидкости производится через штуцер 5. В насадочной зоне газовый поток воздействует на пластины 11, расположенные под углом к горизонтальной плоскости и вызывает вращение насадочных элементов 8 вокруг струн 7.

Пульсации газового потока при обтекании насадочных тел способствуют их колебательному движению. Колебательное и вращательное движение насадочных элементов вызывает активное дробление на капли пленок жидкости, находящихся на пластинах, под воздействием газового потока. При этом растет поверхность контакта фаз. Газожидкостные вихри, образующиеся при обтекании пластин в пространстве между пластинами 11 и втулкой 9, интенсифицируют процессы теплообмена благодаря турбулентному взаимопроникновению и росту скорости обновления поверхности раздела фаз. При обтекании насадочных элементов газовый поток

многократно изменяет свое направление движения, при этом растет время контакта газа с каплями жидкости в рабочей зоне аппарата.



1 – корпус; 2 и 3 – штуцера для ввода и вывода газа; 4 – штуцер для подвода орошающей жидкости; 5 – штуцер для слива отработанной жидкости; 6 - опорно-распределительные решетки; 7 – струны; 8 – насадочные элементы; 9 – втулка; 10 – спицы; 11 – пластины.

Рисунок 7 – Аппарат с вращающейся насадкой на спицах

Поскольку насадочные элементы размещены равномерно и во время работы аппарата не изменяют своего месторасположения, газожидкостной слой имеет регулярную и однородную структуру по сечению и высоте аппарата. В процессе работы аппарата орошаются практически все слои на насадке.

При использовании пластин самой разнообразной формы (прямоугольной, трапециевидной, ромбовидной и т. д.) и варьированием длин спиц можно достичь того, что при вращении насадочных элементов каждая пластина насадочного элемента будет описывать свою окружность относительно оси вращения и возникающая различная по величине центробежная сила будет воздействовать на пленку жидкости, находящуюся на пластинах. Это приводит к тому, что при вращении насадочных элементов

разбрызгивание жидкости на капли будет происходить не по одной, а по нескольким окружностям различного радиуса одновременно. Последнее способствует значительному увеличению поверхности контакта фаз, причем диаметр образующихся капель будет изменяться из-за различной по величине центробежной силы. Таким образом, получаем более развитую поверхность контакта взаимодействующих фаз за счет уменьшения диаметра дробящихся капель жидкости, увеличения их количества и равномерности распределения в объеме рабочей зоны аппарата, что приводит к значительной интенсификации протекающих в аппарате процессов. Выполнение пластин насадочных элементов перфорированными способствует дроблению пленки жидкости, находящейся на их поверхности, не только на концах пластин, но и по всей площади. Фигурные вырезы на краях пластин также способствуют дроблению пленки жидкости на капли. Перфорация пластин и выполнение их краев с фигурными вырезами ведут к повышению эффективности работы теплообменного аппарата за счет роста поверхности контакта фаз, причем без затрат дополнительной энергии.

При проведении теплообменных процессов, сопротивление которых сосредоточено в жидкой фазе, работа аппарата протекает при пониженных скоростях газового потока и гидравлическое сопротивление аппарата невелико. Здесь важное значение приобретает турбулизация газожидкостного потока, которая достигается расстановкой спиц на наружной поверхности втулок по окружности в ряда два в шахматном порядке. Это позволяет расширить диапазон устойчивой и эффективной работы аппарата, обеспечить вращение насадочных элементов даже при незначительных скоростях газового потока (0,5-1 м/с). Насадочные элементы имеют тогда два слоя пластин. При работе аппарата часть капель жидкости, сорвавшихся с кромок вышерасположенного ряда пластин, попадает на поверхность пластин нижерасположенного ряда, где сливается с пленкой жидкости, а затем вновь будет раздроблена на капли. Часть капель жидкости попадает на соседние вращающиеся тела и вновь разбрызгивается, оставшаяся часть дробится, ударяясь о встречные капли, сорвавшиеся с вращающихся насадочных элементов. Таким образом, осуществляется процесс многократного дробления капель и пленок жидкости, что является одним из условий достижения высоких значений поверхности межфазного переноса.

При проведении теплообменных процессов, сопротивление которых сосредоточено в газовой фазе, эффективность аппарата возрастает с ростом скорости газового потока, но при этом увеличивается и гидравлическое сопротивление аппарата. Целесообразней в данном случае расстановка спиц на наружной поверхности втулок в один ряд. Это позволяет значительно снизить гидравлическое сопротивление, обеспечить высокую частоту вращения насадочных элементов при повышенных скоростях газового потока, создать высокоразвитую поверхность взаимодействия фаз и, тем самым, интенсифицировать протекающие процессы. Расстановкой спиц на наружной поверхности втулок насадочных элементов в ряд или два ряда в шахматном порядке, а также изменением длин спиц, размеров и форм пластин можно широко варьировать гидравлическое сопротивление аппарата. Таким способом возможно создание идентичных теплообменных и гидродинамических условий проведения процессов в аппарате при работе с жидкостями, имеющими различные физические свойства.

Таким образом, рассмотрены перспективные конструкции теплообменных и пылеулавливающих аппаратов с подвижной и регулярной насадкой

Литература

1. Мустафина А.И. Гидродинамика и массообмен в аппарате с регулярной подвижной пластинчатой насадкой в широком диапазоне нагрузок по жидкости. – Дис. ... канд. техн. наук. – М., 1989 – 180с.

2. Петин В.Ф. Разработка и моделирование массообменного аппарата с регулярной подвижной насадкой на основе импульсного взаимодействия фаз. Дис. ... канд. техн. наук. – М., 1982. – 241с.
3. Волненко А.А. Разработка интенсивных насадочных массообменных аппаратов с регулярным несимметричным вихреобразованием: Дис. ... канд. техн. наук. – М., 1986. – 261с.
4. Бекибаев Н.С., Волненко А.А., Сыдыков Ж.Е. Закономерности обтекания системы цилиндрических тел //Проблемы естественно-технических наук на современном этапе: Сб. науч. трудов. Бишкек, 2002. С. 46-49.
5. А.с. 1163516 СССР, МКИ В 01 D 53/20. Тепломассообменный аппарат / Петин В.Ф., Волненко А.А., Балабеков О.С. и др. (СССР). – бс.: ил.
6. Сарбасов А.С. Гидродинамика и тепломассообмен в аппарате с регулярной подвижной игольчатой насадкой автореферат :Дис. ... канд. техн. наук. - Тамбов : Ин-т химического машиностроения, 1988. - 150 с.
7. Волненко А.А., Бишимбаев В.К., Хусанов Ж.Е., Серикулы Ж. Интенсификация процесса тепломассообмена в аппаратах с регулярной подвижной насадкой и методология их расчета // Химический журнал Казахстана, №4(35), 2011.- С.132-146.
8. Авт.свид. СССР №1098117 /Петин В.Ф., Волненко А.А., Балабеков О.С. и др. Аппарат с насадкой // Не публ.
9. Предварительный патент РК 4955, МПК В 01 J 19/32. Аппарат с насадкой / Волненко А.А., Сорокин В.Г., Балабеков О.С. и др. (Республика Казахстан) Оpubл. 15.08.97., Бюл. № 3. – 4 с.
10. Предварительный патент РК 7601, МПК В 01 J 19/32. Аппарат с насадкой /Волненко А.А., Сорокин В.Г., Балабеков О.С. и др. (Республика Казахстан) Оpubл.15.06.99.Бюл. №6 – 5с.: ил.
11. Пред.патент РК №17434 Аппарат с насадкой /Исмаилов Х.Б., Ескендилов М.З., Волненко А.А., Балабеков О.С., Исмаилов Б.Р. (Республика Казахстан) Оpubл.15.06.06.Бюл. №6.
12. А.с. 11500353 СССР, МКИ В 01 D 53/20. Аппарат с насадкой / Волненко Оpubл.15.08.89.Бюл. №30.
13. Патент № 1478 Республика Казахстан, МКИ В01D 53/20. Аппарат с насадкой / А.А. Волненко [и др.]; опубл. 15.12.94, Бюл. № 4 – 5 с.
14. Пред.патент РК №8045 Тепломассообменный аппарат /Есенов Т.С., Волненко А.А., Бекибаев Н.С., Серманизов С.С., Балабеков О.С., Сейтханов Н.Т. (Республика Казахстан) Оpubл.15.10.99.Бюл. №10.
15. Инновационный патент №20069 Республика Казахстан, МПК В01D 53/20, В01D 47/14. Аппарат с насадкой для тепломассообмена и пылеулавливания / Л.И. Раматуллаева, А.А. Волненко, Ж.Е. Хусанов; опубл. 15.09.08, Бюл. №9. – 4 с.
16. Волненко А.А. Научные основы разработки и расчета вихревых массообменных и пылеулавливающих аппаратов. Дис. ... докт. техн. наук, Шымкент, 1999.-300с.
17. Бекибаев Н.С. Научные основы сопряженных тепло- и массообменных процессов в синфазно-вихревых аппаратах. Дис. ... докт. техн. наук. Шымкент. 2008.- 240с.

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ - СТРАТЕГИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА

Надилов К.С.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
M.AuezovSouthKazakhstanStateUniversity, Shymkent, Kazakhstan

Южно-Казахстанский государственный университет М. Ауэзова, в стенах которого осуществляется подготовка специалистов по нефтегазовому делу, а также ведутся НИР в этой области, весь свой кадровый и научный потенциал направляет на службу этой плодотворной идее.

Сегодня вуз, ориентирован на постоянное совершенствование и улучшение качества подготовки специалистов. Современная материально-техническая база, высокопрофессиональный кадровый состав, значительный научный задел, солидные международные связи и высокая конкурентоспособность выпускников позволили университету занять достойное место в рейтинге вузов Казахстана, доказав свою состоятельность и жизнеспособность.

Подготовка специалистов нефтегазового дела на кафедре «Нефтегазовое дело» в университете осуществляется сравнительно недавно. Кафедра «Нефтегазовое дело» создана в 2008 году приказом ректора ЮКГУ им. М. Ауэзова №124 от 06.09.2008. Кафедра осуществляет подготовку бакалавров специальности 5В070800 и магистрантов специальности 6М070800 для нефтегазового сектора Республики Казахстан. Задача кафедры направлена на подготовку креативно мыслящих научно-педагогических кадров, магистров, умеющих генерировать передовые знания, постоянно самосовершенствоваться и приумножать интеллектуальный капитал, высококвалифицированных бакалавров для компаний по бурению нефтяных и газовых скважин, а также разработке и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений нефтегазовой отрасли страны и региона.

Подготовка специалистов на кафедре осуществляется по специальностям: 5В070800 - Нефтегазовое дело (бакалавриат) и 6М070800 - Нефтегазовое дело(магистратура). Специализации специальности 5В070800: 1.Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений. Выпускники данной специализации могут работать на должностях: мастер, оператор по добыче нефти и газа; мастер, оператор участка цеха по поддержания пластового давления; мастер, оператор установки цеха подготовки и перекачки нефти и газа; оператор по исследованию скважин; лаборант головных сооружений; специалист, лаборант, техник проектно-конструкторских организаций. 2. Бурение и ремонт нефтяных и газовых скважин на суше и на море. Выпускники данной специализации могут работать на должностях: мастер буровой установки; бурильщик; помощник мастера подземного и капитального ремонта скважин. Выпускнику специальности 5В070800 – Нефтегазовое дело присуждается академическая степень бакалавра техники и технологии.

Сегодня содержание и организация обучения требует новых подходов, что определяется как минимум следующими факторами: реформированием и модернизацией казахстанской системы образования на основе принципов Болонской декларации; получением доступного и качественного образования; гармонизацией образовательных стандартов с европейскими; внедрением международных стандартов серии ISO; повышением эффективности государственного контроля и аккредитации образовательных программ в европейских агентствах.

Говоря о достижениях кафедры необходимо отметить следующее. Образовательные программы 5В070800 «Нефтегазовое дело» и 6М070800 –

«Нефтегазовое дело» в апреле 2014 г. прошли специализированную аккредитацию в Независимом Казахском агентстве по обеспечению качества в образовании (НКАОКО). В 2015г. специальность 5В070800-Нефтегазовое дело ЮКГУ им. М.Ауэзова заняла 1-е место среди вузов Республики Казахстан.

Студенты Байдибек Еркебулан и Серикбаев Нурбол награждены дипломом 2-й степени по итогам республиканской олимпиады среди вузов Республики Казахстан. Студенты Саликов А., Елеусиз Б., Кабаева Н, Сералиев С., Мамаджанов И. по программе академическая мобильности проходили обучение в университете Леобен Монтан (Австрия). Студент Есжан Талгат является студентским ректором, студент Мамаджанов Ислам является директором студенческого конструкторского бюро.



На кафедре работают опытные, квалифицированные преподаватели, видные ученые, среди которых Лауреат Государственной премии в области науки и образования, победители Фонда первого Президента РК - Лидера Нации, обладатели гранта «Лучший преподаватель вуза», почетные работники МОН РК: профессора Надиров К.С. и Голубев; доценты Бондаренко В.П., Жантасов М.К., Кутжанова А.Н., Садырбаева А.С., Сарсенбаев Х.А., Орынбасаров А.К.. Доценты Садырбаева А.С. и Жантасов М.К. являются победителями конкурса на соискание Премии Фонда Первого Президента Республики Казахстан – Лидера Нации в области науки и техники. Доцент Жантасов М.К. по итогам университетского конкурса стал победителем в номинации «Лучший доцент».

Учеными кафедры выполняются финансируемые НИР по темам: 1. Разработка технологий получения новых эффективных материалов для нефтегазовой отрасли из отходов масложировой промышленности (ПЦФ); 2. Разработка технологии получения деэмульгатора для обезвоживания нефти на основе жирных кислот госсиполовой смолы; 3. Разработка адгезионных присадок и полифункциональных модификаторов для создания полимербитумного вяжущего и асфальтобетона нового поколения; 4. Разработка систем многофункциональных малокомпонентных антикоррозионных покрытий для работы трубопроводов и оборудования нефтехимической промышленности; 5. Разработка технологии получения многофункциональных химических реагентов с улучшенными триботехническими и антикоррозионными свойствами для повышения эффективности бурения нефтяных и газовых скважин; 6. Термоинтенсификация транспорта высоковязкой нефти; 7. СВЧ нагреватель жидких сред; 8. Получение новых веществ и материалов на основе побочных продуктов масла хлопчатника. Общая годовая сумма финансирования составляет 83 млн тенге.

В выполнении НИР кафедры активное участие принимают студенты на базе студенческого научного кружка «Бурильщик». НИРС посвящены актуальным проблемам разработке и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, выбору оптимального варианта добычи нефти, интенсификации процесса обезвоживания

нефти, повышению эксплуатационных качеств и получению компонентов буровых растворов, а также поиску эффективных методов снижения асфальтосмолопарафинистых отложений на нефтепромысловом оборудовании.

Учебно-методическая работа направлена на реализацию «Государственной программы развития образования Республике Казахстан на 2011 – 2020гг.» и „Государственной программы по форсированному индустриально-инновационному развитию Республики Казахстан“, Послания Президента РК «Казахстанский путь-2050»

В соответствии с поставленными задачами нами достигнута углубленная интеграция обучения и исследования на всех ступенях образовательного процесса. Уделяется большое внимание внедрению в учебный процесс передовых достижений современной науки и образовательных технологий.

Обучение построено на использовании междисциплинарного подхода к изучению естественных и технических наук; модулизации учебных планов; активных методов, контекстного обучения и обучения на основе опыта, практики case studies.



Важной составляющей в учебном процессе является интеграция науки, образования и производства. Совместная работа Учебно-научно-производственного комплекса (УНПК) «Бурильщик» кафедры «Нефтегазовое дело» на базе АО «ОнтустикМунайгаз» направлена на интеграцию науки, образования и производства, формированию профессиональных компетенций специалистов для нефтегазовой отрасли. На базе УНПК проводятся учебные занятия, защита дипломных проектов, выполнение научно-исследовательской работы с участием специалистов из производства.

Осуществляется подготовка рабочих профессий «Помощник бурильщика», «Стропальщик», «Лаборант буровых растворов». Таким образом, ведется работа по реализации поручения Президента нашего государства Н.А.Назарбаева «О государственном частном партнерстве». Рабочие учебные планы и перечень элективных дисциплин по специальности 050708 - «Нефтегазовое дело» ежегодно согласуются с предприятиями: АО «Онтустикмунайгаз»; ТОО «Марселпетролеум»; ТОО «Мунайгазгеолсервис» и другими компаниями. В рамках функционирования УНПК студенты имеют возможность еще во время учебы приобретать профессиональные навыки и овладевать рабочими профессиями и современным оборудованием. Имея навыки производственной деятельности, выпускник является более востребованным на рынке труда и быстрее адаптируется к реальным условиям производства. Такая практика позволяет решать вопрос о трудоустройстве наших выпускников.

Современное производство, основанное на знаниях, требует от вузов быстрого изменения методик преподавания, расширения масштабов применения современных технологий обучения. Учитывая эти тенденции, обучение в университете основано на использовании предпринимательских идей в содержании курсов; проблемно – ориентированного междисциплинарного подхода к изучению естественных и

технических наук. Кроме того, интернационализация бизнеса поставила перед современными специалистами дополнительные задачи: хорошее знание иностранных языков и основ внешнеэкономической деятельности.

Важным показателем эффективной деятельности коллектива ППС является процент трудоустройства выпускников специальности, который в предыдущие годы, когда стоимость барреля была относительно высокая и предприятия по бурению, добыче и транспортировке углеводородов работали в полную мощность, была на уровне 80-85%.

Кафедра «Нефтегазовое дело» располагает 12 аудиториями общей площадью 445,5 кв.м. и лабораторным комплексом общей площадью 600 м². Имеется мультимедийный кабинет, интерактивные доски, видеопроекторы для демонстрации учебных фильмов и проведения других форм занятий. Имеется комплект «Лаборатории буровых растворов» (ЛБР), а также исследовательская виртуальная лаборатория по бурению и капитальному ремонту скважин, освоению нефтяных и газовых месторождений. Многофункциональный тренажер-имитатор капитального ремонта скважин АМТ-411 позволяет студентам увидеть (на экране монитора) скрытые от прямого наблюдения процессы, происходящие в скважине. Учебный тренажер делает возможным количество имитируемых технологических задач доводить до 10, количество же имитируемых параметров технологического процесса, состояния скважины, бурового инструмента, оборудования буровой и разреза скважины - более 100.

Для проведения лабораторных занятий и производственной практики используется полигон Учебно-научно-производственного комплекса (УНПК) «Бурильщик» на базе АО «Онтустикмунайгаз». Имеются лаборатории: «Буровые, промывочные и тампонажные растворы»; «Монтаж и эксплуатация бурового оборудования и нефтегазовых сооружений»; «Техника и технология освоения нефтегазовых месторождений».

Учебный процесс базируется на инновационных образовательных программах, основанных на фундаментальных знаниях и современных достижениях науки. Основой инновационных образовательных программ служат современные достижения науки, которыми студент овладевает, выполняя инновационные проекты, при этом поощряется инициатива командной формы разработки.

Большая работа проводится нами для создания устойчивых альянсов между кафедрой, научными, образовательными организациями ближнего и дальнего зарубежья.

Известные ученые и специалисты из зарубежных вузов приглашаются для чтения лекций, проведения «Круглых столов», выполнения совместных проектов и исследований. Нашими партнерами являются ученые Великобритании (Herriot Watt University г. Эдинбург); России (РГУ Нефти и газа им. М. Губкина, Уфимский государственный нефтяной технический университет, Санкт-Петербургский морской технический университет); Узбекистана (Ташкентский Государственный технический университет им. А.Р. Беруни); Украины (Ивано - Франковский национальный университет нефти и газа); Азербайджана (Государственная нефтяная академия).

От того какие кадры мы будем готовить, зависит какие специалисты будут завтра управлять нефтегазовым сектором республики.

Сейчас, нашей стране необходимы как специалисты с высоким научным заделом, так и кадры технического и обслуживающего труда. Именно кадры рабочих профессий создают основу среднего класса, обеспечивающего благосостояние населения. Опыт зарубежных стран, в частности Германии, Франции и Финляндии показывает, что только небольшая часть молодежи получает сразу высшее образование. Большинство изначально овладевают рабочей профессией в профтехшколах, создаваемых при крупных промышленных компаниях, и только после этого

продолжают образование в высшей школе. Мы исходим из того, что сейчас нужны специалисты умеющие применять знания и добывать их на протяжении всей жизни в любой точке мира, т.е. нацеленные на реализацию требования Президента «Образование на протяжении всей жизни». Здесь необходима консолидация усилий и вузов и работодателей на переход от стереотипного мышления выпускников к развитию творческих и производственно-технических инициатив. Для решения данной проблемы, на наш взгляд, необходима разработка механизма интеграции вузов и предприятий, позволяющего предприятиям устанавливать требования к качеству специалистов, а вузу прогнозировать потребности предприятий и готовить специалистов с учетом этих потребностей.

В данном контексте, более эффективным способом интеграции образования и производства является целевая и адресная подготовка специалистов по заказу предприятий по взаимосогласованным учебным программам. Такая подготовка организована нами путем заключения прямых договоров между вузом, обучающимся и предприятием. Воспитание интеллектуальной элиты и формирование личностей, являющихся патриотами своей страны – эти приоритеты положены в основу социального партнерства между студентами и педагогическим коллективом. Студенческое самоуправление, студенческая Ассамблея и молодежное крыло «Жас Отан» на практике реализуют идеи толерантности, межэтнического согласия, создают мощный барьер религиозному экстремизму.

Существует уверенность, что кадры, подготовленные на основе инновационных подходов, используя новейшие информационно-компьютерные технологии, а также такие передовые методы передачи знаний, как он-лайн, виртуальное обучение, дистанционное образование, обучение и переподготовка на протяжении всей жизни, позволят выполнить все поставленные задачи.

Таким образом, качественное образование – это понятие стратегическое, от которого зависит безопасность страны и достижение национального прогресса.

**ПОСТРОЕНИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН–ПУТЬ В БУДУЩЕЕ**

**BUILDING NATIONAL STANDARDIZATION SYSTEM
REPUBLIC OF KAZAKHSTAN - THE WAY TO THE FUTURE**

**Тулেকбаева А.К., Шаккалиев А.А., Сабырханов Д.С., Жолдасбекова Г.Ш.
Tulekbayeva A.K., Shakkaliev A.A., Sabyrkhanov D.S., Zholdasbekova G.Sh.**

Южно- Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент,
Республика Казахстан
РГП «Казахстанский институт стандартизации и сертификации», г. Астана, Республика
Казахстан
M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
RSE "Kazakhstan Institute of Standardization and Certification", Astana, Kazakhstan
tulekbaeva@mail.ru

Резюме

В статье рассматриваются предложения и обоснования принятия нового закона Республики Казахстан «О стандартизации» для построения национальной системы стандартизации, с ее координирующими национальными органами, правовым регулированием участников стандартизации, эффективной разработки и применения национальных стандартов, обеспечения максимального учета стран-участниц международных организаций по стандартизации.

Abstract

In the article the proposal and rationale of the new law of the Republic of Kazakhstan "On Standardization" to build a national system of standardization, with its coordinating national authorities, the legal regulation of participants in standardization, effective development and implementation of national standards, to ensure maximum consideration of the participating countries of international standards organizations.

Ключевые слова: национальная система стандартизации, техническое регулирование, закон, стандарты, обязательные, добровольные, требования, межгосударственная, международная, стандартизация, участники, национальный орган

Keywords: The national system of standardization, technical regulations, laws, standards, mandatory, voluntary, requirements, interstate, international, standardization, the participants, the national authority

Планомерная диверсификация национальной экономики Республики Казахстан отнесена к основной задаче, принятой в «Стратегия «Казахстан-2050»: новый политический курс состоявшегося государства» программы по форсированной индустриализации, которая заключается в изменении экономики, в плане ее независимости от колебаний мировых цен на сырье[1].

В целях ускоренного индустриального развития отраслей экономики и повышения уровня технического оснащения производственных мощностей, в Государственной программе индустриально-инновационного развития Республики

Казахстан на 2015-2019 годы предусмотрен курс на **принятие высоких стандартов** технического регулирования.

Постановлением Правительства Республики Казахстан от 10 июня 2014 года № 635 был утвержден Комплексный план по совершенствованию системы технического регулирования и метрологии до 2020 года, в котором, пунктом 11, для становления независимой системы стандартизации, предусмотрена разработка концепции проекта Закона Республики Казахстан «О стандартизации»[2].

Объективными условиями принятия данного закона явилось то, что в рамках ведения интеграционной политики в Республике Казахстан возникла необходимость гармонизации норм международных и региональных соглашений, участия в международных экономических союзах и объединениях, стимулирующих развитие товарооборота стран-участниц, рост национальной экономики, а также развитием конкурентоспособности продукции и услуг Республики Казахстан.

Так, в условиях участия Республики Казахстан во Всемирной торговой организации в области стандартизации, необходима разработка стандартов, не создающих препятствий международной торговле, максимальное использование стандартов, для предупреждения появления нежелательных барьеров на пути развития торговли [3].

Кроме того, в рамках членства в Евразийском Экономическом Союзе Республикой Казахстан приняты обязательства по наднациональному техническому регулированию. В условиях Протокола о техническом регулировании № 9 Договора о ЕАЭС, техническое регулирование определено как правовое регулирование отношений в области установления, применения и исполнения **только обязательных требований** к продукции и связанным с требованиями к продукции процессам, тогда как, в действующем Законе Республики Казахстан «О техническом регулировании» понятие «техническое регулирование» определено как «правовое и нормативное регулирование отношений, связанных с определением, установлением, применением и исполнением **обязательных и добровольных требований** к объектам технического регулирования»[4,5]. В связи с этим, необходимо привести действующее законодательство в соответствие с международными обязательствами.

В условиях членства в Международной организации по стандартизации, в рамках Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации Содружества Независимых Государств позволяет нашей стране учитывать национальные интересы при разработке международных и межгосударственных стандартов с учетом последующей их адаптации на национальном уровне.

Действующим базовым законодательным актом, частично регулирующим сферу стандартизации, является Закон Республики Казахстан от 9 ноября 2004 года «О техническом регулировании». При этом, исследуя практику законодательного регулирования области стандартизации, следует отметить, что до принятия действующего Закона ранее действовали Закон Республики Казахстан от 18 января 1993 года «О стандартизации и сертификации» и Закон Республики Казахстан от 16 июля 1999 года «О стандартизации», в которых стандартизация относилась исключительно к обязательной сфере регулирования, что способствовало необходимости перехода на двухуровневую систему посредством принятия Закона [5]. Однако, основные положения из утративших силу законов принимались в условиях правового поля, существенно отличающегося от современных мировых и национальных тенденций. Достаточно отметить, что активные интеграционные процессы Республики Казахстан в области стандартизации осуществлялись гораздо позднее принятия ранее действовавших законов. В условиях продолжающихся экономических, социальных и административных реформ появились новые факторы, оказывающие существенное влияние на развитие сферы стандартизации.

К настоящему времени достаточно накоплен опыт практики применения установленных норм Закона, а также иных нормативных правовых актов, регулирующих отношения в области стандартизации. Определелись достоинства и недостатки действующего законодательства в области стандартизации. При этом, анализ правоприменительной практики показывает, что отдельные нормы носят декларативный характер, недостаточно эффективны либо имеют внутренние противоречия.

К основным достоинствам стандартизации на современном этапе развития нашей страны, когда поставлена задача развития малого и среднего бизнеса, можно отнести то, что она позволяет существенно сократить сроки внедрения новой продукции и технологий за счет распространения и применения уже разработанных типовых (наилучших) практик и технологий, содействует развитию малого и среднего бизнеса за счет повышения доверия к продукции небольших предприятий, обеспечивает улучшение культуры производства, качества продукции и услуг, а так как малые и средние фирмы ограничены в ресурсах, они обращаются к действующему фонду стандартов для организации бизнеса

Еще одним позитивным фактором, связанным со стандартизацией и влияющим на экономику, является устранение дефектов рынка за счет нормирования в стандартах экологических требований, требований, связанных с охраной труда, маркировкой товаров и т.п. Регламентация этих требований обеспечивает защиту окружающей среды, способствует повышению безопасности граждан, содействует предупреждению действий, вводящих в заблуждение потребителей. В конечном итоге стандартизация в этой сфере направлена на повышение качества жизни.

Сложившая в настоящее время ситуация предопределяет необходимость разработки отдельного Закона Республики Казахстан «О стандартизации» и уровень решения проблем связан с установлением государственного регулирования и политики в области стандартизации. Без закона «О стандартизации» не удастся сформировать адекватную политику в сфере стандартизации и, самое главное, претворить ее в жизнь. Соответственно будет упущена возможность реализовать позитивные эффекты стандартизации. В условиях кризиса эффективная стандартизация может оказаться сдерживающим фактором снижения ВВП страны.

Закон должен затронуть такие важные аспекты, как задачи и принципы государственного управления в сфере стандартизации, полномочия государственных органов власти и других участников деятельности по стандартизации, структура национальной системы стандартизации, организация разработки документов по стандартизации, издание, распространение и применение документов по стандартизации, формы международного сотрудничества в области стандартизации.

Национальная система стандартизации и система технического регулирования отличаются по сфере регулирования, целям, принципам, участию государства, перечню документов, составу и роли участников, механизмам функционирования, формам международной деятельности.

Актуальным примером неэффективности стандартизации в рамках системы технического регулирования следует указать проблему исполнения 49 шага из 100 конкретных шагов по реализации пяти институциональных реформ Главы государства, касающегося внедрения системы еврокодов взамен устаревших строительных норм и правил (СНИП), применяемых с советского периода, которая возникает ввиду отсутствия в действующем законодательстве в области технического регулирования функций, касающихся принятия национальных стандартов, при том, что, с целью точно эффективны либо имеют внутренние противоречия[6].

Учитывая, что стандартизация – это добровольная сфера, следовательно, она не может функционировать в рамках обязательной правовой системы технического регулирования и требует отдельного законодательного регулирования, которое учтет

все несоответствия действующей системы и введет общие задачи, цели, принципы, а также дополнит терминологическую базу новыми понятиями, такими как «качество», «качественные показатели», «национальная система стандартизации», «национальный орган по стандартизации», «проектные технические комитеты по стандартизации», «технические эксперты по стандартизации», «апелляционная комиссия по стандартизации» и др.

Действующий же Закон «О техническом регулировании» устанавливает только правовые основы государственной системы технического регулирования, направленной на обеспечение безопасности продукции, услуг и процессов в Республике Казахстан.

Правоприменительная практика данного Закона, ввиду отсутствия национальной системы стандартизации, отраженной в отдельном законодательном акте, выявила серьезные недостатки в части работы стандартизации. При этом, проблемы законодательного регулирования стандартизации, невозможно решить путем внесения определенных поправок в действующее законодательство, поскольку необходим комплексный переход стандартизации из системы технического регулирования в отдельную сферу общественных отношений. Как следствие, Закон «О техническом регулировании» не раз подвергался корректировкам, многие статьи утрачивали силу, появлялись новые дополнения. Так, в действующий Закон в части стандартизации, в разные периоды вносились порядка 16 объемных поправок.

В связи с этим, в рамках разработки отдельного законопроекта «О стандартизации» предполагается внедрить национальную систему стандартизации во все сферы общественных отношений и отрегулировать ряд вопросов в сфере стандартизации, возникших в результате его отсутствия.

1) в целях исключения множественности отсылочных норм в действующем Законе ГР проведение законодательной систематизации процессов работ по стандартизации.

На сегодняшний день **только по некоторым видам процессов работ по стандартизации** имеется правовое закрепление, отраженное лишь в форме 7 подзаконных актов, при этом, в соответствии с Концепцией правовой политики Республики Казахстан на период с 2010 до 2020 года, утвержденной Указом Президента Республики Казахстан от 24 августа 2009 года № 858 [7], в целях повышения конкурентоспособности отечественной правовой системы следует продолжить работу по систематизации действующего законодательства, минимизации отсылочных норм в законах и расширению практики принятия законов прямого действия в рамках круга вопросов, по которым в соответствии с Конституцией могут приниматься законодательные акты.

Поскольку процессы работ по стандартизации имеют ответственное значение в системе стандартизации, необходимо их закрепление на уровне отдельного Закона, при этом, систематизировав подзаконные акты по процессам работ по стандартизации в едином законодательном акте прямого действия, а также дополнив видами работ по стандартизации, не отраженных в системе законодательства.

2) внедрение национального органа по стандартизации в рамках национальной системы стандартизации.

Создание Национального органа по стандартизации (НОС) на национальном уровне позволит:

- уменьшить административные нагрузки на работы по стандартизации, упростить процедуру принятия национальных стандартов, классификаторов технико-экономической информации, внесения в них изменений, согласования, утверждения составов технических комитетов по стандартизации, утверждения и внесения изменений и дополнений в программы национальной стандартизации, процедуры учета международных стандартов и стандартов иностранных организаций и т.д.;

- на новом, законодательно обоснованном уровне, усовершенствовать организационно-функциональную структуру национальной системы стандартизации, экономические основы стандартизации, расширить функциональность Единого государственного фонда нормативных технических документов и совершенствовать информационное обеспечение в области стандартизации, а также усовершенствовать взаимодействие с международными и региональными организациями по стандартизации и работу по подготовке, переподготовке и повышению квалификации кадров по стандартизации.

- повысить уровень качества нормативных документов по стандартизации;

- систематизировать базу нормативных документов по стандартизации;

3) развитие взаимодействия участников национальной системы стандартизации.

Из-за отсутствия законодательно закреплённой системы взаимодействия участников системы стандартизации между собой, на сегодняшний день возникают проблемные вопросы касательно правомерности совершения определенных действий в работах по стандартизации.

В этой связи, с целью устранения данного пробела Законопроектом будет определен процесс взаимодействия участников работ по стандартизации, полный перечень их прав и обязанностей, а также участие новых субъектов стандартизации, таких как проектные технические комитеты по стандартизации, технические эксперты по стандартизации, апелляционные комиссии по стандартизации, и др.

Кроме того будет раскрыт механизм деятельности технических комитетов по стандартизации (далее - ТК) при разработке и принятии национальных стандартов с учетом привлечения в работу ТК представителей заинтересованных сторон и стимулирования заинтересованности в работах по стандартизации.

Введение механизма привлечения представителей заинтересованных сторон в работу технических комитетов по стандартизации отражено в Государственной программе индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015-2019 годы, утверждённой Указом Президента Республики Казахстан от 1 августа 2014 года № 874[8].

4) повышение роли и статуса национальных стандартов, а также установление порядка применения всех видов нормативных документов по стандартизации.

В результате принятия законопроекта будет повышен статус национальных стандартов посредством:

- развития общей практики применения национальных стандартов в качестве доказательной базы в судебных либо в арбитражных разбирательствах, в имущественных либо неимущественных спорах, путем введения принципа обязательности учета национальных стандартов в качестве доказательной базы;

- развития общей практики определения лучшей технической спецификации потенциального поставщика в системе государственных закупок, применяющего национальный стандарт по определенному лоту в закупках путем введения принципа обязательности учета членами конкурсной и экспертной комиссий национальных стандартов,

- упрощения процесса идентификации национальных стандартов, имеющих ссылки в нормативных правовых актах посредством внедрения единой законодательной практики применения ссылок на национальные стандарты.

Кроме того, законопроект установит механизм применения всех видов нормативных документов по стандартизации с учетом порядка их разработки, принятия и регистрации;

5) детализация индикаторов модели планирования стандартизации.

В настоящее время по действующему законодательству модель планирования стандартизации устарела и требует значительного дополнения, поскольку отсутствуют необходимые для стандартизации индикаторы.

Например, в действующем плане государственной стандартизации не определена классификация продукции по видам экономической деятельности, отсутствуют сведения об анализе и учете компетентных организаций, заинтересованных в принятии стандартов и др.

В связи с этим, а также учитывая участие Республики Казахстан в ЕАЭС и вхождение в ВТО, в законопроекте будет отражена новая модель планирования стандартизации путем внедрения программ национальной стандартизации, предусматривающих все аспекты и стороны стандартизации.

При этом развитие национальной стандартизации, а также достижение высокого эффекта от стандартизации, крайне важно для развития экономики страны, модернизации промышленности, перехода от сырьевой к инновационной модели экономического роста, достижения высоких показателей импортозамещения, развития стандартизации не только продукции, но и услуг, работ.

Таким образом, как показывает анализ мировой и отечественной практики, на сегодняшний день необходимо сформировать единый взгляд на стандартизацию, выраженный в построении национальной системы стандартизации, с ее координирующими национальными органами, правовым регулированием участников стандартизации, эффективной разработки и применения национальных стандартов, обеспечения максимального учета стран-участниц международных организаций по стандартизации.

Литература

1. Послания Президента РК Н.А.Назарбаева народу Казахстана «Стратегия «Казахстан -2050»: новый политический курс состоявшегося государства» от 14 декабря 2012 г.

2. Комплексный план по совершенствованию системы технического регулирования и метрологии до 2020 года, постановление Правительства Республики Казахстан от 10 июня 2014 года № 635(с изменениями и дополнениями по состоянию на 27.02.2015 № 100)

3. Соглашении ВТО по техническим барьерам в торговле (1994 г.)

4. Протокол о техническом регулировании № 9 Договора о ЕАЭС

5. Закон Республики Казахстан «О техническом регулировании» от 9 ноября 2004 года № 603-III(с изменениями и дополнениями по состоянию на 29.12.2014 г.)

6. 100 конкретных шагов по реализации пяти институциональных реформ Президента РК Н.А.Назарбаева (Астана, 6 мая 2015 г.)

7. Концепция правовой политики Республики Казахстан на период с 2010 до 2020 года, (утверждена Указом Президента Республики Казахстан от 24 августа 2009 года № 858)

8. Государственная программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015-2019 годы (утверждена Указом Президента Республики Казахстан от 1 августа 2014 года № 874)

References

1. Message of President Nursultan Nazarbayev to people of Kazakhstan "Strategy" Kazakhstan -2050 ": a new policy established state" from December 14, 2012

2. The comprehensive plan to improve the system of technical regulation and metrology to 2020, a decree of the Government of the Republic of Kazakhstan from June 10, 2014 № 635 (as amended as of 27.02.2015 № 100)

3. The WTO Agreement on Technical Barriers to Trade (1994)

4. Protocol on Technical Regulation number 9 of the EAEC Treaty
5. The Law of the Republic of Kazakhstan "On Technical Regulation" dated November 9, 2004 № 603-II (with amendments and additions as of 12.29.2014)
6. 100 concrete steps to implement the five institutional reforms the President of Kazakhstan (Astana, May 6, 2015)
7. Concept of Legal Policy of the Republic of Kazakhstan for the period from 2010 to 2020 (approved by Decree of the President of the Republic of Kazakhstan dated August 24, 2009 № 858)
8. The state program of industrial-innovative development of Kazakhstan for 2015-2019 (approved by the Decree of the President of the Republic of Kazakhstan dated August 1, 2014 № 874)

УДК 621:620.191:620.194
UDC 621:620.191:620.194

ПОДГОТОВКА ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ В ОБЛАСТИ МЕХАНИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ ДЛЯ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА

PREPARATION OF RESEARCHERS IN AREA OF MECHANICS AND ENGINEER FOR SOUTH KAZAKHSTAN

Айнабеков А.И., Печерский В.Н., Мырзалиев Д.С.
Ainabekov A.I., Pecherskiy V.N., Myrzaliyev D.S.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
e-mail: vn-pecherskiy@mail.ru

Резюме

В статье представлены основные проблемы подготовки специалистов для машиностроительных предприятий Южного Казахстана. Современные машиностроительные предприятия испытывают особую необходимость в специалистах, обладающих глубокими знаниями технологических процессов, оборудования, оснастки машиностроительного производства. Показана возможность повышения конкурентоспособности бакалавров по направлению подготовки «машиностроение» на основе компетентного подхода и вовлечения студентов в процесс научно-исследовательской работы.

Рассмотрены перспективные направления исследований в области машиностроения, разработки и внедрения современных технологических процессов обработки материалов, физико-химических методов повышения качества обрабатываемых поверхностей деталей, внедрения методов диагностики, мониторинга и прогнозирования состояния действующего оборудования, резервуаров и трубопроводов, разработки методов оценки остаточного ресурса действующих объектов.

Приводятся основные результаты фундаментальных и прикладных исследований, проводимых на кафедре «Механика и машиностроение» ЮКГУ им. М. Ауэзова. В результате выполнения исследований разработаны физико-химические модели процессов термопластического деформирования, физико-химических методов упрочнения поверхности, коррозионного растрескивания, водородного охрупчивания и

кавитационно-эрозионного изнашивания деталей в эксплуатационных условиях. На основе детерминированного подхода к процессу повреждения сталей и сплавов получены аналитические решения уравнений напряженно-деформированного состояния, позволяющие прогнозировать прочность и долговечность элементов конструкций и деталей машин с учетом эксплуатационных условий.

Abstract

In the article the basic problems of preparation of specialists are presented for the machine-building enterprises of South Kazakhstan. Modern machine-building enterprises need specialists, possessing thorough knowledge of technological processes, equipment, rigging of machine-building production. Possibility of increase of competitiveness of bachelors is shown to direction of preparation "engineer" on the basis of competence-based approach and involving of students in the process of research work.

Perspective directions of researches are considered in area of engineer, development and introduction of modern technological processes of treatment of materials, physical and chemical methods of upgrading of the processed surfaces of details, introduction of methods of diagnostics, monitoring and prognostication of the state of operating equipment, tanks and pipelines, development of methods of estimation of residual resource of operating objects.

The main results of the basic and applied researches conducted in Mechanics and Mechanical Engineering department of SKSU of M. Auezov are given. As a result of performance of researches physical and chemical models of processes of thermoplastic deformation, physical and chemical methods of hardening of a surface, corrosion cracking, hydrogen embrittlement and cavitations and erosive wear of details in operational conditions are developed. The analytical decisions of equations of the tensely-deformed state are got on the basis of the determined going near the process of damage of steels and alloys. These equations allow to forecast durability and longevity of elements of constructions and details of machines taking into account operating terms.

Ключевые слова: машиностроение, деталь оборудование, напряжение, деформация, сталь, повреждение, ресурс, прочность, долговечность, механические свойства.

Keywords: mechanical engineering, equipment, stress, deformation, steel, damage, resource, durability, longevity, mechanical properties.

Введение. Перспективы развития современных производств в южном регионе Республики Казахстан определены в ряде последовательных программ индустриально-инновационного развития нашего государства.

Одним из важных приоритетных направлений является развитие отечественного машиностроения. Уровень развития машиностроительной отрасли является одним из важных показателей экономики государства.

Как известно, машиностроение включает в себя ряд подотраслей, в том числе такие важные для нашего региона, как металлургическое, химическое, энергетическое, подъемно-транспортное, железнодорожное, тракторное, сельскохозяйственное, а также автомобилестроение.

В соответствии с тезисами последних посланий Президента РК, в которых сказано: «Мы должны сделать ставку на создание и развитие производств, ориентированных на экспорт конечных продуктов; совместных предприятий в области нефтегазового, транспортного и других подотраслей машиностроения, металлургии, химии, агропромышленной сферы», в Южных областях предусмотрено создание ряда производств. Эти производства машиностроительной продукции должны быть ориентированы на выпуск инструментов, комплектующих изделий и оборудования

таких интенсивно развивающихся кластеров, как нефтедобывающий, текстильный, энергетический. Особое значение уделяется развитию агропромышленного комплекса, развитию предприятий перерабатывающей промышленности сельскохозяйственной продукции и выпуску соответствующего оборудования, что предопределило необходимость собственного машиностроения. Разработки по ядерным технологиям и технологиям возобновляемой энергетики немыслимы без создания машиностроительных заводов. Необходимо отметить, что благодаря последним программам, ежегодно наблюдается рост объема производства оборудования для нефтегазовой отрасли Казахстана и, к настоящему моменту, казахстанскими машиностроителями было разработано, изготовлено и поставлено более 300 наименований нефтегазового оборудования. В области нефтегазового машиностроения работают около двух десятков машиностроительных предприятий. Одним из важных аспектов успешного развития указанных направлений машиностроения является наличие высококвалифицированных специалистов. Особую потребность предприятия испытывают в менеджерах производства с глубокими знаниями технологических процессов и оборудования и оснастки машиностроения. Учитывая это обстоятельство, кафедрой «Механика и машиностроение» Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауэзова осуществляется подготовка бакалавров и магистров по специальности «Машиностроение».

Подготовка кадров. ЮКГУ им. М. Ауэзова обладает высококвалифицированным профессорско-преподавательским составом, мощной материально-технической базой, которая дает возможность студентам получать глубокие теоретические знания и практические навыки. Обучение проводится на кафедре «Механика и машиностроение» по трехуровневой системе обучения бакалавр-магистр-доктор. Для получения высшего образования с присвоением квалификации бакалавр по специальности «Машиностроение» предполагается формировать индивидуальные траектории обучающихся с более углубленным изучением и освоением специализаций, таких как:

- технология машиностроения, охватывающая все отрасли народного хозяйства;
- сельскохозяйственное машиностроение;
- сварочное производство, для всех отраслей народного хозяйства;
- литейное производство, в том числе неметаллических материалов;
- обработка под давлением, штамповка.

С целью повышения качества образования по специальности 5В071200-«Машиностроение» создан Учебно-научно-производственный комплекс (УНПК) кафедры «Механика и машиностроение» на базе предприятий Южно-Казахстанской области: АО «Карданвал», АО «Южно-Казахстанский механический завод», ТОО «КазГеоМаш», ТОО «KARLSKRONA», , АО «Завод Электроаппарат», ТОО «Кайнар-май», ТОО «Казмедприбор» (г.Шымкент), АО ПК «Кентауский трансформаторный завод», АО «ЮКМЗ» (с.Аксукент). Кафедрой с этими предприятиями заключены договора о сотрудничестве в области учебного процесса, научно-исследовательской деятельности и прохождения производственной практики.

Часть занятий по профилирующим дисциплинам, производственная практика на УНПК служит продолжением обучения для получения качественных знаний, освоения методов автоматизированного проектирования изделий, современных технологий обработки материалов, оборудования литейного и сварочного производства. Одновременно проводятся занятия по подготовке рабочих профессий для студентов 2 курса и присвоения квалификации «токарь». По результатам производственной практики со студентами старших курсов многие предприятия заранее заключают договора на трудоустройство выпускников.

Дипломные проекты многих студентов являются реальными разработками, экономически обоснованы, сопровождаются бизнес-планами и техническими условиями на продукцию, и позволяют выпускнику начать собственное дело, получить

стартовый кредит на развитие производства. Разрабатываются новые конструкции приспособлений и режущих инструментов для интенсивной обработки материалов и повышения качества обрабатываемых поверхностей. Выполняется технико-экономическое обоснование и бизнес план строительства предлагаемых машиностроительных и механосборочных цехов по выпуску нестандартного оборудования и оборудования по переработке сельскохозяйственной продукции. В рамках академической мобильности студенты и магистранты специальности «Машиностроение» проходят обучение и стажировку в ведущих ВУЗах Германии, Австрии и других стран дальнего и ближнего зарубежья.

Выпускники специальности «Машиностроение» обучаются и успешно защищают магистерские диссертации в магистратуре нашего ВУЗа, а также в магистратуре ведущих технических ВУЗов Казахстана и зарубежья: РХТУ им. Губкина (РФ), Национальная Металлургическая академия Украины (Днепропетровск), КазНТУ им. К. Сатпаева. После защиты диссертаций магистры работают в нашем университете, в других университетах и колледжах, а также на предприятиях ЮКО по специальности «Машиностроение».

Магистры, работающие на кафедре, направляются в целевую докторантуру. Так на кафедре работают 2 доктора PhD, окончившие докторантуру по специальности «Машиностроение» в КазНТУ им. К. Сатпаева. Один магистр обучается в докторантуре по специальности «Механика» в КазНУ им. аль-Фараби.

Научно-исследовательская работа. Профессорско-преподавательский состав (ППС) кафедры работает в тесном сотрудничестве с зарубежными учеными и учеными ВУЗов РК, а также со специалистами предприятий энергетического машиностроения, машиностроительных производств и строительных организаций, занимающихся выпуском нефтегазового оборудования, строительством и эксплуатацией резервуаров, хранилищ, трубопроводов.

Научно-исследовательские разработки ППС кафедры проводятся в соответствии с задачами систем управления в машиностроении, разработки и внедрения современных технологических процессов обработки материалов, физико-химических методов повышения качества обрабатываемых поверхностей деталей, внедрения методов диагностики, мониторинга и прогнозирования состояния действующего оборудования, резервуаров и трубопроводов, разработки методов оценки остаточного ресурса действующих объектов.

Выполняются исследования в области создания современных машин, механизмов, установок энергетического машиностроения, нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности. В рамках выполняемой на кафедре научно-технической программы на 2015-2017 г.г., финансируемой Министерством образования и науки РК, «Научные исследования и научно-технические разработки в области прочности и долговечности энергетических установок и машин с учетом эксплуатационных условий» решаются следующие актуальные проблемы:

- экспериментальное и теоретическое исследование особенностей работы высоконагруженных деталей и элементов конструкций энергетических установок и машин в эксплуатационных условиях;

- разработка общей методологии прогнозирования прочности, долговечности и остаточного ресурса энергетических установок и машин в эксплуатационных условиях;

- разработка нормативно-технических документов по прогнозированию прочности, долговечности и остаточного ресурса энергетических установок и машин в эксплуатационных условиях;

- организация учебно-исследовательского центра по прогнозированию прочности и долговечности установок, машин и механизмов, технологического оборудования и трубопроводов, конструкций и их элементов;

- материально-техническое перевооружение испытательных стендов, установок и реконструкция лабораторного комплекса для отработки и экспериментального обоснования инновационных идей;

- расширение международного сотрудничества и выполнение совместных проектов с ведущими научными центрами, вузами ближнего и дальнего зарубежья;

- привлечение молодых ученых, студентов, магистрантов и докторантов к выполнению совместных научных исследований и их научные стажировки в ведущих научных центрах и институтах.

Получили развитие прикладные исследования по направлениям:

1. Научные исследования и научно-технические разработки в области прочности и долговечности энергетических установок и машин с учетом влияния коррозионной среды;

2. Научные исследования и научно-технические разработки в области прочности и долговечности энергетических установок и машин с учетом коррозионно-механических повреждений;

3. Научные исследования и научно-технические разработки в области прочности и долговечности энергетических установок и машин с учетом кавитационно-эрозионного изнашивания;

4. Научные исследования и научно-технические разработки в области прочности и долговечности энергетических установок и машин с учетом длительности эксплуатации.

Вместе с ведущими специалистами машиностроительных производств, ТОО «КазГеоМаш», ТОО «KARLSKRONA», Южным филиалом АО «Национальный научно-технический центр промышленной безопасности» разработана концепция оценки рисков и обеспечения безопасности потенциально опасных объектов, разработаны методики и ряд нормативных документов в соответствии с [1-3] по расчетам резервуаров, трубопроводов, теплообменного оборудования, имеющих конструктивные и технологические и эксплуатационные дефекты и отклонения.

Фундаментальные и прикладные исследования проводятся в широком аспекте проблем механики и машиностроения, в области механики деформируемого твердого тела, динамики, прочности машин приборов и аппаратуры, механики грунтов и оснований, теоретической механики, теории машин и механизмов, материаловедения.

Результаты. В результате выполнения исследований разработаны физико-химические модели процессов термопластического деформирования, физико-химических методов упрочнения поверхности, коррозионного растрескивания, водородного охрупчивания и кавитационно-эрозионного изнашивания деталей в эксплуатационных условиях [4,5].

Получены аналитические решения уравнений напряженно-деформированного состояния, позволяющие прогнозировать прочность и долговечность элементов конструкций и деталей машин с учетом эксплуатационных условий.

Проблема водородного охрупчивания и коррозионного растрескивания конструкционных сталей и сплавов приобрела важное значение при возросших уровнях добычи и транспортировки нефти и газа с большим содержанием сероводорода [6]. В этом направлении проводятся исследования по оценке и прогнозированию долговечности трубных и коррозионностойких сталей. Разработаны модели и методики расчетов ресурса оборудования с учетом длительности эксплуатации и воздействия конденсатов, подтоварных вод и водорода в нефтепродуктах.

При работе элементов конструкций при статических нагрузках определяющую роль в процессе накопления повреждений играют уровень деформации ϵ , скорость деформации и концентрация водорода, накопленного в объеме материала. Повреждения, накопленные в материале можно определить по уравнению,

учитывающему суммарное действие механических напряжений, приводящих к деформациям детали, и водородного охрупчивания:

$$\Pi = \frac{\dot{\varepsilon}t}{\varepsilon_0} + \int_0^t \frac{\dot{\varepsilon}EV \left(1 - \frac{\varepsilon_p^*}{\varepsilon_0} e^{\frac{E}{\lambda} \dot{\varepsilon}} \right)}{RT \ln \frac{C_{kp}}{C_0}} d\tau = \frac{\dot{\varepsilon}t}{\varepsilon_0} + \frac{\dot{\varepsilon}EVt \left(1 - \frac{\varepsilon_p^*}{\varepsilon_0} e^{\frac{E}{\lambda} \dot{\varepsilon}} \right)}{RT \ln \frac{C_{kp}}{C_0}}, \quad (1)$$

где Π – параметр поврежденности, C_0 и C_{kp} – концентрация растворенного водорода, моль/см³; t – время, R , T , E и V – общепринятые постоянные.

С учетом повторно-переменных нагрузок, возникающих при пуско-остановочных и переходных эксплуатационных режимах, на статические повреждения накладываются повреждения малоциклового усталости, которые учитываются согласно уравнению (2):

$$\Pi = \frac{\varepsilon_{max}}{\varepsilon_p(\varepsilon)} + \int_0^N \frac{1 - \frac{\varepsilon_{max}}{\varepsilon_p(\varepsilon)}}{N_0(\varepsilon_{max}, \nu, R)} dN, \quad (2)$$

где ε_{max} – максимальная деформация цикла; ε_p – деформация разрушения при однократном нагружении; N – число циклов; $\Delta\varepsilon = \varepsilon_{max} - \varepsilon_{min}$ – размах деформации цикла; $N_0(\varepsilon_{max}, \nu, R)$ – уравнение малоциклового усталости стали на воздухе при эксплуатационной температуре.

Наиболее важными элементами методики является прямое или косвенное измерение параметров механических свойств конструкционных материалов на текущей стадии эксплуатации. С этой целью из контролируемых объектов вырезаются лабораторные образцы-свидетели, которые доводятся до разрушения с целью оценки эксплуатационных и допускаемых напряжений и деформаций. Очень важными для определения механических свойств являются измерения твердости и микротвердости локальных поверхностных повреждений или разрушений переносными приборами на действующих трубопроводах, а также результаты неразрушающих методов контроля [7]. Экспериментальные характеристики позволяют установить ресурс безопасной эксплуатации объекта, имеющего заданную степень поврежденности или дефектности.

Литература

1. СН РК 3.05-24-2004. Инструкция по проектированию, изготовлению и монтажу вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов. Астана. 2004.- 85 с.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. - М.: Госстандарт. 2011. - 74 с.
3. Когаев В.Н., Махутов Н.А., Гусенков А.Н. Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность.: Справочник.- М.: Машиностроение, 1985. - 224 с.
4. Айнабеков А.И., Печёрский В.Н., Петрова С.Н. Сопротивление корпусных сталей развитию повреждений малоциклового усталости.//Механика и моделирование процессов технологии. 2002.- № 2. – С.133-137.
5. Печерский В.Н., Саидахметов Т.П. Технологические особенности изготовления теплообменников, влияющие на долговечность при коррозионном воздействии теплоносителя /Труды междунар. научно-практич. конф. «Развитие науки, образования

и культуры независимого Казахстана в условиях глобальных вызовов современности», посвященной 70-летию ЮКГУ им. М. Ауэзова. Шымкент: ЮКГУ им. М. Ауэзова. 2013. – Т.9. - С. 339-342.

6. Вотинов А.В. Оценка структурных параметров сталей и ресурсных характеристик резервуаров для хранения нефтепродуктов в условиях длительной эксплуатации. Автореф. дисс. ...канд. техн. наук. Краснодар.-2006. - 24с.

7. Иванов В.В., Корнилова А.В., Мусатов В.В. Техническое диагностирование при оценке риска аварии. //Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2015. – №7. – С.45-50.

References

1. SN RK 3.05-24-2004. Instruktsiya po proektirovaniyu, izgotovleniyu i montazhu vertikal'nykh tsilindricheskikh stal'nykh rezervuarov dlya nefi i nefteproduktov. Astana. 2004.- 85 s.

2. GOST R ISO/MEK 31010-2011. Menedzhment riska. Metody otsenki riska. – М.: Gosstandart. 2011. – 74 s.

3. Kogaev V.N., Makhutov N.A., Gusenkov A.N. Raschety detaley mashin i konstruktsiy na prochnost' i dolgovechnost': Spravochnik.- М.: Mashinostroenie, 1985. - 224 s.

4. Aynabekov A.I., Pecherskiy V.N., Petrova S.N. Soprotivlenie korpusnykh staley razvitiyu povrezhdeniy malotsiklovoy ustalosti.//Mekhanika i modelirovanie protsessov tekhnologii. 2002. - № 2. – S.133-137.

5. Pecherskiy V.N., Saidakhmetov T.P. Tekhnologicheskie osobennosti izgotovleniya teploobmennikov, vliyayushchie na dolgovechnost' pri korrozionnom vozdeystvii teplonosatelya /Trudy mezhdunar. nauchno-praktich. konf. «Razvitie nauki, obrazovaniya i kul'tury nezavisimogo Kazakhstana v usloviyakh global'nykh vyzovov sovremennosti», posvyashchennoy 70-letiyu YuKGU im. M. Auezova. Shymkent: YuKGU im. M. Auezova. 2013. – Т.9. - S. 339-342.

6. Votinov A.V. Otsenka strukturnykh parametrov staley i resursnykh kharakteristik rezervuarov dlya khraneniya nefteproduktov v usloviyakh dlitel'noy ekspluatatsii. Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Krasnodar.-2006. - 24s.

7. Ivanov V.V., Kornilova A.V., Musatov V.V. Tekhnicheskoe diagnostirovanie pri otsenke riska аварии. //Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov. 2015. – №7. – S.45-50.

ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ МАШИНАЛАР МЕН ЖАБДЫҚТАР
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ
TECHNOLOGICAL MACHINES AND THE EQUIPMENT

УДК 66.074
UDK 66.074

МАССОПЕРЕНОС ОБЕССОЛИВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И
ПРОМЫШЛЕННЫХ ВОД МЕТОДАМИ МЕМБРАННОЙ ОЧИСТКИ

MASS TRANSFER DESALINATION OF NATURAL AND INDUSTRIAL
WATERS BY MEMBRANE TREATMENT

Азимов А.М., Жантасов К.Т.
Azimov A.M., Jantasov K.T.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
Azimov-78@mali.ru

Резюме

Исследован массоперенос мембранной очистки природной воды, изменение концентрационной поляризации по длине межмембранного канала, изменение селективности и проницаемости мембранного аппарата. Предлагаемая конструкция мембранного аппарата позволяет значительно уменьшить образование концентрационной поляризации и повысить эффективность селективности и проницаемости аппарата при небольших скоростях потока. Наилучшей с точки зрения снижения влияния концентрационной поляризации является использование предлагаемой конструкции. Идея конструирования заключалась в том, что максимально энергия должна тратиться на локальную турбулизацию жидкости, а не на ее объемное перемещение.

Abstract

Hydrodynamics and mass transfer membrane purification of drinking water, change noticeable polarization along the length of the membrane channel, changing selectivity and permeability of the membrane apparatus. The proposed design of membrane apparatus can significantly reduce the formation of noticeable polarization and increase the effectiveness of selectivity and permeability apparatus at low speeds the flow. The best in terms of reduction of noticeable influence of polarization is the use of the proposed design. Design idea was that the maximum energy should be spent on local turbulization liquids, rather than its volume.

Ключевые слова: обессоливание промышленной и природной воды, мембранная очистка, массоперенос.

Keywords: industrial desalination and water Portnoy, membrane purification, mass transfer

Значение чистой воды для производства трудно переоценить. К сожалению, вода практически никогда не бывает чистой, то есть всегда содержит какие-то примеси и растворенные вещества. Она растворяет в себе огромное количество химических

веществ, как органических, так и неорганических. Некоторые из них сами по себе возможно и не очень вредны для производства, но становятся вредными при контакте с другими. Другие же полезны, но сочетания могут приносить вред, в целом не сравнимый с пользой. Известно, что поступление в оборудование с природной водой соли, в концентрациях выше предельно-допустимых, может вызвать необратимые изменения в работе важнейших систем.

Существуют различные методы обессоливания воды для приведения ее к норме.

С целью снижения концентрационной поляризации или образования осадка при мембранной очистке природной воды нами используется создание турбулизированного слоя над поверхностью мембраны. Проницаемость мембран при интенсификации процесса методом создания турбулизированного слоя ($3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$) выше, чем без турбулизации ($6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$).

Концентрационная поляризация обуславливает следующие отрицательные эффекты: снижается движущая сила процесса вследствие увеличения концентрации у поверхности мембраны; при превышении точки гелеобразования или произведения растворимости на поверхности мембран могут формироваться осадки или гели; при повышении концентрации веществ у мембраны она может модифицироваться, что приводит к ее химической деградации.

Имеются два основных направления решения проблемы снижения влияния концентрационной поляризации.

Расчет концентрационной поляризации проводят исходя из различных моделей процесса массопереноса растворенного вещества через мембрану [1-2]. При использовании модели с распределением концентрации растворенного вещества у поверхности мембраны предполагают [3], что растворенное вещество переносится в пограничном слое молекулярной диффузией и конвекцией.

Выбор того или иного метода снижения концентрационной поляризации зависит от ряда факторов: конструкции мембранного аппарата, свойств мембраны, стоимости готового продукта, производительности установки и др. К основным методам снижения концентрационной поляризации можно отнести следующие: турбулизация разделяемого раствора, пульсация раствора, применение аппаратов с узкими каналами, повышение температуры.

Поддерживание малых потоков жидкости через мембрану. Оно возможно только при достаточной производительности нанофильтрационного модуля, т.е. при очень большой рабочей площади мембран, уместающихся в компактный модуль

Высокие скорости потоков вдоль мембраны получают путем прокачивания жидкости через мембранный модуль. В промышленной нанофильтрации процесс разделения обычно интенсифицируют за счет циркуляции раствора по замкнутому контуру гидравлической системы установки. Использование турбулентного режима движения жидкости (обычно линейная скорость раствора 3–5 м/с) приводит к большим энергозатратам.

Повышение скорости часто сочетают с использованием турбулизирующих вставок. Вставки могут быть самых различных конструкций: спиральные (для мембран трубчатого типа), перфорированные и гофрированные устройства (для плоских мембран), металлические и пластмассовые сетки (для рулонных элементов).

Общим недостатком применения турбулизаторов является резкое повышение гидравлического сопротивления межмембранного канала, что связано со значительным увеличением энергетических затрат на разделение раствора.

К экзотическим решениям относятся: введение в исходный поток тонкоизмельченных твердых частиц; нарушение гидродинамической устойчивости потока вихрями Тейлора (в электродиализном опреснителе); генерация микровихрей размещением на пути потока жидкости извилистых ребер.

Несмотря на многообразие методов борьбы с концентрационной поляризацией, ни один из них не приводит к полной нейтрализации ее влияния. Поэтому оправдан поиск таких условий работы мембранных аппаратов, которые обеспечивали бы максимальный эффект при минимальных затратах.

В нашей работе влияние концентрационной поляризации при очистке природной и промышленной воды устранялось за счет применения мембранных элементов состоящих из мембранных модулей, где модули обеих поверхностей мембраны расположены крестообразно относительно друг друга под углом 140-150°. На рисунке 1 показано изменение концентрационной поляризации по длине межмембранного канала. Из рисунка видно, что концентрационная поляризация незначительно возрастает по мере удаления от входа в канал. Это ведет к небольшому снижению селективности и проницаемости.

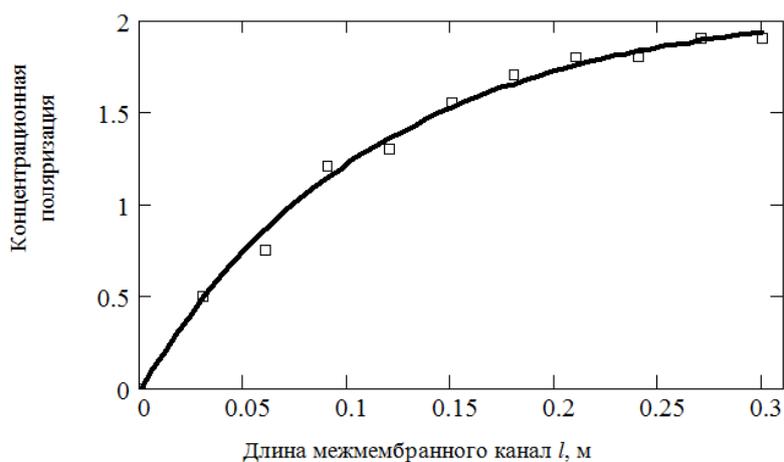
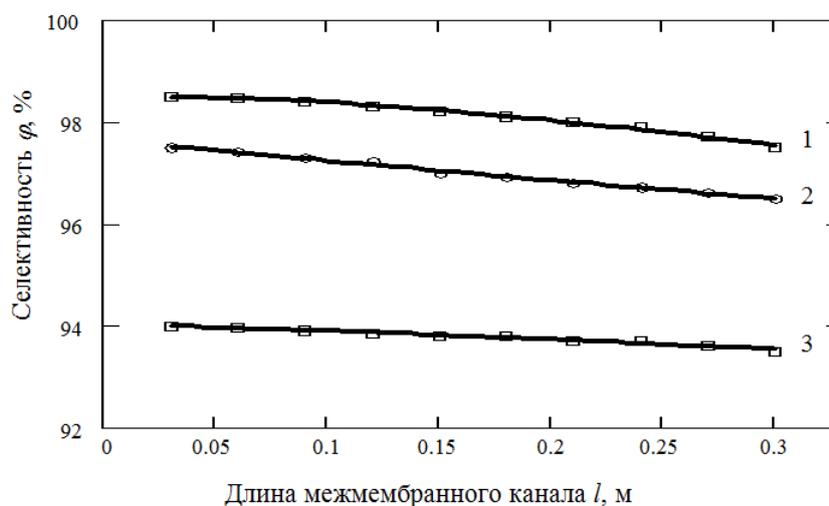


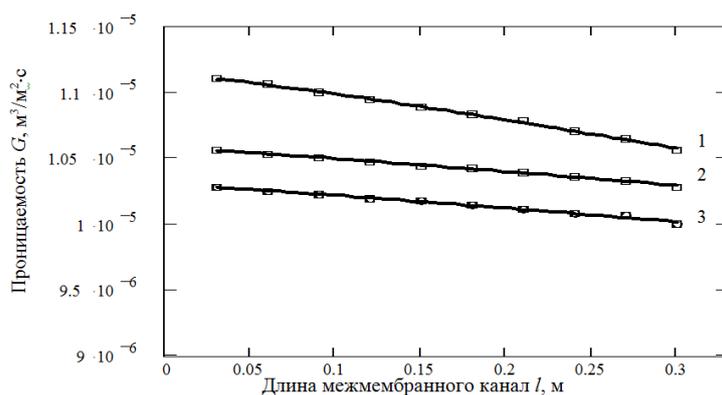
Рисунок 1 – Изменение концентрационной поляризации по длине межмембранного канала

На рисунках 2 и 3 представлены зависимости изменения селективности и проницаемости мембранного аппарата по длине межмембранного канала при различных скоростях потока.



Обозначения кривых: скорость потока: 1 – 0,1 м/с; 2 – 0,08 м/с; 3 – 0,03 м/с.

Рисунок 2 – Изменение селективности мембранного аппарата по длине межмембранного канала



Обозначения кривых: скорость потока: 1 – 0,1 м/с; 2 – 0,08 м/с; 3 – 0,03 м/с.

Рисунок 3 – Изменение проницаемости мембранного аппарата по длине межмембранного канала

Из рисунков видно, что предлагаемая конструкция мембранного аппарата позволяет значительно уменьшить образование концентрационной поляризации и повысить эффективность селективности и проницаемости аппарата при небольших скоростях потока.

Наилучшей с точки зрения снижения влияния концентрационной поляризации является использование предлагаемой конструкции. Идея конструирования заключалась в том, что максимально энергия должна тратиться на локальную турбулизацию жидкости, а не на ее объемное перемещение.

Изучена массообмен обессоливания природной и промышленной воды и найдена зависимость концентрационной поляризации от турбулентного движения и динамической скорости потока, а также зависимость проницаемости от времени и формы каналов. В результате исследований массопереноса определены оптимальные параметры процесса, влияющие на эффективность очистки, проницаемость и селективность мембранного разделения. Установлено влияние конструкций мембранных элементов состоящих из мембранных модулей на образование концентрационной поляризации.

Литература

1. Балабеков О.С., Сатаев М.И., Алтынбеков Р.Ф., Саипов А. Кинетика адсорбции растворенных веществ, контролируемая внутренним массопереносом //Труды межд. конф. «Процессы и аппараты химической технологии». - Шымкент,2001. - ч 1. - С.20-25.
2. Николаев Н.И. Диффузия в мембранах.- М.: Химия, 1980. - 232 с.
3. Сатаев М.И. Интенсификация гидродинамических характеристик и массопереноса при ультрафильтрации с целью снижения концентрационной поляризации //Вестник евразийского университета. - 2004, № 3. - С.186-193.

References

1. Balabekov O.S., Sataev M.I., Altynbekov R.F., Saipov A. Kinetika adsorbicii rastvorenykh veshhestv, kontroliruemaja vnutrennim massoperenosom //Trudy mezhd. konf. «Processy i apparaty himicheskoy tehnologii». - Shymkent,2001. - ch 1. - S.20-25.
2. Nikolaev N.I. Diffuzija v membranah.- M.: Himija, 1980. - 232 s.
3. Sataev M.I. Intensifikacija gidrodinamicheskikh harakteristik i massoperenosa pri ul'trafil'tracii s cel'ju snizhenija koncentracionnoj poljarizacii //Vestnik evrazijskogo universiteta. - 2004, № 3. - S.186-193.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОСТАВНОЙ САМОВСТРЯХИВАЮЩЕЙСЯ ЛОПАТКИ

RESEARCH EFFECTIVENESS COMPOSITE SCOOP SHAKING ITSELF

Алтухов А.В.¹, Балабеков О.С.², Волненко А.А.²
Altuhov A.V.¹, Balabekov O.S.², Volnenko A.A.²

¹Филиал «Восход» Московского авиационного института, Байконур, Россия
²Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан

¹Branch «Voskhod» Moscow aviation institute, Baikonur, Russia
²M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
alekzz60@mail.ru

Резюме:

Рассматриваются вопросы повышения эффективности процессов тепло и массообмена в барабанном сушильном агрегате за счет повышения равномерности распределения материала по поперечному сечению барабана и снижения количества налипающего материала высокой влажности при его сушке. Предложена конструкция составной подвижной насадки. Приведены результаты исследований эффективности предложенной насадки.

Abstract:

The questions of increase of efficiency of processes are examined warm and mass-transfer in a drum drying aggregate due to the increase of equitability of material on the crossrunner of drum and decline of amount of sticking material of high humidity at his drying. The construction of component component movable attachment offers. Results over of researches of efficiency of an offer attachment are brought.

Ключевые слова: теплообмен, массообмен, сушка, влажность, сушильный барабан, процесс, лопатка.

Keywords: heat exchange, mass-transfer, drying, humidity, drying drum, process, shoulder-blade.

В настоящее время большое количество барабанных аппаратов работают с внутренним пересыпным устройством в виде периферийных лопаток различных типов. Экспериментальные исследования проводимые с Г-образными лопатками показали, что падающий с лопаток материал распределяется по поперечному сечению весьма неравномерно, а это значительно снижает эффективность процесса тепломассообмена в аппарате. Кроме того, как показывает практика, при сушке материалов с высокой начальной влажностью наблюдается налипание материала на пересыпные лопатки внутреннего распределительного устройства барабана. При этом увеличивается вес внутреннего устройства, что отрицательно сказывается на необходимой для вращения барабана мощности и, естественно, на затратах энергии на удаление влаги из материала.

На основе обработки экспериментальных данных разработана конструкция периферийной составной самовстряхивающейся насадки, устанавливаемой внутри барабана и позволяющей распределять падающий материал по поперечному сечению

аппарата таким образом, чтобы снизить возможность образования застойных зон, где агент сушки, проходя вдоль барабана, не вступает в контакт с высушиваемым материалом.

Самовстряхивающаяся насадка включает (рис. 1, 2) стержни 1 с упорами 2, закрепленные к внутренней поверхности сушильного барабана 3, втулки 4, лопатки 5 и 6. Подвижная насадка сушильного барабана работает следующим образом. При вращении барабана 3 влажный материал, находящийся в завале, подхватывается лопатками 5 и 6. Поскольку при выходе из завала лопатки 5 и 6 находятся в плотно прижатом состоянии к друг другу и к барабану, то частицы материала начинают сыпаться через кромку А лопатки 6.

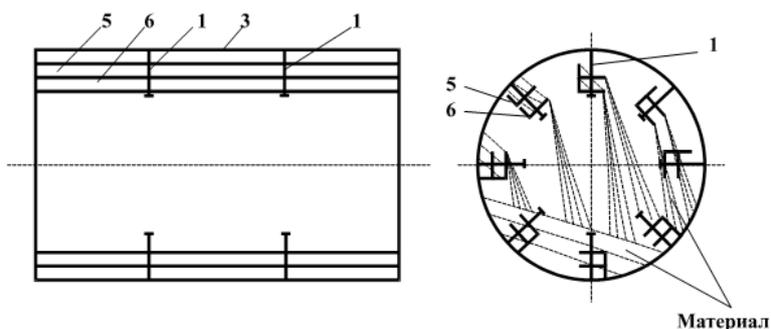


Рисунок 1 – Продольное и поперечное сечение сушильного барабана с подвижной насадкой

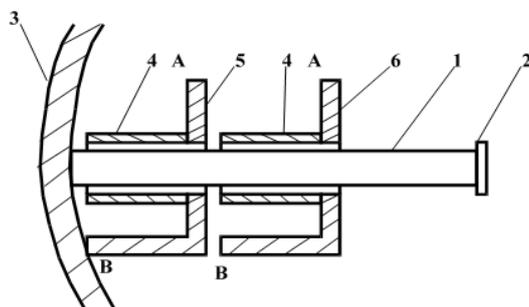
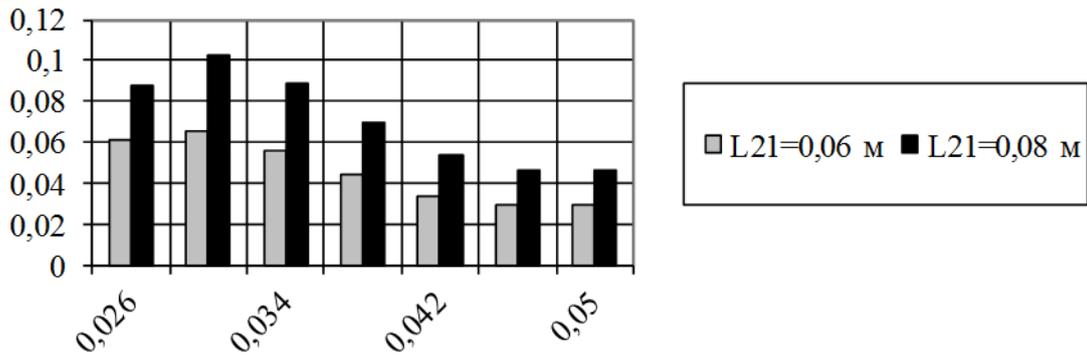


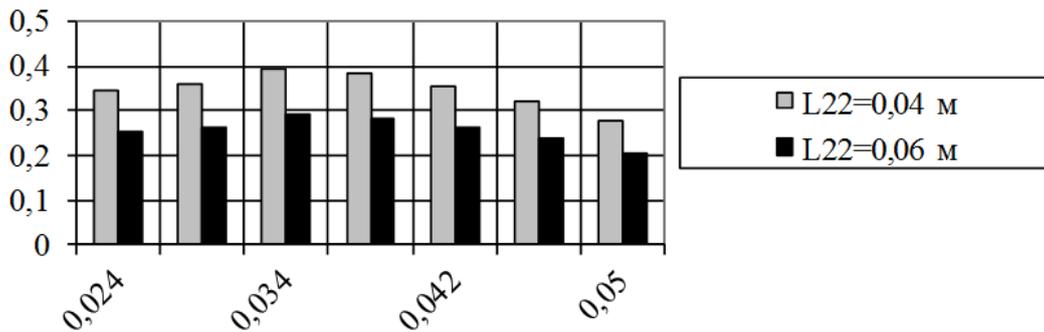
Рисунок 2 – Составная самовстряхивающаяся насадка

Экспериментальные исследования влияния ширины первой лопасти показали (рис. 3), что изменение L_{21} в пределах до 0,034 м при постоянных остальных параметрах приводит к повышению равномерности распределения материала по сечению барабана, а с дальнейшим возрастанием ширины первой лопасти значение коэффициента равномерности K_p снижается. Характер кривых идентичен при различных значениях L_{21} , но при высоте $L_{21} = 0,08$ м величина K_p выше чем при $L_{21} = 0,06$ м.



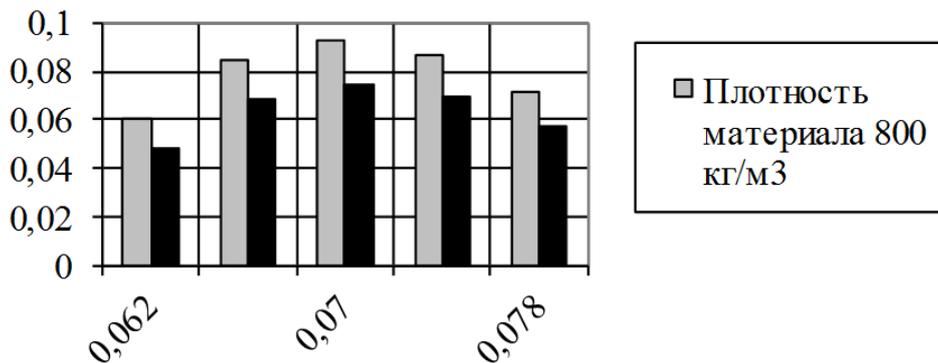
Ось абсцисс - ширина 1-ой лопатки L_{21} , м. Ось ординат - коэффициент равномерности.
 При $L_{12}=0,06$ м; $L_{22}=0,05$ м.

Рисунок 3 - Зависимость коэффициента равномерности от ширины 1-ой лопасти.



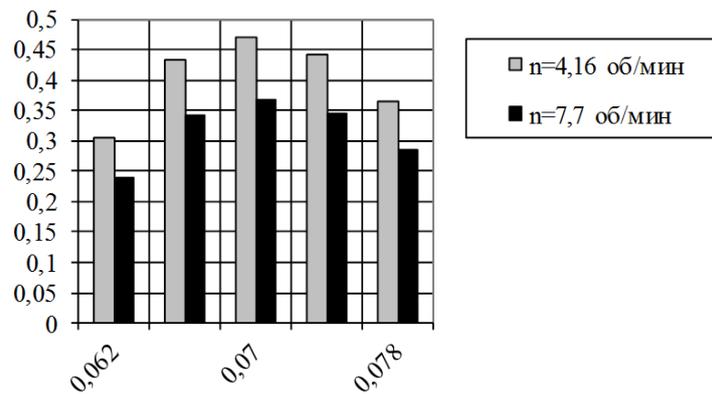
Ось абсцисс - ширина 2-ой лопатки, м. Ось ординат - коэффициент равномерности.
 При $L_{11}=0,07$ м; $L_{21}=0,035$ м.

Рисунок 4 - Зависимость коэффициента равномерности от ширины 2-ой лопасти



Ось абсцисс - высота 1-ой лопатки L_{11} , м. Ось ординат - коэффициент равномерности.
 При $L_{12}=0,06$ м; $L_{22}=0,05$ м.

Рисунок 5 - Зависимость коэффициента равномерности от высоты 1-ой лопатки

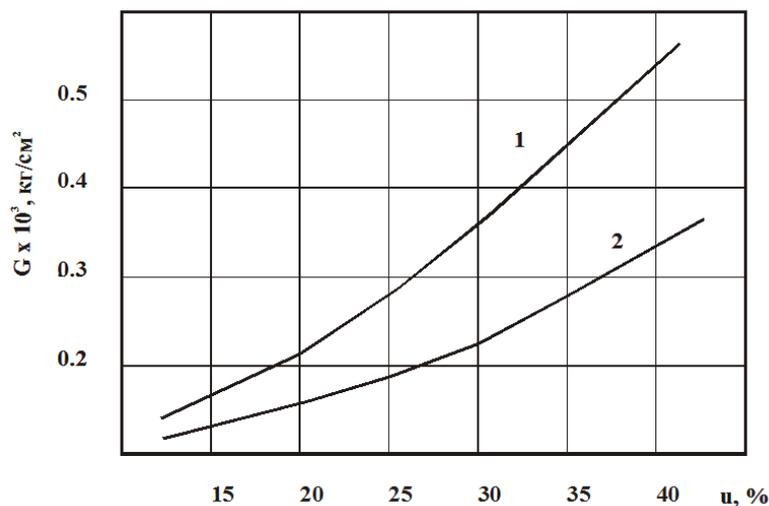


Ось абсцисс - высота 1-ой лопатки L_{11} , м. Ось ординат - коэффициент равномерности. При $L_{12}=0,06$ м; $L_{22}=0,05$ м.

Рисунок 6 - Зависимость коэффициента равномерности от высоты 1-ой лопатки

При варьировании ширины второй лопасти гистограмма также имеет (рис. 4) экстремальную точку при $L_{22} = 0,034$ м. Не трудно видеть, что в данном случае материал распределяется по сечению барабана более равномерно при меньшей высоте второй лопатки.

Гистограмма функции $K_p=f(L_{11})$ также имеет (рис. 5) экстремальную точку при $L_{11}=0,07$ м при различной плотности материала. Причем, эта тенденция сохраняется при изменении скорости вращения материала (рис. 6).



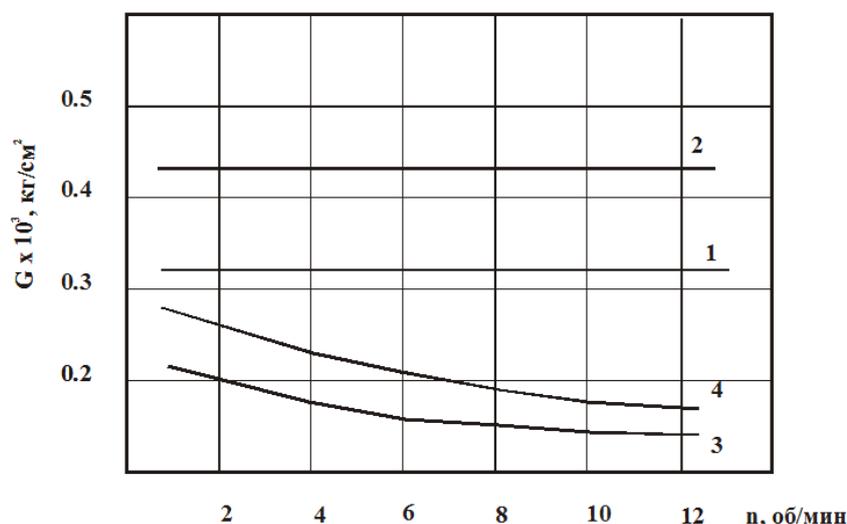
Обозначение кривых: 1 – неподвижная стандартная г-образная лопатка; 2 – одноэлементная самовстряхивающаяся г – образная лопатка.

Рисунок 7 - Зависимость количества налипающего на лопатку материала от его влажности.

С целью определения эффективности использования разработанной нами самовстряхивающейся насадки в условиях сушки материалов с высоким начальным влагосодержанием были проведены экспериментальные исследования, с использованием в качестве исследуемого материала поваренная соль.

В результате исследований зависимости количества налипающего на лопатки материала G от его влажности выявлено, что при повышении влажности материала u в исследованных пределах (15... 40%) G также повышается (рис. 7) как при

использовании неподвижной стандартной г-образной лопатки, так и при использовании самовстряхивающейся одноэлементной лопатки. Причем, в первом случае при изменении u в интервале от 15% до 40% G увеличивается в большей степени и ΔG составляет практически 400%.



Обозначение кривых: 1 - неподвижная стандартная г-образная лопатка при $u=25\%$; 2 - неподвижная стандартная г-образная лопатка при $u=40\%$; 3 - одноэлементная самовстряхивающаяся г-образная лопатка при $u=25\%$; 4 - одноэлементная самовстряхивающаяся г-образная лопатка при $u=40\%$.

Рисунок 8 - Зависимость количества налипающего на лопатку материала от скорости вращения барабана.

Из рисунка также видно, что количество налипающего материала на самовстряхивающую подвижную лопатку значительно меньше, чем на неподвижную лопатку. Анализ графиков, изображенных на рисунке 7 показывает, что разность значений G_1 и G_2 растет с повышением влажности материала. Так, при $u=15\%$ ΔG составляет $0.05 \cdot 10^{-3}$ кг/см², а при $u=40\%$ $\Delta G = 0.2 \cdot 10^{-3}$ кг/см².

На рисунке 8 представлены результаты исследований функции $G=f(n)$ при влажности материала $u=25\%$ и $u=40\%$. Из рисунка видно, что количество налипающего материала на стандартную неподвижную г-образную лопатку практически не изменяется с возрастанием скорости вращения барабана n . В то же время в аппарате с самовстряхивающейся лопаткой повышение скорости n влечет за собой снижение G .

Так, в случае обработки поваренной соли с влажностью $u=40\%$ при $n=2$ об/мин количество налипающего материала составляет $0.275 \cdot 10^{-3}$ кг/см², то при $n=12$ об/мин $G=0.18 \cdot 10^{-3}$ кг/см². Практически такая же тенденция наблюдается и при сушке материала с начальной влажностью 25%. Однако, при этом количество G имеет значения ниже на 20...25%.

Кроме того, были проведены исследования с целью выявления влияния количества подвижных элементов самовстряхивающейся насадки на количество налипающего на них материала. Результаты показали, что наибольшая величина G наблюдается у одноэлементной лопатки. А наиболее эффективна в этом плане двухэлементная лопатка.

Таким образом, полученные результаты показали, что самовстряхивающиеся лопатки не только более равномерно распределяют высушиваемый материал по

поперечному сечению барабана, но и более эффективны при обработке высоковлажных материалов и материалов, склонных к налипанию.

Последнее связано с тем, что в момент возврата подвижных элементов в исходное положение, т.е. в состояние прижима лопатки к обечайке барабана, лопатки ударяются об обечайку и друг об друга, вследствие чего происходит отбивание налипшего на лопатки материала.

Литература

1 Алтухов А.В., Балабеков О.С., Балабеков М.О., Нурунбетова И.Т. Насадка сушильного барабана. Предварительный патент РК №10816, Оpubл. 15.10.2001.

References

1 Altuhov A.V., Balabekov O.S., Balabekov M.O., Nurunbetova I.T. Nasadka sushil'nogo barabana. Predvaritel'nyj patent RK №10816, Opubl. 15.10.2001.

УДК 66.048.1:66.011

UDK 66.048.1:66.011

ОБ ОДНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПИРОЛИЗА ПОЛУЧЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ ON ONE MATHEMATICAL MODEL OF CATALYTIC PYROLYSIS OF NANOMATERIALS

**Исмаилов Б.Р., Шарафиев А.Ш., Исмаилов Х.Б., Мелдебекова С.К.
Ismailov B.R., Sharafiev A.Sh., Ismailov Kh.B., Meldebekova S.K.**

Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, Шымкент,
Казахстан

M.Aueзов South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

ismailb@mail.ru

Резюме

В настоящее время при построении математического описания реакции каталитического пиролиза используются дифференциальные уравнения в частных производных для компонентов газовой фазы и фазы катализатора. В известных работах по моделированию пиролиза полученные модели применимы только для узкого диапазона изменений параметров процесса, геометрические размеры считаются постоянными [1-5]. В статье ставится задача создания комплексной математической модели с дополнительными членами, учитывающие нелинейные эффекты, геометрические размеры аппарата и режимные характеристики меняются в широком диапазоне. Включаем в модель дополнительный член, учитывающий изменения концентраций компонентов газовой фазы за счет $(\alpha_{i-1}C_{i-1} + \beta_{i+1}C_{i+1})$, т.е. концентраций промежуточных радикалов. В этой статье мы разработали метод для реализации математической модели каталитического пиролиза метана для производства наноматериалов в периодическом и непрерывном режиме. Дифференциальное уравнение для газообразных компонентов с начальными и граничными условиями третьего типа сводится к безразмерной форме с критерием Пекле с фактором формы. Показано, что метод преобразования Лапласа в основном подходит для этого случая, который применим как для дифференциальных уравнений

для твердофазных компонентов, так и для расчета в периодическом режиме. Была проведена проверка адекватности результатов модели с известными экспериментальными данными.

Abstract

Currently, differentiated equations in the quotient derivative for the gas phase and catalyst phase constituents are employed for the mathematic description designing of the pyrolyze reactor. According to the published investigations concerning the pyrolyze modeling the obtained models are applicable only for the narrow range of the process operation factors changes, geometrical sizes are constant [1-5]. The article is aiming at the development of the complex mathematic model with the optional terms, allowing for the non-linear effects, the device geometric sizes and regime behavior are changed in the wide range. An optional term is included, allowing for the gas phase constituents concentrations changes at the expense of $(\alpha_{i-1}C_{i-1} + \beta_{i+1}C_{i+1})$, i.e. concentrations of the interim radicals. In this paper we developed a method for implementing a mathematical model of the methane catalytic pyrolysis to produce nanomaterials in periodic and continuous mode. The diffusion differential equation for the gaseous components with initial and boundary conditions of the third type is reduced to a dimensionless mode with the Peclet and form factors. It is shown that the Laplace transform method is mostly appropriate for this case, which is applicable both for the differential equations for the solid-phase components and for calculating the periodic mode. The adequacy of the resulting solution with known experimental data has been checked. In this paper we developed a method for implementing a mathematical model of the methane catalytic pyrolysis to produce nanomaterials in periodic and continuous mode. The diffusion differential equation for the gaseous components with initial and boundary conditions of the third type is reduced to a dimensionless mode with the Peclet and form factors. It is shown that the Laplace transform method is mostly appropriate for this case, which is applicable both for the differential equations for the solid-phase components and for calculating the periodic mode. The adequacy of the resulting solution with known experimental data has been checked.

Ключевые слова: математическое моделирование, каталитический пиролиз, периодический и непрерывный режим, преобразование Лапласа.

Keywords: mathematical modeling, catalytic pyrolyze, periodic and continuous mode, Laplace transform.

В последние годы значительно возрос интерес к наноматериалам (далее-НМ) на основе углерода, которые обладают рядом уникальных свойств. Перспективные трубчатые формы углерода с их оригинальными свойствами были обнаружены в середине 20-века [1], но резонанс вокруг этой формы углерода возник после публикации в 1991г. работы японского ученого С. Иидзимы [2]. Перспективы использования углеродных НМ в различных областях технологии и методы исследования приведены в работах [4-5].

Структура дифференциальных уравнений [5], часто применяемых при описании пиролиза позволяют включить в них выражения, учитывающие влияние промежуточных концентраций радикалов, соответственно этапам преобразования сырья до готового НМ. Если в гидродинамических процессах преобладают динамические составляющие (скорость, завихренность, давление и др.) [6-7], то в диффузионных - скорости формирования i -компонента в реакции.

Дифференциальное уравнение для концентрации компонентов в процессе каталитического пиролиза в двумерной постановке в периодическом режиме имеет вид [6-7]:

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} + v_1 \frac{\partial C_i}{\partial x} = D_i \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} + D_i \frac{\partial^2 C_i}{\partial r^2} + \frac{D_i}{r} \frac{\partial C_i}{\partial r} + J_i,$$

$$\begin{aligned}
C_i(t=0, x, r) &= C_i^0(x, r), \\
\{C_i(x=0, r) &= C_i^L(r), \\
\frac{\partial C_i}{\partial x} \Big|_{x=l} &= 0, \\
D_i \frac{\partial C_i}{\partial r} \Big|_{r=0} &= \sum_{j=1}^{M_2} \nu_j^i W_j, x = l_{ap} / 2, \\
D_i \frac{\partial C_i}{\partial r} \Big|_{r=0} &= 0 \text{ если } x \neq l_{ap} / 2, \\
D_i \frac{\partial C_i}{\partial r} \Big|_{r=D_{ap}/2} &= 0,
\end{aligned}$$

где l_{ap} , D_{ap} - длина и диаметр аппарата, м; \tilde{N}_i^L -исходная концентрация газового компонента на входе в реактор, моль/м³; $\sum_{j=1}^{M_2} \nu_j^i W_j$ -сумма скоростей образования и расходования i -компонента газовой фазы по реакциям, протекающим на поверхности катализатора, моль/(м³ .с); ν_j^i -стехиометрический коэффициент i -компонента газовой фазы в j -поверхностной реакции; W_j -скорость j -поверхностной реакции, моль/(м³ .с); (1)- модифицированная система уравнений для концентраций газовых компонентов с дополнительным членом, учитывающим влияние концентраций промежуточных радикалов; (2)-начальные условия; (3), (4), (5), (6), (7) -граничные условия для уравнения (1), учитывающие приток реагентов в аппарат вместе с исходной смесью, приход-уход газофазных компонентов в результате реакций на катализаторе, расположенного в центре аппарата [5].

Уравнение изменения концентраций компонентов дисперсной фазы:

$$\frac{\partial \tilde{N}_{k,i}}{\partial t} = J_{k,i},$$

где $\tilde{N}_{k,i}$ -поверхностная концентрация компонента твердой фазы, приведенная к единице массы катализатора, моль/кг; $J_{k,i}$ -скорость образования или расходования i -компонента дисперсной фазы по реакциям, протекающим на поверхности катализатора, моль/(кг.с).

Начальное условие для уравнения (8) имеет вид:

$$C_{k,i}(t=0) = C_{k,i}^0,$$

где $C_{k,i}^0$ -концентрация i -компонента дисперсной фазы в начальный момент времени, моль/кг (в начальный момент времени концентрация всех компонентов дисперсной фазы равны нулю, активность катализатора максимальна). Включаем в модель дополнительный член, учитывающий изменения концентраций компонентов газовой фазы за счет $(\alpha_{i-1}C_{i-1} + \beta_{i+1}C_{i+1})$, т.е. концентраций промежуточных радикалов. Тогда модифицированное уравнение каталитического пиролиза имеет следующий вид:

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} + \nu_1 \frac{\partial C_i}{\partial x} = D_i \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} + D_i \frac{\partial^2 C_i}{\partial r^2} + \frac{D_i}{r} \frac{\partial C_i}{\partial r} + (\alpha_{i-1}C_{i-1} + \beta_{i+1}C_{i+1}) + J_i \quad (1)$$

Для удобства решения и сопоставления результатов с результатами других авторов, переходим к безразмерным переменным: пусть x^* - характерный линейный

размер аппарата; c_i^* - среднее значение концентрации компонента; t^* - среднее время проведения процесса; r^* - характерное значение радиального направления.

Тогда безразмерное уравнение имеет вид:

$$\frac{\partial \bar{c}_i}{\partial \bar{t}} + R_x \frac{\partial \bar{c}_i}{\partial \bar{x}} = K_{xi} \frac{\partial^2 \bar{c}_i}{\partial \bar{x}^2} + K_{ri} \left(\frac{\partial^2 \bar{c}_i}{\partial \bar{r}^2} + \frac{1}{\bar{r}} \frac{\partial \bar{c}_i}{\partial \bar{r}} \right) + \bar{\alpha}_{i-1} \bar{c}_{i-1} + \bar{\beta}_{i+1} \bar{c}_{i+1} + \bar{J}_i, \quad (2)$$

$R_x = \frac{t^* v_1}{x}$ - безразмерное число, характеризующее длину аппарата; K_{xi} , K_{ri} - параметры

диффузии компонентов по x , r ; $\bar{\alpha}_{i-1} = \frac{\alpha_{i-1} t^*}{c_{i-1}^*}$, $\bar{\alpha}_{i+1} = \frac{\beta_{i-1} t^*}{c_{i+1}^*}$ - безразмерные

коэффициенты концентраций; $\bar{J}_i = \frac{J_i t^*}{c_i}$ - относительная скорость формирования i -

компонента в реакции в газовой фазе; по смыслу обозначений- $\bar{\alpha}_0 = 0$, $\beta_{N+1} = 0$.

Начальные и граничные условия (2)-(7), уравнения и условия для твердой фазы остаются практически неизменными. На первом этапе мы рассмотрим более простой режим - непрерывный. Уравнение изменения концентрации в газовой фазе компонента имеет форму [3-4]:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + v_1 \frac{\partial c}{\partial x} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + J^*, \quad 0 < x < l, \quad 0 < t < T,$$

Начальное условие:

$$c(x, 0) = c^0(x),$$

Граничные условия:

$$c(0, t) = c_v - \text{т.е. концентрация на входе аппарата}, \quad (3)$$

$\frac{\partial c}{\partial x} \Big|_{x=l} = 0$ - концентрация на конце аппарата не изменяется.

Здесь l - длина аппарата, м; D - диаметр аппарата, м; c - концентрация газового компонента в реакторе, моль / м³; J^* - скорость образования или расхода компонента в газовой фазе, моль / (м³ • с). Для удобства расчетов, желательно перейти к безразмерным переменным, выбрав для каждого из них характерные значения. После преобразований получим (черточки опущены):

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial c}{\partial x} = Pe^{-1} \cdot F \cdot \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + J,$$

где Pe - критерий Пекле; F - геометрический фактор формы аппарата; J - безразмерная скорость образования газовой фазы компонентов для реакции, протекающей на поверхности катализатора (постоянная величина в изотермической постановке задачи).

Начальное условие:

$$c(x, 0) = c^0(x).$$

В частном случае в (16) можно взять

$$c^0(x) = c_0 = const. \quad (4)$$

Граничные условия:

$$c(0, t) = c_{in} - \text{концентрация на входе},$$

$\frac{\partial c}{\partial x} \Big|_{x=l} = 0$ - концентрация на конце аппарата не изменяется.

Если $c^0(x) = 0$, то задача формулируется в следующем виде:

$$b \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - \frac{\partial c}{\partial x} - \frac{\partial c}{\partial t} = -J,$$

$$v(0) = 0,$$

$$\frac{\partial c}{\partial x} \Big|_{x=1} = 0.$$

Задачу решаем применением преобразования Лапласа:

$$L(c(x, t), x, t) = v = \int_0^{\infty} e^{-pt} c(x, t) dt,$$

где p – число, с достаточно большой положительной вещественной частью, чтобы сходиллся интеграл. Применяя преобразование Лапласа к уравнениям (3) - (4), получаем следующую краевую задачу для обыкновенного дифференциального уравнения:

$$b \frac{d^2 v}{dx^2} - \frac{dv}{dx} - pv = -\frac{J}{p},$$

$$v(0) = 0,$$

$$\frac{\partial v}{\partial x} \Big|_{x=1} = 0.$$

Характеристическое уравнение для однородного уравнения (4) запишем следующим образом:

$$bk^2 - k - p = 0,$$

где $k_{1,2} = \frac{1 \pm \sqrt{1 + 4bp}}{2b}$.

$$\text{Пусть } \alpha = \frac{1 + \sqrt{1 + 4bp}}{2b}, \beta = \frac{1 - \sqrt{1 + 4bp}}{2b}. \quad (5)$$

$$\text{Тогда } v(x) = c_1 e^{\alpha x} + c_2 e^{\beta x}. \quad (6)$$

Находим частное решение неоднородного уравнения (4).

$$\text{Пусть } \bar{v} = z, \text{ тогда } -pz = -\frac{J}{p}, z = \frac{J}{p^2}.$$

Таким образом, общее решение задачи (4)-(5) имеет вид:

$$v(x, p) = c_1 e^{\alpha x} + c_2 e^{\beta x} + \frac{J}{p^2}.$$

Применяя граничные условия (5)-(6), получаем уравнения

$$c_1 + c_2 = -\frac{J}{p^2}, \quad c_1 \alpha + c_2 \beta = 0.$$

Решениями системы (31) являются следующие числа:

$$c_1 = -\frac{\beta J}{p^2(\beta - \alpha)}, \quad c_2 = \frac{\alpha J}{p^2(\beta - \alpha)}.$$

Тогда искомая функция равна:

$$v(x, p) = \frac{J}{p^2(\beta - \alpha)} (\alpha e^{\beta x} - \beta e^{\alpha x}) + \frac{J}{p^2}.$$

Для дальнейших расчетов примем во внимание следующее соотношение:

$$\beta - \alpha = -\frac{\sqrt{1 + 4bp}}{b}.$$

Тогда можно записать:

$$v(x, p) = \frac{Jb}{p^2 \sqrt{1+4bp}} (\beta e^{\alpha x} - \alpha e^{\beta x}) + \frac{J}{p^2}.$$

Выполним обратное преобразование Лапласа:

$$c(x, t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{-i\infty}^{i\infty} v(x, p) e^{pt} dp.$$

Для вычисления интеграла в мы используем теорию вычетов.

$$\frac{1}{2\pi i} \int_{-i\infty}^{i\infty} v(x, p) e^{pt} dp = \sum_{i=1}^N \text{rez}_i F(p).$$

Для функции $v(x, t)$:

$$\text{rez } f(z) = \frac{d}{dp} \left(\frac{1}{p^2} v(x, p) e^{pt} \right) = \frac{d}{dp} \left(Jb \frac{\beta e^{\alpha x + pt} - \alpha e^{\beta x + pt} + J e^{pt}}{\sqrt{1+4bp}} \right). \quad (7)$$

Производные по α и β вычисляем по формулам (28).

$$\frac{d\alpha}{dp} = \frac{1}{\sqrt{1+4bp}}, \quad \frac{d\beta}{dp} = -\frac{1}{\sqrt{1+4bp}}.$$

В точке полюса $p = 0$ получим следующее решение

$$c(x, t) = Jb \left(1 - e^{\frac{x}{b}} - \frac{t-x}{b} \right).$$

Представленный подход мы применили к задаче нахождения концентрации компонентов системы с катализатором Ni/MgO по длине аппарата. В таблице представлено изменение концентрации в установившемся режиме протекания процесса.

Таблица изменений концентрации компонентов системы с катализатором Ni/MgO по длине аппарата. x -расстояние от входа в аппарат. C_1 -данные работы Ракова Э.Г., C_2 -расчет по настоящей работе.

x	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
C_1	0,46	0,48	0,53	0,69	0,81	0,93	0,96
C_2	0,50	0,50	0,51	0,67	0,80	0,95	0,98

Литература

1. Радужкевич Л.В., Лукьянович В.М. О структуре углерода, образующегося при термическом разложении окиси углерода на железном контакте. //Жур.физ.хим.1952,XXVI,89.
2. Iijima S. Helical microtuules of grafitic carbon. //Nature, 1991, т.1, №3, с. 354-369.
3. В. Елецкий. Углеродные нанотрубки и их эмиссионные свойства, //УФН, 2002 г., т. 172, № 4, с. 401-416.
4. Э.Г. Раков. Пиролитический синтез углеродных нанотрубок и нановолокон. //Рос.хим.ж., т.48, №5, 2004,с.12-20.
5. I.S. Nenaglyadkin, S.Yu. Tsavera, E.G. Rakov. Mathematical simulation of catalitical pyrolysis for carbon nanotubes obtaining. / 4th European Congress of Chemical Engineering, ECCE-4,2003,Granada, Spain,Topic 10 Abstracts, Booc 9, pp.161-162.
6. В. Ismailov, A.Urmatova, Kh. Ismailov, Mathematical Modelling and Calculation of Gas in Multistage Channals. //Applied Mathematical Sciences, Vol. 7, 2013, №o. 132, 6571 – 6582.

7.B. Ismailov, Kh. Ismailov, A. Urmatova, Mathematical Modelling, Dynamic and Mass-Transfer Calculation of Gas-Drop Mixture in the Mass-Transfer Apparatus Multistage Channels. // Applied Mathematical Sciences, Vol. 8, 2014, №. 92, 4561 – 4570.

References

1. Radushkevich L.V., Lukyanovich V.M. On the structure of the carbon generated by the thermal decomposition of carbon monoxide in the iron contact // Journal of Phys.Him.journal, 1952, XXVI, 89.

2. Iijima S. Helical microtuules of grafitic carbon. //Nature, 1991, т.1, №3, pp. 354-369.

3. V. Eletskaa. Carbon nanotubes and their emission properties, //UFN, 2002, 172, № 4, pp. 401/416.

4. E.G. Rakov. Pyrolytic synthesis of carbon nanotubes and nanofibers.// Rus.Him.Journal, 48, №5, 2004, pp.12-20.

5. I.S. Nenaglyadkin, S.Yu. Tsavera, E.G. Rakov. Mathematical simulation of catalitical pyrolysis for carbon nanotubes obtaining./ 4th European Congress of Chemical Engineering, ECCE-4,2003,Granada, Spain,Topic 10 Abstracts, Booc 9, pp.161-162.

6. B. Ismailov, A.Urmatova, Kh. Ismailov, Mathematical Modelling and Calculation of Gas in Multistage Channals. // Applied Mathematical Sciences, Vol. 7, 2013, №. 132, pp.6571 – 6582.

7.B. Ismailov, Kh. Ismailov, A. Urmatova, Mathematical Modelling, Dynamic and Mass-Transfer Calculation of Gas-Drop Mixture in the Mass-Transfer Apparatus Multistage Channels. //Applied Mathematical Sciences, Vol. 8, 2014, №. 92, pp.4561 – 4570.

УДК 662.765:66.046.44

UDC 662.765:66.046.44

ТҮЙІРШІКТЕЛГЕН КӨМІР ҚАЛДЫҚТАРЫН ЗЕРТТЕУ СИПАТТАМАСЫ

RESEARCH GRANULYATSIONNYKH OF CHARACTERISTICS OF THE COAL TRIFLE

**Қорғанбаев Б.Н., Серманизов С.С., Ержанов Н.А., Хусанов Н.С.
Korghanbaev B.N., Sermanyzov S.S., Yerzhanov N.A., Khusanov N.S.**

М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан Мемлекеттік университеті, Шымкент, ҚР

Аймақтық әлеуметтік-инновациялық университеті, Шымкент, ҚР

Халықаралық гуманитарлық-техникалық университеті, Шымкент, ҚР

South Kazakhstan State University of M.Aueзов, Shymkent, Republic of Kazakhstan

Regional social and innovative university, Shymkent, Republic of Kazakhstan

International Humanitarian Technical University, Shymkent, Republic of Kazakhstan

E-mail: ernur-75@mail.ru

Түйін

Мақалада көмір кенорны қалдықтарынан алынған көмір түйіршіктерінің түйіршіктегіш сипаттамасын зерттеу қарастырылады. Ленгір көмір кенорны қалдықтарында құрамында 50% көмір қалдықтары бар. Нормативті талаптарға сай көмір шаңының тастандылары көрсеткендей шектік концентрациясы 0,05 мг/м-нан аспауы керек және ол қауіптіліктің 2-ші класына жатқызылады, осыған байланысты Ленгір

қаласы аймағында орналасқан көмір қалдықтары тұрғылықты халыққа әрдайым әсерлі болады. Қалдықтардағы көмір құрамын есепке алсақ, олардың ұсақ дисперстілігі және шашылғыштығы біздің көзқарасымызда түйіршіктелген түрде отын мақсатында пайдалануға болады. Ленгир қойнауындағы қалдықтарды зерттеу бойынша оның жарамдылығы түйіршіктелген түрде отын мақсатында пайдалануға пайдалы екенін көрсетті. Сол себепті тиімділігін жоғарылату мақсатында, оның әр-түрлілігін, жылусыйымдылығын, жеңіл еруімен түсіндіріледі. Осыған орай өнім ретінде шахта қалдықтарын пайдалану, түйіршіктелген түрде іске асыру, бірден-бір процестерінің бірі болып табылады. Сол себепті көмір қалдықтарын ылғалдандыру процесі екі деңгейге бөлінеді: қалдықтарды түйіршіктеу коэффициентін Витюгин әдісімен және зертханалық табақшалы түйіршіктеуді анықтау түйіршіктеу коэффициентін пайдаланумен анықтау.

Abstract

In article research the granulyatsionnykh of characteristics of the coal granules received from waste of coal fields is considered. In waste of the Lengersky coal field the content of coal makes about 50%. According to the standard requirements imposed to emissions of coal dust, maximum-permissible their concentration shouldn't exceed 0,05 mg/m and belong to the 2nd class of danger, in this regard presence in the territory of Lenger of coal dumps represent constantly operating threat for health of the local population. Researches on processing of ugleotval of the Lenger field showed suitability of such waste for use them as the granulated fuel. Thus increase of efficiency of fuel is explained by increase in its thermal capacity due to existence in them of breed and their easily fusibility. Because use as raw materials for receiving fuel because of insufficient plastic properties of waste of mines, its granulation is important technological process as waste of mines is nonplastic material. In this regard in the course of moistening of coal withdrawal process of a granulation needs to be carried out to two stages: determination of coefficient of a granulation of waste Vityugin's by method and definition in the laboratory dish-shaped granulator of an exit of granules of waste with use of coefficient of granulation.

Кілттік сөздер: көмір, түйіршіктеу, қалдық, кенорны, отын, түйіршіктегіш, түйіршік, қасиет

Key words: coal, granulation, withdrawal, field, fuel, granulator, granule, property

Қазіргі таңда дүниежүзінде көмірді қазу жылына 2025 млн. тоннаны құрайды. Сонымен қатар әрбір қазылған тонналаған көмірден 2,5 тонна шикі көмір қалдықтары пайда болады [1]. Көмір шахталы және ашық түрде алынады. Осыған қарамастан көмірді шахталы өңдеу тәсіліне қарағанда, ашық жағдайда өңдеу қарқын алып барады. Сол себепті көмір кенорындарында көмір қалдықтарының түрлері көбеюде.

Көмір кенорындарын ашқан кезде, беткі бетінде қалдық түрлері кездеседі, алевролиттер, аргиллиттер, суглинкалар лай-топырақты түрлері келтірілген. Мысалы, Ангрен көмір кенорнында (Өзбекстан Республикасы) беттік жұмыстарды ашу кезінде кварцты құмдар және отқа төзімді каолинділайлы түрлері кездеседі. Көмір кенорындарында жетілмеген көмір қалдықтары өз кезегінде екі түрі болады: жекелеген ашу түрлерінде және ішкі ашу жұмыстарында. Жекелеген көмір түрлерін және ішкі жұмыстарын ашу кезінде жетілмеген көмір қалдықтары алынып тасталады. Екібастұз көмір бассейнінде 3 млн. тонн. астам, ашу кезіндегі қалдықтардың арқасында жоғалуда. Беттік ашу және ішкі ашу кезіндегі пайда болған көмір қалдықтарын сақтау, көмір қалдықтарының жануынан, қоршаған ортадағы топырақты, ауаны 2-3 км радиуста ластайды [2].

Көмір өнеркәсібінде үш бағытта қалдықтарды өңдеу қарастырылады:

- қалдықтарды қайтадан байыту;

- үйлестірілген байыту әдісін түзу, құрамындағы қалдықтарды аз пайдалану;
- басқа да өнеркәсіп қалдықтарын пайдалану, Мысалы, құрылыс материалдар өнеркәсібі қалдықтарын шикізат ретінде пайдалана отырып, керамикалық кірпіш алу, шыны, аглопорит, керамзит, цемент және т.б.

Қазіргі таңда шетелдермен өз елімізде көмір қалдықтарын өнеркәсіптерінде байыту кеңінен қолдануда. Осы әдіс жағдайы бойынша іске асыру үшін шнекті сепаратор құрылғысын пайдалануда. Мұндай сепараторларда көмір қалдықтарын қайта өңдеу және 1,5 млн. тоннаға дейін көмір тауарын алады. Днепропетровск ғылыми-зерттеу көмір кен байыту институтында (Украина) цех жобасы қарастырылған, онда көмірмен онан отын алу технологиясы қарастырылған, отынды кен байыту 19 МДж/кг алынған өнімі болып заладан қиыршық тас болып табылады. Мұндай әдіс көмір өнеркәсібінде 4%-тей үнемдеуге болады. Мұндай түрлерді қатты отынды пайдалану гидроэлектростанцияларда 200 млн. теңге жылына үнемдеуге болады [1].

Аталған бағыт бойынша көмір өнеркәсібінде қалдықтарды өңдеу отын материалы ретінде ерекше пайдалануға болады [2-5]. Көмір қарсыластары отын ретінде, өңдеуде және жағу кезінде ұсақ көмір қалдықтары ретінде топырақ және зала алевролит құмдары және газды қалдықтар пайда болады. Ереже бойынша, олар тау жыныстары ретінде кездеседі, жойылмайды. Отын ретінде көмір қалдықтарын пайдалану, әдебиеттерде қораптардағы отын пайдаланады. Біздің пайымдауымызша көмір құрамының аз болуы, көмір шатқалдарында 10-30% -ды құрайды.

Көмір қалдықтарын пайдалану Шымкент қаласының шығысында 20 км жерде орналасқан Ленгір көмір кенорны шатқалдарына ерекше құмартушылық орын алуда. Ленгір кенорны сапалылық тұрғыдан Екібастұз бен Қарағанды көмір кенорындарынан кем емес, ал залалығы жөнінен 3,5 есе жақсы, (салыстырмалы түрде) 11,6% залалығы, 37,4% және 27,5% Екібастұзбен Қарағандыда. Ылғалдылығының құрамы 3,5 есе жоғары Екібастұзбен Қарағанды кенорнына қарағанда, мұндай жағдай кемшілігі болып саналмайды, оны алдын-ала ылғалсыз пайдалануға болады. Қазіргі таңда Ленгір қаласындағы көмір кенінде 2 млн. тоннадан астам көмір қалдықтары бар. Бұл қалдықтардың құрамында 50% көмір қалдықтары бар. Нормативті талаптарға сай көмір шаңының тастандылары көрсеткендей шектік концентрациясы 0,05 мг/м-нан аспауы керек және ол қауіптіліктің 2-ші класына жатады. Сол себепті қаладағы көмір қалдықтарының саны, Ленгір қаласындағы мекендеген халыққа әрдайым әсерлі болады. Қалдықтардағы көмір құрамын есепке алсақ, олардың ұсақ дисперстілігі және шашылғыштығы біздің көзқарасымызда түйіршіктелген түрде отын мақсатында пайдалануға болады. Біздің зерттеулер Ленгір қойнауындағы қалдықтарды зерттегенде, оның жарамдылығы түйіршіктелген түрде отын мақсатында пайдалануға пайдалы екенін көрсетті. Сол себепті тиімділігін жоғарылату мақсатында, оның әр-түрлілігін, жылусыйымдылығын, жеңіл еруімен түсіндіріледі.

Сол себепті өнім ретінде шахта қалдықтарын пайдалану, түйіршіктелген түрде іске асыру, бірден-бір процестерінің бірі болып табылады. Сол себепті көмір қалдықтарын ылғалдандыру процесі екі деңгейге бөлінеді:

1. Қалдықтарды түйіршіктеу коэффициентін Витюгин әдісімен анықтайды.

2. Зертханалық тарелкелі түйіршіктеуді анықтау түйіршіктеу коэффициентін пайдаланумен анықталады.

Дисперсті материалдарды түйіршіктеу өз бойына суды сіңіру, сіңірген су ылғалдылығының көлеміне байланысты. Материалдық пластикалық құрамы су молекуласының құрамында ұсталынып қалумен түсіндіріледі. Егер дисперсті материалда суды сіңіру төмен болса, онда молекулалық су сіңіру құрамы 0-ге жақын болады. Сол себепті кез-келген дисперсті материалдарды түйіршіктеу, оның су сіңіру құрамымен анықталады:

$$K = \text{МВП} / (\text{КВП} - \text{МВП}), \quad (1)$$

мұндағы: К – түйіршіктелу коэффициенті (түйіршіктеу);

МВП – молекулярлы су сіңіру құрамы;

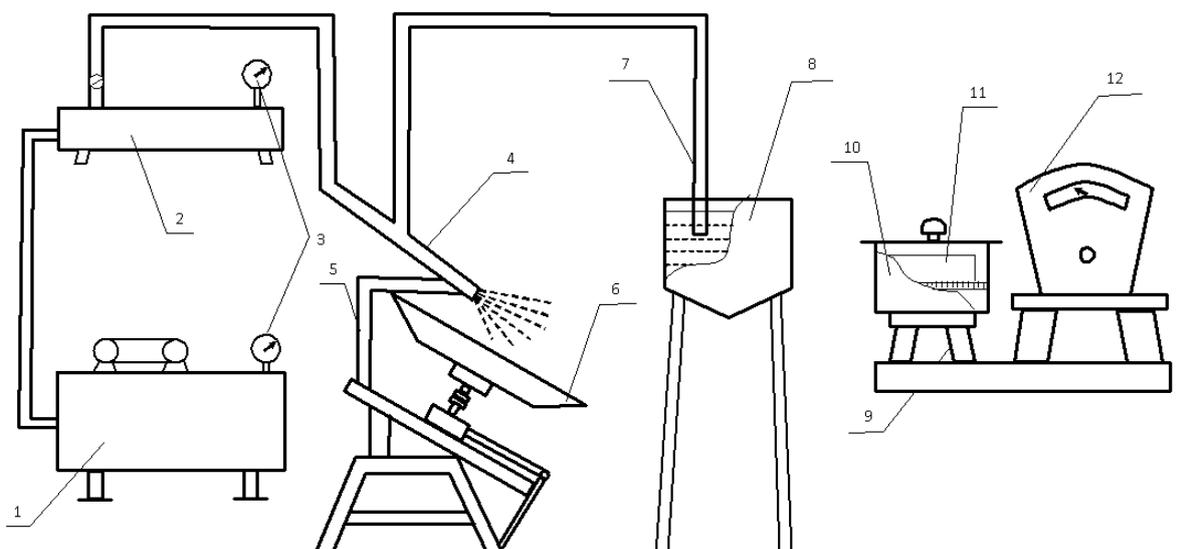
КВП – капиллярлы су сіңіру құрамы.

П.П.Будников атындағы ВНИИСтром (Россия) берілгені бойынша, кез-келген қайтарымды қалдық көлемдегі 0,45-0,75 диапазонда түйіршіктеп көрсетеді. МВП және КВП көрсеткіштері дисперсті материалдар үшін (1) формулада көрсетілген, оны көмір құлдықтарынан ылғалды түрде 50 мм диаметрде түйіршіктелген және қалыңдығы 2 мм вакуумда 10кгс/см² әсерімен, екі су сіңіргіш қағаз беттерінде анықталады.

Көмір қалдықтарын түйіршіктеуді тарелкелі грануляторда әдістемелерді қолдана отырып жасадық. Ол ВНИИСтром институтында жасалған және «У-02-63 Сынамаға шикізат материалдарын дайындау көрсетілген».

Көмір қалдықтарын түйіршіктелген құрамды 1200 мм диаметрі тарелкелі гранулятор көмегімен іске асты, 10 айн/мин және ауытқу бұрышы 48° (сурет 1) көрсетілген.

Жұмысты жүргізу алдында 3 кг ұсақталған затты 6 минут бойы ылғалдап, түйіршік түріне келтірдік. Алынған түйіршіктелген затты елекпен елеп салмағы мен көлемін анықтадық. Алынған түйіршік мықтылығы бойынша дұрыс болуы керек, өйткені арту-түсіру кезінде ұсақталып кетпеуі керек. Сол себепті түйіршік сапасы, белгілі бір биіктіктен тастау немесе металдық бетке 500мм ара-қашықтықта лақтыру арқылы сыналады. Соққыға түйіршік мықтылығы түйіршіктердің 300мм биіктік аралығында металдық бетке құлауымен анықталады, сол себепті бірінші сызаттар пайда болды. Максималды құлау ара-қашықтығы, әртүрлі ара-қашықтықтан металдық бетке лақтырумен анықталады. Шектік құлау биіктігі болып, 10 түйіршіктің екеуі ғана шағылатындай арақашықтық таңдалынып алынады.



1 - ыдыс; 2 – аралық ыдыс; 3 – манометрлер; 4 – суды шашыратуға арналған шашыратқыш; 5 – ұсақ беруге арналған құбыр; 6 – зертханалық гранулятор; 7 – суды беруге арналған құбыр; 8 – суға арналған ыдыс; 9 – түйіршікті өлшеуге арналған қондырғы; 10 – эксикатор; 11 – түйіршіктерді араластыруға арналған ыдыс; 12 – таразы

Сурет 1 – Зертханалық қондырғы схемасы

Түйіршіктің негізгі физикалық-техникалық құрамы қалдықтардан (шашыранды тығыздық, цилиндрде сығу барысындағы кермектілік, су сіңірімділік, суыққа төзімділік

және т.б.) жалпы әдістемелермен анықталды. Түйіршіктелген отыннан алынған мәліметтер 1 кестеде көрсетілген.

Кесте 1 - Түйіршіктелген отынның сипаттамасы

Отынның фракциясы, мм	Түйіршік мықтылығын анықтаудағы қайталану реті, брошешных с высоты 500 мм биіктіктен тастағанда	Сығу кезіндегі мықтылық г/түйіршік	Жылу саны, ккал
10-20	3-4	370	3500
20-40	2-3	230	3500

Қоршаған ортаның инженерлі –экологиялық жағдайын қоршаған ортаға залалын келтіріп жатқан ошақ көздерін анықтау арқылы өлшемдер алынды, атмосфераға тасталынып отырған лас қалдықтардың жерлері арқылы улы заттардың таралуынан және аудандық карта-схема арқылы залал келтіретін ошақ көздерін көруге болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Бейсенова Ә., Самақова А., Еспаев Т., Шілдебаев Ж. «Экология және табиғатты тиімді пайдалану». – Алматы: «Ғылым» ғылыми баспасы, 2004. – Б. 108-111.
2. Амирханова М.М., Мусабек Е.Н., Метенин Ю.С., Морозова Т.И. «Охана окрусаяущей седы и утойчивое равитие Казахтана». Сатистический сорник. Алматы, 2004 г.
3. Оспанова Г.С., Бозшатаева Г.Т. Экология. – Алматы: «Экономика» баспасы, 2002. - 216 б.
4. Журкович В.В. Методические подходы и опыт разработки и создание технических средств обращения ТБО // Институт проблем региональной экономики РАН, 2002. - 39 с.
5. Систер В.Г. Химико-термические технологии переработки твердых бытовых отходов: Монография. - М, - 2003. - 80 с.

References

1. Beysenova Ә., Samakova A., Espayev T., Shyldebayev Zh. «Ekologiya to the zhen a of a tabigatty tiymdy paydalanu". – Almaty: "Gylym" gylymi baspasy, 2004. – B. 108-111.
2. Amirkhanova M.M., Musabek E.N., Metenin Yu.S., Morozova T.I. "Okhrana okrusayushchy sredy i ustoychivoe razvitye Kazakhtana". Statistichesky sbornik. Almaty, 2004.
3. Ospanova G.S., Bozshatayev G.T. Ekologiya. – Almaty: "Eonomika" baspasi, 2002. - 216 b.
4. Zhurkovich of V. V. Metodicheskiye podkhody i opyt razrabotki i iszdaniye tekhnicheskikh sredstv obrashcheniye MSW//Institut problem regionalnoi eknomiki RAN, 2002. - 39 s.
5. Sister V.G. Himiko-termicheskiye's tekhnologiya pererabotki tverdykh bitovykh otkhodov: Monografiya. - M, - 2003. - 80 s.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АППАРАТА С РЕГУЛЯРНОЙ ПЛАСТИНЧАТОЙ НАСАДКОЙ С ПРОМЫШЛЕННОЙ АПРОБАЦИЕЙ

HYDRODYNAMIC MODELING APPARATUS WITH REGULAR PLATE PACKING WITH INDUSTRIAL TESTING

**Серикулы Ж., Волненко А.А., Кумисбеков С.А., Оспанов Б.О., Мамыр Е.
Серикулы Ж., Волненко А.А., Кумисбеков С.А., Оспанов Б.О., Мамыр Е.**

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
M.AuezovSouthKazakhstanStateUniversity, Shymkent, Kazakhstan)
drzhan@mail.ru

Резюме

В работе рассматривается аппарат с регулярно подвижной пластинчатой насадкой. На основании результатов лабораторных исследований определены оптимальные режимные и конструктивные параметры аппаратов, мероприятия по устранению возникающих неравномерностей. Для проверки полученных результатов проведены промышленные испытания аппарата с регулярной пластинчатой насадкой и устройством для выравнивания газового потока в схеме абсорбции сернистого газа в производстве сульфата хрома. Описан технологический процесс производства сульфата хрома. В схеме очистки получены предельные значения рабочих параметров и для увеличения степени очистки реконструирована существующая технологическая схема. В процессе реконструкции были убраны решетчатые полки и керамические кольца и взамен их установлена регулярно пластинчатые насадки, в месте ввода газового потока в аппарат были установлены вертикальные пластины. Получены результаты при испытании реконструированного аппарата. Полученные данные показывают высокую эффективность очистки улавливаемых компонентов и достаточно низкие энергозатраты. Результаты гидродинамического моделирования, полученные при лабораторных исследованиях, апробированы в промышленных условиях. Проведенные испытания показали возросшую эффективность абсорбционного процесса при одновременном снижении гидравлического сопротивления.

Abstract

The paper deals with a apparatus with regular plate packing. Based on the results of laboratory tests to determine the optimum operating and design parameters of the devices, measures to eliminate irregularities arise to verify the obtained results conducted industrial testing machine with a regular nozzle plate and a device for balancing the gas flow in the circuit absorption of sulfur dioxide in the production of chromium sulfate. Described manufacturing process chromium sulfate. The purification scheme produced the limit values of operating parameters, and to increase the degree of purification to reconstruct the existing technological scheme. The reconstruction process were removed latticed shelves and ceramic rings installed in their place regular plate packing, in place of the input gas stream into the apparatus were set vertical plates. The results obtained during the test of the reconstructed unit. These data show a high cleaning efficiency and trapped components sufficiently low power consumption. Hydrodynamic modeling results obtained in laboratory studies, tested in industrial environments. Tests have shown the increased efficiency of the absorption process, while reducing the flow resistance.

Ключевые слова: регулярно подвижная насадка, гидродинамическое моделирование, промышленные испытания.

Keywords: regular movable packing, hydrodynamic modeling, industrial tests.

Известно, что при переходе от лабораторной установки к аппаратам промышленных размеров возможно возникновение так называемого масштабного эффекта, т.е. неравномерностей обусловленных внутренними закономерностями гидродинамики потоков, связанными с дефектами конструкции и монтажа [1].

Нами проведены лабораторные исследования аппаратов с регулярной подвижной пластинчатой насадкой. Выбор данной конструкции аппарата был обусловлен тем, что их особенностью является регулярное и равномерное размещение насадочных элементов в объеме контактной зоны. Это обеспечивает реализацию принципа продольно-поперечного секционирования. Выбор же насадки продиктован изучением механизмов симметричного и несимметричного формирования и взаимодействия вихрей в объеме сферических и призматических насадочных элементов.

На основании результатов лабораторных исследований определены оптимальные режимные (скорость газа и плотность орошения) и конструктивные параметры (шаги размещения элементов насадки в вертикальном и радиальном направлениях) аппаратов, разработаны методики инженерного расчета гидродинамических и массообменных характеристик а также мероприятия по устранению возникающих неравномерностей (распределение газового потока по сечению аппарата, дефекты монтажа),

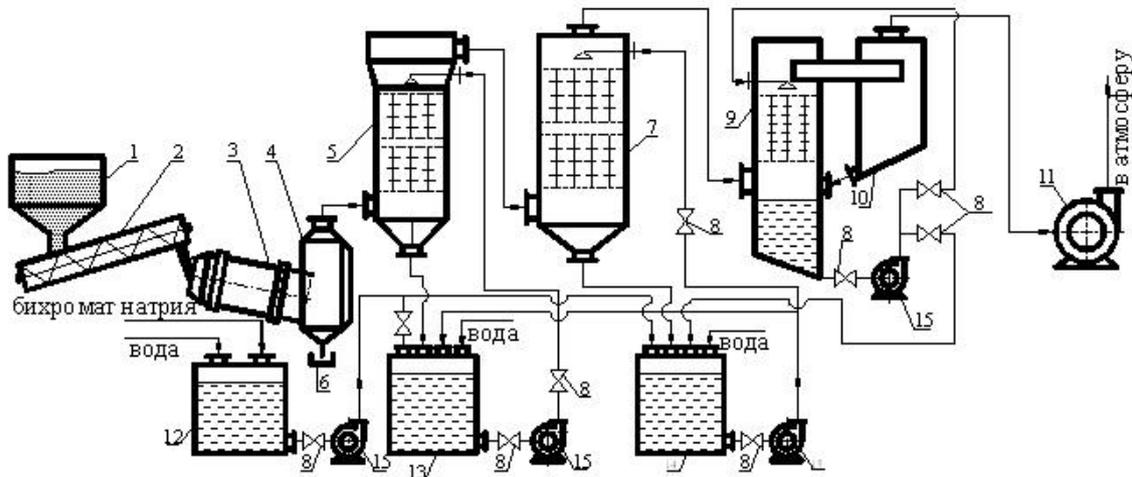
Для проверки полученных результатов нами проведены промышленные испытания аппарата с регулярной пластинчатой насадкой и устройством для выравнивания газового потока в схеме абсорбции сернистого газа в производстве сульфата хрома на АО «Актюбинский завод хромовых соединений (АЗХС)» (рисунок 1).

Метод производства сульфата хрома (основного) основан на взаимодействии сернистого газа с раствором бихромата натрия [2]. Сернистый газ образуется при сгорании серы, поступающей из бункера 1 в печи 3. В процессе производства раствор бихромата натрия с концентрацией (230-300) г/л по CrO_3 поступает в колонны восстановления 5,7,9, куда противотоком поступает сернистый газ, образующийся при сжигании серы в печи, результатом чего является образование раствора сульфата хрома. Полученный раствор сульфата хрома поступает на сушку в сушилку «кипящего слоя», высушенный сульфат хрома поступает на расфасовку.

Технологический процесс производства сульфата хрома содержит следующие операции.

Сера техническая в жидком виде поставляется в баки приема и хранения жидкой серы, где она поддерживается в расплавленном состоянии при температуре 125-135°C посредством подогрева электрическими ТЭН-ами. Снаружи бак теплоизолирован. Из баков приема и хранения жидкая сера погружным насосом по обогреваемому серопроводу подается в печь сжигания серы. Образующийся сернистый газ поступает в котел-утилизатор, в котором в результате теплообмена температура сернистого газа понижается до (300-400)°C.

Далее сернистый газ поступает в трубное пространство последовательно установленных рекуператоров 4, где происходит снижение его температуры до (60-80)°C. Сернистый газ, выходящий из рекуператоров, поступает в схему восстановления бихроматных растворов, после чего отработанная парогазовая смесь проходит доочистку в отделении, состоящим из двух баков орошения 14, двух скрубберов 7 и 9, ловушки 10 и дымососа 11.



1-бункер серы; 2-шнек; 3-печь сжигания серы; 4-рекуператор; 5,7,9- абсорберы (РПН); 6-поддон; 8-вентили; 10-каплеуловитель; 11-вентилятор; 12-бак приготовления раствора бихромата натрия; 13,14-циркуляционные баки; 15-насос

Рисунок 1 – Технологическая схема производства хромового дубителя

Раствор бихромата натрия транспортируется из цеха №3 по трубопроводу или цистерной, установленной на ж/д платформе, откуда насосом закачивается в приемные баки. Далее раствор с концентрацией (700-900) г/л по CrO_3 , закачивается в бак приготовления 12. В баке приготовления, раствор разбавляется конденсатом до концентрации (260-290) г/л по CrO_3 . Готовые бихроматные растворы подают в бак орошения (питателя) абсорбера 13.

Из бака- питателя колонны восстановления растворы, насосом подаются на форсунки колонны восстановления с производительностью (3-5) м³.

Взаимодействие газа, поступающего снизу с раствором бихромата натрия, подающимся сверху, осуществляется в рабочей зоне аппарата высотой 1м. Процесс насыщения бихроматного раствора сернистым газом ведется до почти полного восстановления шестивалентного хрома. Полученный раствор основного сульфата хрома с содержанием шестивалентного хрома не более 2 г/л по CrO_3 (при приготовлении растворов для выпуска высокоосновного сульфата хрома не более 30 г/л) собирается в баке- сборнике слива колонны. В баке- сборнике концентрация раствора по CrO_3 выпариванием доводится до не менее 350 г/л. По достижении концентрации раствор перекачивается насосом в баки довосстановления. В них, при необходимости, проводится довосстановление шестивалентного хрома бисульфитом натрия или сахаром, и выпаривание раствора до концентрации не менее 380 г/л по общему CrO_3 . После довосстановления раствор выдерживают в течение часа до полного окончания реакции восстановления. Готовый раствор сульфата хрома откачивается в баки питатели сушилки «кипящего слоя».

Во время обследований существующей схемы очистки, проводимых совместно сотрудниками АО «АЗХС» и ЮКГУ им. М.Ауэзова, получены следующие предельные значения рабочих параметров: расход газа на входе в скруббера 9500÷10500м³/ч; температура газа – на выходе 50-55°С; концентрация улавливаемых компонентов – 2,1÷2,5г/с; степень очистки 94-96%. Результаты обследований показали невысокую эффективность насадочного абсорбера с кольцами Рашига, представляющего собой вертикальный аппарат, внутри которого имеются три решетчатые полки, с уложенными

на них керамическими кольцами. Кольца укладывались правильными рядами, сдвинутыми друг относительно друга. Для увеличения степени очистки рекомендовано реконструировать существующую технологическую схему.

В процессе реконструкции были убраны решетчатые полки и керамические кольца и взамен их установлена насадка, представляющая собой регулярные контактные устройства в виде струн с нанизанными на них квадратными пластинами размером 100x100 мм. Кроме того, в месте ввода газового потока в аппарат (перпендикулярно ему) были установлены вертикальные пластины, нижние кромки которых образуют дугу, вогнутостью расположенную навстречу газовому потоку. Установка вертикальных пластин позволяет достичь равномерного распределения потока газа по сечению аппарата [3].

Предлагаемая взамен колец Рашига насадка с регулярными пластинчатыми элементами способствует созданию вихревого взаимодействия потоков газа и жидкости. Происходит многократная коалесценция и диспергирование капель, создаются благоприятные условия для получения высокой ПКФ. В насадочной зоне аппарата образуется высокоразвитый, равномерно распределенный турбулизированный газожидкостной слой, позволяющий значительно интенсифицировать протекающий в аппарате процесс абсорбции. Распределитель газового потока, установленный в месте ввода газа в аппарат, также способствует росту эффективности.

Результаты, полученные при испытании реконструированного аппарата имеют следующие предельные значения параметров: расход газа $9800 \div 11200 \text{ м}^3/\text{ч}$; температура газа – на выходе $45 \div 50^\circ\text{C}$; концентрация сернистого газа – $0,0082 \div 0,014 \text{ г}/\text{м}^3$; степень очистки (по концентрациям в санитарной трубе) – 98- 99%.

Полученные данные показывают высокую эффективность очистки улавливаемых компонентов и достаточно низкие энергозатраты.

Аппарат внедрен в схеме абсорбции сернистого газа в производстве сульфата хрома (производство сульфата хрома (основного), цех №4) со значительным экологическим эффектом по природоохранным мероприятиям.

Таким образом, результаты гидродинамического моделирования, полученные при лабораторных исследованиях, апробированы в промышленных условиях. Проведенные испытания показали возросшую эффективность абсорбционного процесса при одновременном снижении гидравлического сопротивления.

Литература

- 1 Розен А. М. Масштабный переход в химической технологии М, Химия, 1980. с. 24
- 2 Постоянный технологический регламент производство сульфата хрома (основного), цех №4 АО АЗХС 2010г.
- 3 Инновационный патент РК № 25541 Волненко А.А., Сериккулы Ж., Хусанов Ж.Е., Раматуллаева Л.И. Аппарат с насадкой для тепломассообмена и пылеулавливания // Оpubл. 17.02.2012г.

References

- 1 Rozen A. M. Masshtabnyy perekhod v khimicheskoy tekhnologii M, Khimiya, 1980. s. 24
- 2 Postoyannyu tekhnologicheskiiy reglament proizvodstvo sul'fata khroma (osnovnogo), tsekh №4 AO AZKHS 2010g.
- 3 Innovatsionnyy patent RK № 25541 Volnenko A.A., Serikuly ZH., Khusanov ZH.Ye., Ramatullayeva L.I. Apparat s nasadkoy dlya teplomassoobmena i pyloulavlivaniya // Opubl. 17.02.2012g.

К ВОПРОСУ СВОЙСТВ И СПЕЦИФИКИ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

SOME PROPERTIES AND SPECIFICITY OF ULTRAFINE MATERIALS

Дайрабай Д., Голубев В.Г., Бренер А.М.
Dayrabay D., Golubev V.G., Brener A.M.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, г. Шымкент
State University of South Kazakhstan after M. Aueзов, Shymkent
din_303@mail.ru

Резюме

В данной работе представлены результаты анализа вопроса получения и разработки наноматериалов и нанотехнологий. Описаны основные составляющие науки о наноматериалах и нанотехнологиях и указаны области их применения. Предлагается условное деление наноматериалов на четыре категории с краткой характеристикой и отличием каждой из них. Для сопоставления затрат в мире на разработку нанотехнологий, приводятся государственные затраты в наиболее развитых странах. Предлагаются основные типы структуры наноматериалов, характеризующие формы кристаллитов, кристаллов и характер распределения. В работе рассматривается и анализируется зависимость объемных долей границ раздела, границ зерен и тройных стыков. Для материалов с размерами кристаллитов в нижнем нанодиапазоне $D < 10$ нм ряд ученых указывает на возможность проявления квантовых размерных эффектов. Такой размер кристаллитов становится соизмеримым с длиной дебройлевской волны для электрона $\lambda_B \sim (m_e E)^{-1/2}$ (m_e – эффективная масса электрона, E – энергия Ферми). Для металлов $\lambda_B \approx 0,1 \dots 1$ нм, а для ряда полупроводников, полуметаллов и тугоплавких соединений переходных металлов $\lambda_B \approx 10 \dots 100$ нм.

Проанализировав имеющуюся информацию по теории получения, свойств и теоретического описания образования кластеров и дальнейшего их слияния, а также анализу проблем процессов агрегации в плотных дисперсных системах, авторами была разработана обобщенная математическая модель агрегации в плотных системах на основе модифицированных уравнений агрегации Беккера-Дёринга.

Abstract

This paper presents the results of the analysis of nanomaterials derivatization, their development, and nanotechnology. The basic components of the nanomaterials science and nanotechnology and their applications are described. A conditional classification of nanomaterials into four categories is introduced; they are briefly described. To compare the costs for the development of nanotechnology in the world, state expenditure is given in the most developed countries. The major types of nanomaterials structures, characterizing the shape of the crystallites, crystals, and the nature of the distribution are set. This paper examines and analyzes the dependence of the volume fraction of interfaces, grain boundaries and triple junctions. Some scientists indicate the possibility of existence of quantum size effects for materials with crystallite dimensions in the lower nano-range $D < 10$ nm. The size of crystallites becomes comparable with the de Broglie wavelength for electron $\lambda_B \sim (m_e E)^{-1/2}$ (m_e is the effective mass of electron, E is the Fermi energy). For metals it is $\lambda_B \approx 0.1 \dots 1$ nm,

and for a number of semiconductors, semi-metals and refractory compounds of transition metals $\lambda_B \approx 10 \dots 100$ nm.

Having analyzed the available information on the theory of production, their properties and the theoretical description of the formation of clusters and their further interflow, as well as the analysis of problems of aggregation in dense disperse systems, the authors developed a generalized mathematical model of aggregation in dense systems on the basis of modified equations of aggregation Becker-Döring.

Ключевые слова: Наноматериалы, свойства, дисперсность, структура, кристаллы, кластеры, границы раздела.

Keywords. Nanomaterials, properties, dispersity, structure, crystals, clusters, grain boundaries.

Разработку новых материалов и технологий их получения и обработки в настоящее время общепризнанно относят к «ключевым» или «критическим» аспектам основы экономической мощи и обороноспособности государства. Одним из приоритетных направлений развития современного материаловедения являются наноматериалы и нанотехнологии.

К наноматериалам условно относят дисперсные и массивные материалы, содержащие структурные элементы (зерна, кристаллиты, блоки, кластеры), геометрические размеры которых хотя бы в одном измерении не превышают 100 нм, и обладающие качественно новыми свойствами, функциональными и эксплуатационными характеристиками. К нанотехнологиям можно отнести технологии, обеспечивающие возможность контролируемым образом создавать и модифицировать наноматериалы.

Среди основных составляющих науки о наноматериалах и нанотехнологиях можно выделить следующие: 1) фундаментальные исследования свойств материалов на наномасштабном уровне; 2) развитие нанотехнологий как для целенаправленного создания наноматериалов, так и поиска и использования природных объектов с наноструктурными элементами, создание готовых изделий с использованием наноматериалов и интеграция наноматериалов и нанотехнологий в различные отрасли промышленности и науки; 3) развитие средств и методов исследования структуры и свойств наноматериалов, а также методов контроля и аттестации изделий и полуфабрикатов для нанотехнологий.

Развитие фундаментальных и прикладных представлений о наноматериалах и нанотехнологиях уже в ближайшие годы может привести к кардинальным изменениям во многих сферах человеческой деятельности: в материаловедении, энергетике, электронике, информатике, машиностроении, медицине, сельском хозяйстве, экологии [1-5].

Дополнительные капиталовложения в наноструктурные исследования для медико-биологического и химико-фармацевтического применения сравнимы с дополнительными вложениями средств на аналогичные исследования в области электроники [6]. В развитых странах осознание ключевой роли, которую уже в недалеком будущем будут играть результаты работ по нанотехнологиям, привело к разработке широкомасштабных программ по их развитию на основе государственной поддержки (Рис.1). Условно наноматериалы можно разделить на четыре основные категории.

Первая категория включает материалы в виде твердых тел, размеры которых в одном, двух или трех пространственных координатах не превышают 100 нм. К таким материалам можно отнести наноразмерные частицы (нанопорошки), нанопроволоки и нановолокна, очень тонкие пленки (толщиной менее 100 нм), нанотрубки и т.п. В связи

с этим первую категорию можно классифицировать как наноматериалы с малым числом структурных элементов или наноматериалы в виде наноизделий

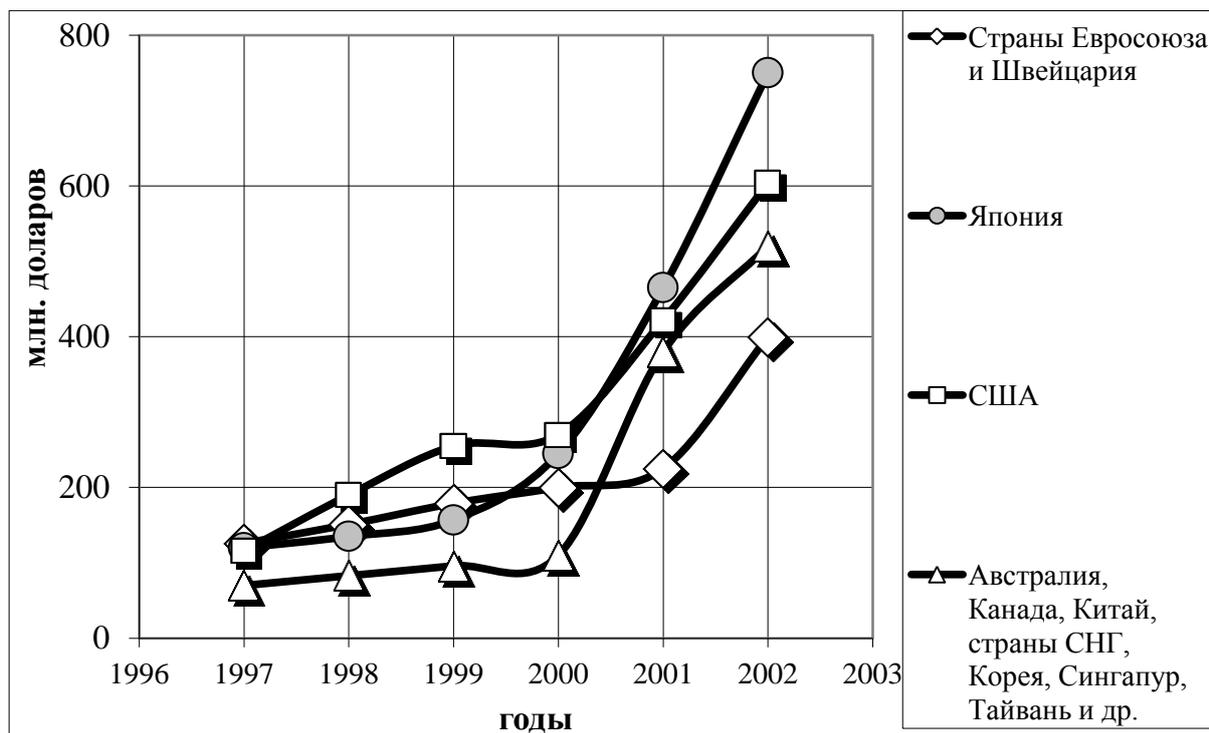


Рис. 1 Государственные расходы на развитие нанотехнологий в различных странах [6,7]

Вторая категория включает в себя материалы в виде малоразмерных изделий с характеризующим размером в примерном диапазоне 1 мкм...1 мм. Обычно это проволоки, ленты, фольги. Такие материалы содержат уже значительное число структурных элементов и их можно классифицировать как наноматериалов с большим числом структурных элементов (кристаллитов) или наноматериалы в виде микроизделий.

Третья категория представляет собой массивные (или иначе объемные) наноматериалы с размерами изделий из них в макродиапазоне (более нескольких мм). Такие материалы состоят из очень большого числа наноразмерных элементов (кристаллитов) и фактически являются

поликристаллическими материалами с размером зерна 1...100 нм. В свою очередь третью категорию наноматериалов можно разделить на два класса.

В первый класс входят однофазные материалы (в соответствии с терминологией [7] микроструктурно однородные материалы), структура и/или химический состав которых изменяется по объему материала только на атомном уровне. Их структура, как правило, находится в состоянии далеком от равновесия. К таким материалам относятся, например, стекла, гели, пересыщенные твердые растворы. Ко второму классу можно отнести микроструктурно неоднородные материалы, которые состоят из наноразмерных элементов (кристаллитов, блоков) с различной структурой и/или составом. Это многофазные материалы, например, на основе сложных металлических сплавов.

Вторая и третья категории наноматериалов подпадают под более узкие определения *нанокристаллических* или *нанофазных материалов* [5-8].

К четвертой категории относятся композиционные материалы, содержащие в своем составе компоненты из наноматериалов. При этом в качестве компонентов могут выступать наноматериалы, отнесенные к первой категории (композиты с

наночастицами и/или нановолокнами, изделия с измененным ионной имплантацией поверхностным слоем или тонкой пленкой) и второй категории (например, композиты упрочненные волокнами и/или частицами с наноструктурой, материалы с модифицированным наноструктурным поверхностным слоем или покрытием). Можно выделить также композиционные материалы со сложным использованием наноконпонентов.

Характер распределения	кристаллитное			матричное
	состав кристаллитов и границ одинаковый	состав кристаллитов различен при одинаковом составе границ	состав и кристаллитов и границ различный	
Химический состав				кристаллиты распределены в матрице другого состава
Форма кристаллитов:				
Слоистая				
Волокнистая				
Равноосная				

Рис. 2. Основные типы структуры наноматериалов [4,7].

Свойства наноматериалов в значительной степени определяются характером распределения, формой и химическим составом кристаллитов (наноразмерных элементов), из которых они состоят. В связи с этим целесообразно классифицировать структуры наноматериалов по этим признакам (рис. 2.). По форме кристаллитов наноматериалы можно разделить на слоистые (пластинчатые), волокнистые (столбчатые) и равноосные [4-7]. Разумеется толщина слоя, диаметр волокна и размер зерна при этом принимают значения порядка 100 нм и менее. Исходя из особенностей химического состава кристаллитов и их границ обычно выделяют четыре группы наноматериалов [5-7]. К первой относят такие материалы, у которых химический состав кристаллитов и границ раздела одинаковы. Их называют также однофазными. Примерами таких материалов являются чистые металлы с нанокристаллической равноосной структурой и слоистые поликристаллические полимеры. Ко второй группе относят материалы, у которых состав кристаллитов различается, но границы являются идентичными по своему химическому составу. Третья группа включает наноматериалы, у которых как кристаллиты, так и границы имеют различный химический состав. Четвертую группу представляют наноматериалы, в которых наноразмерные выделения (частицы, волокна, слои) распределены в матрице, имеющей другой химический состав. К этой группе относятся в частности дисперсно-упрочненные материалы.

Для наночастиц доля атомов, находящихся в тонком поверхностном слое (его толщину принимают как правило порядка 1 нм), по сравнению с мезо- и микрочастицами заметно возрастает. Действительно, доля приповерхностных атомов будет пропорциональна отношению площади поверхности частицы S к ее объему V .

Если обозначить характерный размер частицы (кристаллита) как D , то: $S/V \sim D^2/D^3 \sim 1/D$. У поверхностных атомов, в отличие от находящихся в объеме твердого тела, задействованы не все связи с соседними атомами. Для атомов находящихся на выступах и уступах поверхности ненасыщенность связей еще выше. В результате в приповерхностном слое возникают сильные искажения кристаллической решетки и даже может происходить смена типа решетки. Другим аспектом, является тот факт, что свободная поверхность является стоком бесконечной емкости для точечных и линейных кристаллических дефектов (в первую очередь вакансий и дислокаций). При малых размерах частиц этот эффект заметно возрастает, что может приводить к выходу большинства структурных дефектов на поверхность и очистке материала наночастицы от дефектов структуры и химических примесей. В настоящее время установлено, что процессы деформации и разрушения протекают в тонком приповерхностном слое с опережением по сравнению с внутренними объемами металлического материала, что во многом определяет возникновение ряда физических эффектов, в т.ч. физического предела текучести и физического предела усталости [5-9]. Для наночастиц весь материал будет работать как приповерхностный слой, толщина которого оценивается в диапазоне порядка 0,5...20 мкм. Можно также указать на тонкие физические эффекты, проявляющиеся в специфическом характере взаимодействия электронов со свободной поверхностью.

Следующей причиной специфики свойств наноматериалов является увеличение объемной доли границ раздела с уменьшением размера зерен или кристаллитов в наноматериалах. При этом можно выделить объемную долю следующих составляющих: границ раздела, границ зерен и тройных стыков [6,7]. Объемную долю границ раздела можно оценить по формуле: $\Delta V_{ГР} = 1 - [(D-s)/D]^3$, где s – толщина границ раздела (порядка 1 нм), а D – характерный размер зерна или кристаллита. Объемную долю границ зерен – по формуле: $\Delta V_{ГЗ} = [3s(D-s)^2]/D^3$, а объемную долю тройных стыков как разность: $\Delta V_{ТС} = \Delta V_{ГР} - \Delta V_{ГЗ}$. На рис. 3 представлены рассчитанные по этим формулам зависимости указанных объемных долей [6,7]. Видно, что с уменьшением размера зерна от 1 мкм до 2 нм объемная доля межзеренной компоненты (границ раздела) увеличивается с 0,3 до 87,5 %. Объемные доли межзеренной и внутризеренной компонент достигают одинакового значения (по 50%) при размере зерна порядка 5 нм. После уменьшения размера зерна ниже 10 нм начинает сильно возрастать доля тройных стыков. С этим связывают аномальное падение твердости в этом интервале размеров зерна [9]. Комплексные экспериментальные исследования показали, что границы зерен носят неравновесный характер, обусловленный присутствием зернограницных дефектов с высокой плотностью [8,9]. Эта неравновесность характеризуется избыточной энергией границ зерен и наличием дальнедействующих упругих напряжений; границы зерен имеют кристаллографически упорядоченное строение, а источниками упругих полей выступают зернограницные дислокации и их комплексы [10]. Неравновесность границ зерен вызывает возникновение высоких напряжений и искажения кристаллической решетки, изменение межатомных расстояний и появление значительных смещений атомов, вплоть до потери дальнего порядка [10]. Результатом является значительное повышение микротвердости.

Важным фактором, действующим в наноматериалах является также склонность к появлению кластеров. Облегчение миграции атомов (групп атомов) вдоль поверхности и по границам раздела, и наличие сил притяжения между ними, которые для наноматериалов больше по сравнению с традиционными материалами, часто приводят к процессам самоорганизации островковых, столбчатых и других кластерных структур на подложке. Этот эффект уже используют для создания упорядоченных наноструктур для оптики и электроники [4-8].

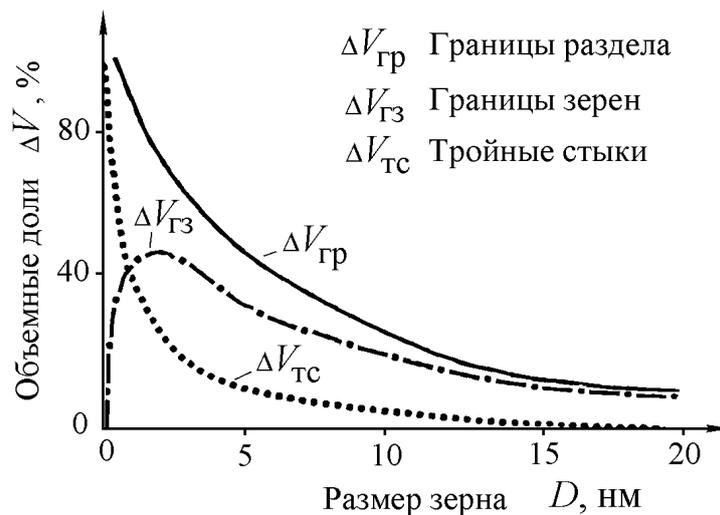


Рис.3. Зависимость объемных долей границ раздела, границ зерен и тройных стыков [7].

Еще одну причину специфики свойств наноматериалов связывают с тем, что при процессах переноса (диффузия, пластическая деформация и т.п.) имеет место некоторая эффективная длина свободного пробега носителей этого переноса L_e . [4]. При характерных размерах области протекания процессов переноса много больших L_e рассеяние носителей выражено незначительно, но при размерах меньших L_e перенос начинает зависеть от размеров и формы весьма значительно. В случае наноматериалов в качестве L_e могут выступать, например, диффузионная длина и длина свободного пробега дислокаций.

Для материалов с размерами кристаллитов в нижнем нанодиапазоне $D < 10$ нм ряд ученых указывает на возможность проявления квантовых размерных эффектов [4,11]. Такой размер кристаллитов становится соизмеримым с длиной дебройлевской волны для электрона $\lambda_B \sim (m_e E)^{-1/2}$ (m_e – эффективная масса электрона, E – энергия Ферми). Для металлов $\lambda_B \approx 0,1 \dots 1$ нм, а для ряда полупроводников, полуметаллов и тугоплавких соединений переходных металлов $\lambda_B \approx 10 \dots 100$ нм [10]. Для любой частицы с малой энергией (скорость $v \ll$ скорости света c) длина волны Де Бройля определяется как $\lambda_B = h/mv$, где m – масса и скорость частицы, а h – постоянная Планка [10]. Квантовые эффекты будут выражаться в частности в виде осциллирующего изменения электрических свойств, например проводимости.

Проанализировав имеющуюся информацию по теории получения, свойств и теоретического описания образования кластеров и дальнейшего их слияния, а также анализу проблем процессов агрегации в плотных дисперсных системах, авторами была разработана обобщенная математическая модель агрегации в плотных системах на основе модифицированных уравнений агрегации Беккера-Дёринга. В настоящее время разработан численный метод расчета гидродинамических взаимодействий в суспензиях сферических частиц, основанный на моментном разложении тензора диполь-дипольного трения, применимый для случая периодических граничных условий только для бинарных столкновений.

Основные гипотезы и предположения, лежащие в основе теории коагуляции, сформулированы Смодуховским: Система является монодисперсной с заданным радиусом частиц-мономеров r ; все столкновения, предшествующие коагуляции, являются эффективными, т.е. приводят к образованию коагуляционного кластера:

$\frac{Z_{\text{эф}}}{Z} = 1$; при описании агрегации рассматриваются только столкновения первичных частиц; кинетика процесса агрегации описывается кинетикой бимолекулярной реакции.

Если силы отталкивания в агрегате преобладают, т.е. $|U_{\text{отт}}| > |U_{\text{пр}}|$, то коагуляция не происходит, золь является агрегативно устойчивым. В противоположном случае преобладают силы притяжения между частицами, происходит коагуляция. Согласно теории Смолуховского при быстрой коагуляции константа коагуляции зависит от коэффициента диффузии и может быть вычислена по уравнению

$$k = 16\pi Dr \quad (1)$$

Отсюда следует, что зная вязкость среды и температуру, можно вычислить константу скорости быстрой коагуляции. Теория Смолуховского неоднократно проверялась экспериментально и находит подтверждение, несмотря на сделанные автором допущения. Быструю коагуляцию удобно характеризовать с помощью периода коагуляции (периода половинной коагуляции) θ . Период коагуляции (θ) – это время, в течение которого концентрация коллоидных частиц вследствие агрегационного процесса уменьшается в два раза.

Медленная коагуляция – это коагуляция, характеризующаяся неполной эффективностью столкновений, т.е. незавершенностью агрегации частиц, вследствие существования энергетического барьера. Попытка описания процесса медленной коагуляции с помощью введения величины степени коагуляции α в формулы Смолуховского не обеспечивает адекватности модели с опытными данными.

Для преодоления этой проблемы в теорию медленной коагуляции Н. Фуксом был введен в кинетическое уравнение коагуляции множитель, описывающий влияние энергетического барьера коагуляции ΔU_k :

$$k_{KM} = k_{KB} \cdot P \cdot e^{\frac{\Delta U_k}{kT}}, \quad (2)$$

где k_{KM} – константа скорости медленной коагуляции;
 k_{KB} – константа скорости быстрой коагуляции;
 P – стерический фактор;
 ΔU_k – потенциальный барьер коагуляции;
 k – постоянная Больцмана.

Таким образом, в теории Фукса для расчета константы скорости медленной коагуляции необходимо знать величину энергетического потенциального барьера. Величина этого барьера по Н. Фуксу зависит прежде от так называемого ζ -потенциала.

Для описания устойчивости агрегирующихся суспензий вводится фактор устойчивости, или коэффициент замедления W , который показывает, во сколько раз константа скорости медленной коагуляции меньше константы скорости быстрой коагуляции.

$$W = \frac{k_{KB}}{k_{KM}} = \frac{1}{P \cdot e^{\frac{\Delta U_k}{kT}}}, \quad (3)$$

При этом можно выделить пять факторов устойчивости.

Электростатический фактор устойчивости, который обусловлен наличием двойного электрического слоя и ξ - потенциала на поверхности частиц дисперсной фазы в сплошной среде; адсорбционно – сольватный фактор устойчивости, обусловленный редукцией сил поверхностного натяжения при взаимодействии сплошной среды с частицей дисперсной фазы. Этот фактор играет весьма важную роль в процессах, когда в качестве стабилизаторов используются коллоидные ПАВ; структурный фактор устойчивости, определяется тем, что на поверхности частиц дисперсной фазы могут образовываться пленки, обладающие некоторой упругостью и определенной механической прочностью.

Разрушение таких пленок требует времени и затраты энергии; энтропийный или термодинамический фактор устойчивости обусловлен тем, что в случае, когда коагуляция приводит к заметному уменьшению концентрации дисперсных частиц в системе, происходит общее уменьшению энтропии системы ($\Delta S < 0$). Но тогда происходит увеличение свободной энергии системы $\Delta G > 0$. Поэтому система происходит самопроизвольный разлет частиц по всему объему, благодаря чему распределение; гидродинамический фактор устойчивости обусловлен возрастанием плотности и динамической вязкости дисперсионной среды.

В реальных сложных полидисперсных системах действуют, как правило, сразу несколько факторов устойчивости. В тоже время, два первых фактора играют превалирующую роль в большинстве суспензионных коллоидных систем.

Поэтому нами сделан вывод о предпочтительности использования уравнения Беккера-Дёринга, в котором образование агрегатов рассматривается как присоединение мономеров к образовавшимся более крупным кластерам.

Литература

1. Лякишев Н.П., Алымов М.И., Добаткин С.В. Объемные наноматериалы конструкционного назначения // *Металлы*, 2003. №3. С.3-16.
2. Gleiter H. Nanostructured materials – State-of-the-art and perspectives. // *Z/ Metallkunde.*, 1995. V.86. P.78-83.
3. Валиев Р.З., Александров И.В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. – М.: Логос, 2000. – 272 с.
4. Колмаков А.Г., Шмидт Н.М., Титков А.Н. и др. Изучение взаимосвязи подвижности носителей заряда в эпитаксиальных слоях GaN с мультифрактальными характеристиками поверхности этих слоев // *Известия вузов. Материалы электронной техники*, 2001. №2. С.21-25.
5. Старостин Е.Е., Колмаков А.Г. Мультифрактальное описание топографической структуры покрытий, полученных термическим напылением в вакууме // *Физика и химия обработки материалов*, 1998. №5. С.38-47.
6. Нащекин А.В., Колмаков А.Г., Когновицкий С.О. и др., Информационный анализ наноструктурных особенностей композитных фуллереноосновных пленок C_{60} -CdTe // *Перспективные материалы*, 2003. №1. С. 36-45.
7. *Физическая энциклопедия* / Гл. ред. А.М. Прохоров. – М.: Сов. энциклопедия. Т1. 1988. 704 с.
8. Vinogradov A.Yu., Agnew S.R. Nanocrystalline Materials: Fatigue / in *Encyclopedia of Nanotechnology*. – N.Y.: Marcel Dekker, 2004. P.2269-2288.
9. Виноградов А.Ю., Хасимото С. Усталость ультрамелкозернистых материалов, полученных равноканальным угловым прессованием // *Металлы*, 2004. №1. С.51-62.
10. Mughrabi H., Höppel H.W., Kautz M. Fatigue and microstructure of ultrafine-grained metals produced by severe plastic deformation // *Scripta Materialia*, 2004. V.51. P.807-812.

References

1. Lyakishev N.P., Alymov M.I., Dobatkin S.V. Ob'emnye nanomaterialy konstruktsionnogo naznacheniya // *Metally*, 2003. №3. S.3-16.
2. Gleiter H. Nanostructured materials – State-of-the-art and perspectives. // *Z/ Metallkunde.*, 1995. V.86. P.78-83.
3. Valiev R.Z., Aleksandrov I.V. Nanostrukturnye materialy, poluchennye intensivnoy plasticheskoy deformatsiey. – M.: Logos, 2000. – 272 s.
4. Kolmakov A.G., Shmidt N.M., Titkov A.N. i dr. Izuchenie vzaimosvyazi podvizhnosti nositeley zaryada v epitaksial'nykh sloyakh GaN s mul'tifraktal'nymi kharakteristikami poverkhnosti etikh sloev // *Izvestiya vuzov. Materialy elektronnoy tekhniki*, 2001. №2. S.21-25.
5. Starostin E.E., Kolmakov A.G. Mul'tifraktal'noe opisanie topograficheskoy struktury pokrytiy, poluchennykh termicheskim napyleniem v vakuume // *Fizika i khimiya obrabotki materialov*, 1998. №5. S.38-47.
6. Nashchekin A.V., Kolmakov A.G., Kognovitskiy S.O. i dr., Informatsionnyy analiz nanostrukturnykh osobennostey kompozitnykh fullerenoosnovnykh plenok S60-CdTe // *Perspektivnye materialy*, 2003. №1. S. 36-45.
7. *Fizicheskaya entsiklopediya* / Gl. red. A.M. Prokhorov. – M.: Sov. entsiklopediya. T1. 1988. 704 s.
8. Vinogradov A.Yu., Agnew S.R. Nanocrystalline Materials: Fatigue / in *Encyclopedia of Nanotechnology*. – N.Y.: Marcel Dekker, 2004. P.2269-2288.
9. Vinogradov A.Yu., Khasimoto S. Ustalost' ul'tramelkozernistykh materialov, poluchennykh ravnokanal'nym uglovym pressovaniem // *Metally*, 2004. №1. S.51-62.
10. Mughrabi H., Höppel H.W., Kautz M. Fatigue and microstructure of ultrafine-grained metals produced by severe plastic deformation // *Scripta Materialia*, 2004. V.51. P.807-812.

УДК 676.053.1
UDC 676.053.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА КАЧЕСТВО ОТБЕЛКИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МОЩНОСТЯХ ИЗЛУЧЕНИЯ

INVESTIGATION THE INFLUENCE OF ULTRA HIGH-FREQUENCY RADIATION WITH DIFFERENT RADIATION POWER ON QUALITY OF BLEACHING THE COTTON TEXTILE MATERIALS

Калдыбаев Р.Т., Набиев Д.С., Ташменов Р.С., Калдыбаева Г.Ю., Елдияр Г.К.
Kaldybaev R.T., Nabiev D.S., Tashmenov R.S., Kaldybaeva G.Y., Yeldiyar G.K.

Южно-Казахстанский Государственный Университет им. М. Ауэзова, РК
M. Auezov South Kazakhstan State University, RK

Резюме

При отбелке хлопчатобумажных материалов традиционным, классическим способом время отбелки доходит до 3 часов, при проведении процесса под СВЧ – воздействием, который можно провести непрерывным способом, время отбелки сокращается в сотни раз, т.е. эффект отбелки достигается за 5-10 секунд. Применение высокочастотного нагрева дает значительный технико-экономический эффект.

Внедрение ВЧ сушки (по сравнению с традиционной технологией) позволит уменьшить потребность в рабочей силе, резко ускорит протекание различных химических реакций, выполнит быстрый объемный нагрев, повысит эффективность отбелики, реализацию химических превращений, происходящих под влиянием термических и иных воздействий медленно или не протекающие вовсе.

Abstract

During the bleaching of cotton materials by traditional, classical methods the bleaching time reaches up to 3 hours, during the carrying out of process under UHF - influence, of which can be carried out by a continuous method, while bleaching time is reduced by hundreds of times, i.e. bleaching effect is achieved for 5-10 seconds. The use of high-frequency heating gives a significant technical and economic effect. The introduction of high-frequency drying (in comparison with traditional technology) will allow to reduce the need for labor, will sharply accelerate the proceeding of various chemical reactions, performance a rapid volumetric heating, increase the efficiency of the bleaching, the implementation of chemical transformations that proceed slowly under the influence of thermal and other effects or not occurring at all.

Ключевые слова: текстильные материалы, сверхвысокочастотное излучение, отбелика, время протекание технологических процессов

Keywords: textile materials, ultra high-frequency radiation, bleaching, time of proceeding of technological processes

Технология отбелики текстильных материалов с использованием СВЧ-излучений позволит сократить длительность технологических процессов.

В ходе исследования были разработаны новые технологии отбелики текстильных материалов различного назначения, которые могут быть использованы в отделочных производствах текстильной промышленности для повышения эффективности производства и конкурентоспособности получаемой продукции.

В результате теоретического обобщения и на основе экспериментов и исследования физических, физико-химических и структурных свойств текстильных материалов была установлена возможность их отбелики под воздействием СВЧ – излучений. Исследования проводились на базе лабораторий ТОО «Хлопкопромцеллюлоза»

На основе комплексных исследований была разработана прогрессивная и экономически эффективная, инновационная технология отбелики текстильных материалов различного назначения с применением СВЧ технологии.

Если в 40-50-х годах сверхвысокочастотная (СВЧ) волна в основном служила потребностям радиолокации и связи, то в последние годы она все шире применяется во многих отраслях хозяйства, ускоряя научно-технический прогресс, повышая эффективность производства и качество продукции [1]. В последующие годы высокочастотный нагрев стали применять во многих отраслях промышленности, например для склеивания листов фанеры, и сушки древесины в деревообрабатывающей промышленности [2-4], для сушки пряжи в текстильной промышленности [6-9], а также в металлургической промышленности, в процессах непрерывной разливки металла. Несмотря на более высокие эксплуатационные расходы, стационарные высокочастотные установки экономичнее других, благодаря более высокой производительности и во многих случаях более высокому качеству продукции. Авторами [5-9] разработаны технологии сушки, мерсеризации, фиксации активных и кубовых красителей, закрепления пигментов на текстильных тканях, а также малосминаемой отделки хлопчатобумажных, льняных и смесовых тканей в поле электромагнитного излучения частотой 40,12 МГц. При этом удельная мощность, выделяющаяся в волокнистом материале, составляет 6-8 Вт/см² при напряженности

поля 200-250 В/мм. Данный показатель мощности в 3-4 раза превышает аналогичную характеристику тепловых процессов, применяемых в массовом производстве. При этих параметрах продолжительность процессов, протекающих под действием токов высокой частоты, составляет 6-8 с. Применение высокочастотного нагрева дает значительный технико-экономический эффект. Так, внедрение одной высокочастотной установки в среднем высвобождает от 1 до 4 чел., экономий от 3 до 15 тыс. кВт·ч энергии в год на 1 кВт установленной мощности. Как правило, значительно уменьшаются потери обрабатываемого материала, и повышается качество готовой продукции. При создании процессов и оборудования для термообработки текстильных материалов с использованием ВЧ и СВЧ нагрева необходимо решить ряд задач, связанных с взаимодействием электромагнитного поля и конкретного материала, с целью получения необходимой интенсивности и достаточной равномерности нагрева, стабильности процесса и высокого качества продукции. Например, для эффективного внедрения машин мокрого прядения льна (прядильно-крутильных и вьюрковых) потребовалось разработать рациональный способ сушки пряжи в паковках с высокой плотностью намотки, получаемых на этих машинах. Применение ВЧ энергии в сочетании с обдувкой горячим воздухом позволило высушивать паковки за 8 -15 мин. при интенсивности влагоудаления, в 17 раз превышающей показатели, достигаемые при сушке льняной пряжи в сушильных машинах типа СКД- 500, и в 9,3 раза-при сушке в машинах типа СП-8-2Л [5]. Внедрение ВЧ сушки (по сравнению с традиционной технологией) позволит уменьшить потребность в рабочей силе более чем на 40% благодаря тому, что паковке после ВЧ сушке можно применять без дополнительной перемотки. Несмотря на повышение расходов электроэнергии непосредственно на влагоудаление, общие энергозатраты при выработке льняной пряжи уменьшаются на 7-8% (в результате исключения ряда технологических операций). ВЧ и СВЧ нагрев находит все возрастающее применение в процессах отделки и крашении природных и синтетических нитей [6,7].

Как видно из приведенного обзора, СВЧ - излучение способно резко ускорить протекание различных химических реакций, выполнить быстрый объемный нагрев многих жидких и твердых веществ, повысить эффективность сушки, реализовать химические превращения[8], происходящие под влиянием термических и иных воздействий медленно или не протекающие вовсе. В связи с вышеперечисленным, вытекает необходимость проведения исследований влияния СВЧ - излучения на протекание, ускорение и повышение эффективности процессов варки, отбеливания и сушки текстильных материалов. Контроль качества отбеленных тканей проводится согласно государственным стандартам. К ним относятся: влажность (ГОСТ 3816081), разрывная нагрузка и удлинение (ГОСТ 3813-72), усадка (ГОСТ 9315-76), капиллярность (ГОСТ 3816-81 и степень белизны.

Для подготовки был принят периодический способ подготовки хлопчатобумажных текстильных материалов, так как в производстве трикотажных материалов применяют в основном периодический способ в соответствии с существующими оборудованьями. Выбранный способ состоит из следующего: 10 – 20 г. образца трикотажа из хлопкового волокна замачивают при модуле 50 при температуре 40⁰С раствором следующего состава (г/л): едкий натр- 2,0; препарат ОП-10 - 0,5; силикат натрия - 30,0; перекись водорода - 2,0. Нагревают с обратным холодильником на водяной бане в течение 60 мин до температуры 95⁰С и при указанной температуре ведут обработку в течение 120 мин, после чего следует обработка при температуре 70-80⁰С раствором едкого натра концентрации 1г/л, промывка горячей и холодной воды, высушивают.

Подготовка образцов к колорированию в поле высокочастотного излучения проводится в установке высокочастотного излучения марки MSD-242. Время обработки и мощность ВЧ-излучения (для создания определенной температуры) подбирается

согласно плану эксперимента. Химические реагенты и их концентрации сходны с периодическим способом подготовки.

Предварительные поисковые эксперименты по выбору способа отделки показали, что при использовании непрерывного способа подготовки под действием ВЧ излучения наблюдались неравномерность подготовки, в отдельных случаях пожелтение образцов под действием ВЧ излучения. Поэтому нами выбраны периодические способы подготовки трикотажных полотен из хлопка.

Подготовка к крашению трикотажа из хлопка состоит из процессов отварки и белия. В процессе отварки образцы приобретают способность равномерно смачиваться, но по-прежнему имеют желтоватый оттенок, так как окрашенные вещества и природные красители целлюлозы в процессе отварки не разрушаются и не удаляются. Поэтому необходим второй этап подготовки смесовых образцов, т. е. процесс отбеливания.

Требованием к подготовке текстильных материалов является придание им устойчивой и высокой белизны. Этот процесс основан на деструкции и удалении окрашенных примесей, находящихся непосредственно в структуре волокон, что сопряжено с нежелательной и параллельно протекающей деструкцией волокна. Для отбеливания текстильных материалов используют гипохлориты, хлориты и продукты их превращения, а также перекись водорода.

На первом этапе работы был проведен процесс подготовки образцов смесового трикотажа по периодическому однованному способу. В процессах подготовки вместо традиционного нагрева был использован высокочастотное излучение. В лабораторных условиях в качестве генератора высокочастотного излучения использована микроволновая установка MSD-242, где создается электромагнитное поле с частотой 2450 МГц ($2450 \cdot 10^6$ Гц). Она имеет три мощности излучения: 350, 500, 750 Вт.

В нижеследующих таблицах приводятся результаты экспериментов по изучению влияния продолжительности действия ВЧ излучения на качество подготовки при различных мощностях излучения.

В качестве выходных параметров были определены белизна, капиллярность и разрывная нагрузка образцов.

Таблица 1. Показатели трикотажных образцов, подготовленных по предложенному и контрольному способами при мощности СВЧ излучения 350 Вт

№	Время обраб. мин.	Степень белизны,%	Капил-лярность, мм/час	Разрывная прочность, Н	
				по длине	по ширине
1	5	74,7	32	149,9	151,1
2	10	76,2	60	148,1	149,2
3	15	80,4	80	148,4	147,2
4	30	81,0	115	147,4	148,2
5	120 (контр)	84,0	160	146,7	148,0

Как видно из таблицы, при использовании мощности высокочастотного излучения 350 Вт с увеличением времени обработки от 5 до 30 минут степень белизны и капиллярность образцов повышаются, достигая максимума при 30 минут, а прочность образцов остается почти неизменной. Следует отметить, что достигнутые при этом значения капиллярности и белизны оказались ниже значений контрольного образца. Мощность излучения – 350 Вт оказалась маломощной для достижения ожидаемых результатов. Далее, идентичные эксперименты проводились при мощности высокочастотного излучения 500 Вт и 750 Вт. При использовании мощности 750 Вт

имелись трудности в связи с сильным кипением рабочего раствора. При использовании мощности 500 Вт были получены хорошие результаты.

Как видно из таблицы 2, при использовании мощности высокочастотного излучения 500 Вт с увеличением времени обработки от 5 до 30 минут максимальное значение степени белизны и капиллярности образцов достигается при продолжительности обработки под СВЧ излучением 15 минут. В этом случае нам удалось сократить времени процесса подготовки в 6-8 раза по сравнению с принятым способом подготовки.

Таблица 2. Показатели трикотажных образцов, подготовленных по предложенному и контрольному способами при мощности СВЧ излучения 500 Вт

№	Время обраб. мин.	Степень белизны, %	Капиллярность, мм/час	Разрывная прочность	
				подлине	по ширине
1	5	77,7	81	154,9	160,1
2	10	79,2	111	155,1	159,2
3	15	85,4	162	150,4	154,2
4	30	86,8	164	152,4	155,2
5	120 (контр)	84,0	160	146,7	148,0

Таким образом, наиболее рациональным режимом использования высокочастотного излучения при подготовке трикотажа из хлопка был принят: Мощность СВЧ излучения – 500 Вт; Время обработки в поле СВЧ излучения – 15 минут.

При отбеливании хлопчатобумажных материалов традиционным, классическим способом время отбеливания доходит до 3 часов, процесс в основном проводится периодическим способом. При проведении процесса под СВЧ – воздействием процесс можно провести непрерывным способом и время отбеливания можно сократить в сотни раз, т.е. эффект отбеливания достигается за 5-10 мин. Применение высокочастотного нагрева дает значительный технико-экономический эффект[8].

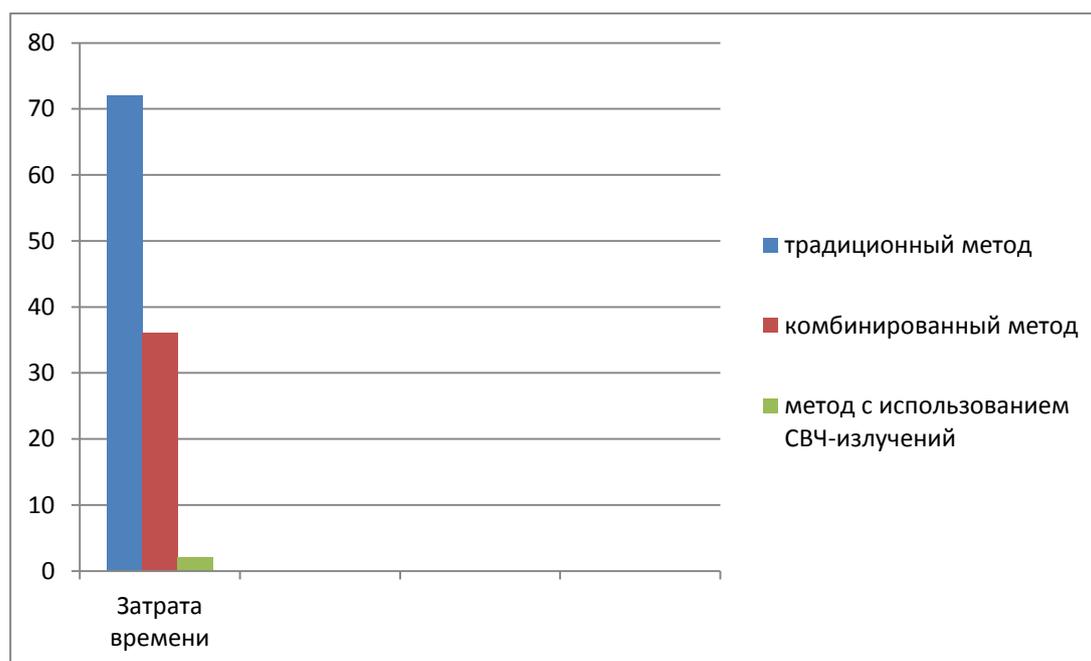


Рисунок 1.

ВЫВОД: Внедрение ВЧ сушки (по сравнению с традиционной технологией) позволит уменьшить потребность в рабочей силе. СВЧ - излучение способно резко ускорить протекание различных химических реакций, выполнить быстрый объемный нагрев, повысить эффективность отбели, реализовать химические превращения, происходящие под влиянием термических и иных воздействий медленно или не протекающие вовсе.

Это позволит улучшить качество текстильных материалов и будет способствовать повышению конкурентоспособности данных текстильных материалов.

Литература

1 Пчельников Ю.Н., Свиридов В.Т. Электроника сверхвысоких частот. - М.: Радио связь.2001. - 95 с.

2 Заринский В.А., Ермаков В.И. Высокочастотный химический анализ. Применение токов высокой частоты в аналитических и физико-химических исследованиях. - М.: Наука. 2000. - 94 с.

3 Law K.L., Zhon W.X. and Valade J.L. Une etude preliminary de la mice en pate chimico-mecanique assisted par micro-ondes. // Pulp Paper Canada. 2003. p 13-16.

4 Microwave-assisted alkaline peroxide mechanical pulping of aspen Juo S.G., Xalade I.L. // Cellul. Chem. and Technol. 2004. №1. (28).с.71-83.

5 Применение микроволнового излучения для регенерация активированного угля. Rend Jinhui // J. Jinchon hoax quqanql chem. and Jud. 2009. 12. № 2. p. 82-90.

6 Альтер-Песочкий Ф.Л. Применение физических методов интенсификации технологических процессов. // Текстильная промышленность. 2000. № 1. с. 51-53.

7 Одинцова О.И., Никифоров А.Л., Козлова О.В. и Мельников Б.Н. Изучение кинетики проявления кубозолей в поле токов высокой частоты. // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. 2002. № 3. с. 54-58.

8 Никифоров А.Л., Мельников Б.Г., Блинчева И.Б. Применение энергии высоких частот для активации процессов отделки и крашения текстильных материалов. // Химические волокна. 2006. №4. С.44-48.

References

1 Pchel'nikov Yu, Vladimir Sviridov Proin electronics. - M.: Radio svyaz.2001. -95 с.

2 Zarinsky VA, Ermakov VI Maximum Chemica analysis principia. Ususenimprinceps frequency analytica&PhysicoChymicamstudiorumcursum. - M.: Nauka. 2000-94 с.

3 legis K.L., Zhon W.X. et Valade J.L. Une etude sumpsimusad disputationem de la murium en pate-chimicomecaniqueadiuvari par Micro-ondes. // Pulp Paper Canada. 2003. 13-16 p.

4 Microwave alkaline peroxide mechanica Pulping of aspen Juo SG, Xalade IL // Cellul. Res. et Technol. 2004. №1. (XXVIII). s.71-83.

5 Usus microwave radiation in regeneratione activated carbo. Rend Jinhui // J. Jinchon hoax quqanql chem. et Jud. 2009. 12. № 2. p. 82-90.

6 Alter Pesotsky FL Usumcorporalismodosintensiotechnicaeprocessus. // Textiles. 2000. № 1. a. 51-53.

7 Odintsov, OI, Nikiforov AL, Kozlova OV et BN Melnikov Studiumostendit kinetics kubozoleyfrequentiam in campo magno excursus. // Proceedings de universitatibus. Technicarum textile industria. 2002. № 3. a. 54-58.

8 Nikiforov AL, BG Melnikov, Blincheva IB Applicationemaltus frequency industriaadmovere processibustingendos et consummatione textile materias. // Chemical fibris. 2006. №4. P. 44-48.

**ИССЛЕДОВАНИЕ РОСТА РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СОРТОВ
ХЛОПЧАТНИКА В СЕВЕРНОЙ И ЮЖНОЙ ЗОНАХ ЮЖНО-
КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**INVESTIGATION ON GROWTH OF DOMESTIC COTTON VARIETIES IN THE
NORTHERN AND SOUTHERN ZONES OF SOUTH KAZAKHSTAN REGION**

**Юсупов Ш., Калдыбаев Р.Т., Ташменов Р.С., Калдыбаева Г.Ю.
Yusupov Sh., Kaldybaev R.T, Tashmenov R.S, Kaldybaeva G. YU.**

Южно-Казахстанский Государственный университет им. М. Ауэзова, Республика
Казахстан.
South Kazakhstan State University. Aueзов, The Republic of Kazakhstan.
e-mail: rashid_cotton@mail.ru

Резюме

В результате проведенных исследований была проведена систематизация и определение высокоурожайных и высококачественных сортов хлопчатника соответствующих не более одного сорта по климатическим зонам Южного Казахстана. Продолжительность вегетационного периода скороспелых сортов хлопчатника составляет 130-140 дней и может достигать 160 - 170 дней. Эта особенность скороспелых сортов культуры обуславливает возможность сбора хлопка-сырца до наступления ранних заморозков, вследствие чего увеличивается выход высококачественного волокна. Для проведения опытов и определения биологических особенностей и чистоты отечественных сортов выбирались определенные участки в различных климатических зонах. Изучение в различных зонах хлопководства показало, что в климатических условиях Средней Азии в системе агротехнических мероприятий, способствующих дальнейшему повышению урожая хлопка-сырца и улучшению его качества, важнейшее значение принадлежит зяблевой вспашке и многим другим параметрам, рассматриваемым в данной статье.

Abstract

Purpose of the article - classification and definition of high-yielding and high-quality varieties of cotton appropriate no more than one variety of climatic zones of Southern Kazakhstan. The growing season is early maturing varieties of cotton is 130-140 days and can reach to 160 - 170 days. This feature ripening varieties culture makes possible the collection of cotton before the early frosts, thereby increasing the output of high-quality fiber. To carry out the experiments and to determine the biological characteristics and purity of domestic varieties to select specific sites in different climatic zones. Studying in different zones of cottonseeds showed that the climatic conditions of Central Asia in the system of agricultural activities that contribute to further improve the yield of raw cotton- and improving its quality, belongs to the essential autumn plowing, and many other parameters discussed in this article.

Ключевые слова: хлопчатник, климатические зоны, скороспелые сорта, фосфор, вегетационный период.

Key words: cotton, climate zones, early maturing varieties, phosphorus, vegetation period.

Южный Казахстан является одним из крупных экономических зон республики по производству сельскохозяйственной продукции, где сосредоточены основные посевы хлопчатника[1].

Территория Южно-Казахстанской области по почвенно-климатическим условиям делится на три зоны: засоленные, вводно-дефицитные и лимитированные температурным режимом.

Северная зона ЮКО аналогично отличается по почвенно-климатическим условиям, поэтому технология и сорта выращивания хлопчатника в Южной области не подходит к условиям северной зоны. Учитывая эти закономерности необходимо создать новые скороспелые сорта хлопчатника с высоким качеством волокна.

Каждый сорт имеет потенциальные возможности увеличения урожая и сохраняет высокое качество волокна, только тогда, когда создаются все условия для роста хлопчатника (как почвенная влажность, условия питания, способы обработки почвы) [2]. В данное время в Казахстане выращиваются более 11 отечественных раннеспелых и среднеспелых сортов хлопчатника, которые высеваются на площадях, не разделенных на зоны, климатические условия, отличающиеся по количественным и качественным требованиям текстильной промышленности РК. Но эти сорта не полностью используются в текстильной промышленности, причиной чего, является сортосмесь и потерю качественных показателей.

Технология выращивания скороспелых сортов хлопчатника отличается от традиционных сортов так, как продолжительность вегетационного периода у него короче и составляет 105- 115 дней (вегетационный период применяемых местных сортов составляет 130-140 дней и может достигать 160 - 170 дней). Эта особенность скороспелых сортов культуры обуславливает возможность сбора хлопка-сырца до наступления ранних заморозков, вследствие чего увеличивается выход высококачественного волокна[3].

Систематизация и определение высокоурожайных и высококачественных сортов хлопчатника соответствующих не более одного сорта по зонам является актуальной задачей развития хлопкового кластера РК[4].

Многочисленные исследования показывают, что фосфор необходим растению уже на самых ранних этапах его жизни. Фосфорное голодание растений в раннем возрасте не может быть компенсировано поздним снабжением их фосфором[5,6,7].

Причиной высокой отзывчивости растений на фосфор в начальный период развития является особенность метаболизма, когда развивающиеся проростки используют продукты распада белков семени для синтеза новых белков. В процессе прорастания семян содержание неорганического фосфора значительно увеличивается за счет гидролиза, главным образом фитина и других фосфоорганических соединений[8]. По мере старения клеток имеющийся в них фосфор высвобождается из органических соединений и мигрирует во вновь образующиеся ткани и органы. Благодаря такой миграции фосфора проросток некоторое время развивается за счет запаса фосфорных соединений, содержащихся первоначально в семядолях зародыша семян. Новообразование клеток, тканей и органов проростка происходит вследствие притока к ним необходимого количества фосфора[9].

Максимальная потребность хлопчатника в фосфоре наступает в период его плодообразования. В этот период происходит усиленный рост и созревание коробочек, а в семенах создаются запасы фосфора и других питательных веществ для последующего накопления. Недостаток фосфора в этот период замедляет плодообразование и созревание коробочек, повышает опадение завязей и т.д. Для обеспечения растений в период плодообразования фосфором, удобрения вносят под вспашку на глубину 25-30см, где основная масса корней сосредоточена в этом горизонте.

Целью программы является внедрение технологии возделывания сортов хлопчатника в соответствии с климатическими условиями ЮКО, отбор семян «скороспелых» сортов хлопчатника и разработка технологий, увеличивающих качество волокна

Для проведения опытов и определения биологических особенностей и чистоты отечественных сортов выбирались участки в СПК «Мақтаарал и К», с/о Мақтаарал, с.Атамекен, Мақтаральский район и ТОО «МАРТ» Ордабасинский район Торткульский с/а, с.Торткуль ЮКО.

Для высева отобраны из отечественных сортов хлопчатника по лучшим биолого-хозяйственным показателям сорт «Мақтаарал-4011» высота главного стебля 123-127 см, моноподиальные ветви 1-2 шт, урожайность -39-43 ц/га, вегетационный период 117-120 дней, длина волокна-32-33 мм, метрический номер-5228, микронейр- 4,6 выход волокна -37-38%.

Сорт «Туркестан» высота главного стебля 90-100 см, моноподиальные ветви 1-2 шт, урожайность 38-45 ц/га, вегетационный период 105-110 дней, длина волокна-36-38 мм, метрический номер-5228, микронейр- 4,6 выход волокна -38-39%, закладка первых симподиальных ветвей появиться на пазухах 5-го листа, код 36-37.

Изучение в различных зонах хлопководства показало, что в климатических условиях Средней Азии в системе агротехнических мероприятий, способствующих дальнейшему повышению урожая хлопка-сырца и улучшению его качества, важнейшее значение принадлежит зяблевой вспашке [10]. Вспаханная с осени почва подвергается в холодный период года в разной степени воздействию осадков, ветра, замораживанию и оттаиванию с поверхности; постепенно приобретая мелкокомковатое состояние. Опыты передовой практики показали, что своевременная и высококачественная зяблевая вспашка - обязательное мероприятие в борьбе с засоренностью полей, в обеспечении благоприятных условий для проведения весенней и предпосевной подготовки пашни к посеву, получении дружных всходов хлопчатника, хорошего развития и высокого урожая с ранним созреванием. Зяблевая вспашка обеспечивает высокую эффективность, если проводится в наиболее благоприятные сроки. Установлено, что лучший срок для вспашки - период с 25 октября по 10-25 декабря. Основная обработка почвы более эффективна, чем непосредственно перед посевом хлопчатника.

На опытных полях основная обработка почв проводилась осенью 2014 г с пахотой на 35-40 см глубину почв. Исследованиями многих ученых установлено, что в различных почвенных климатических условиях хлопководящих республик при существующей технологии возделывания хлопчатника успех в борьбе с засоренностью полей, получение дружных всходов хлопчатника и забот в его развитии в значительной мере зависят как от технологии основной обработки почв, так и от качества разделки поверхности пашни орудий, применяемых в этот период.

Кроме того, для нормального развития хлопчатника и получения высокого, рано созревающего урожая в почве должно находиться необходимое количество влаги и питательных веществ - усвояемого азота, фосфора и калия. Нормальное фосфорное и азотное питание хлопчатника в начальном возрасте способствует ускоренному развитию, раннему созреванию коробочек и более высокой урожайности [10]. Одна из первоочередных и важнейших мероприятий для получения хороших и дружных всходов - ранне-весеннее боронование. Поэтому для сохранения влаги в почве проводили боронование в два следа в марте месяце. Перед посевом проводили чизелование с одновременным боронованием в два следа в Мақтаральском районе 23-апреля.

Основными вредителями среди более чем 30 видов насекомых и клещей повреждающих хлопчатник и способных нанести существенные повреждения и тем самым снизить урожайность, являются паутинные клещи, хлопковая совка, хлопковая белокрылка, табачный трипс, клопы и др. Выше указанные вредители за вегетационный

период развиваются в 5-15 поколениях. Повреждаемость растений составляют от 10 до 45%, а отдельных полей фермеров до 80-90%. Защита хлопчатника от вредных организмов проводится организационно-хозяйственными, агротехническими, биологическими приемами. Для этого проводилось обследование полей возможного распространения вредных организмов, изучались приемы и методы борьбы, кратность и сроки обработки с вредителями.

Материал и методика. Опыт закладывался в двух фосфорных зонах 1-125кг/га, 2-175кг/га, в трехкратных повторностях площадь каждой делянки составляют 100 м². Учетная площадь 50 м². Посев двух сортов хлопчатника проводился в Мактаральской зоне 25-апреля 2015г, а в Ордабасинском районе 8-мая 2015 года. Все агротехнические мероприятия проводятся по принятой методике. Полевая всхожесть определялась методом учета, на 10-погонных метрах, трехкратной повторности на двух фосфорных фонах и двух сортах хлопчатника, которые отбирались по характеристике данного сорта. Посев в Мактаральской зоне проводился в период, когда температура почвы достигала 14-16° 25-апреля 2015 г хлопковой сеялкой точного посева. Норма высева 30 кг/га, глубина заделки семян 5-6 см. Полноценные всходы получили за 7-дней. Для определения полевой всхожести на каждой делянке для проведения учета разместили 10-погонных метров площади, в 4-х повторностях.

Внедрение нового сорта хлопчатника представляет собой оптимальное упорядочение всех агротехнических мероприятий и обеспечение всеми необходимыми факторами жизни растений. Оно позволяет получать урожай сельскохозяйственных культур путем правильного использования и оптимизации всех факторов [11].

В то же время обеспечение растений элементами питания в ранний период, является весьма решающим в повышении урожайности и улучшения его качества.

При выполнении научных исследований, использованы полевые опыты, аналитические и технологические методы. В течение вегетационного периода проводились следующие учеты и наблюдения; (по методике проведения полевых и вегетационных опытов СоюзНИХИ 1983г)

- учет высоты главного стебля растений по фазам развития;
- учет образования плодовых ветвей и плодоорганов по фазам развития;
- отбор образцов растений для химического анализа по фазам;
- учет урожая;
- отбор образцов для определения технологического качества волокна;

Опыт закладывался в двух фосфорных зонах 125кг/га, 175кг/га, в трехкратных повторностях площадь каждой делянки составляют 100 м². Учетная площадь 50 м². Посев двух сортов хлопчатника проводился в Мактаральской зоне 25-апреля 2015г, а в Ордабасинском районе 8-мая с.г. Все агротехнические мероприятия проводились по принятой методике. Полевая всхожесть определялась методом учета, на 10-погонных метрах, трехкратной повторности в двух фосфорных зонах и двух сортах хлопчатника, которые отбирались по характеристике данного сорта. Посев в зонах Мактаральского района проводился в период, когда температура почвы достигала 14-16° 25-апреля 2015 г хлопковой сеялкой точного посева. Посев в Ордабасинском районе проводился также, когда температура почвы достигала 14-16° 8-мая 2015 г.; посев проводился рядовой хлопковой сеялкой. Для определения полевой всхожести на каждой делянке для проведения учета разместили 10-погонных метров площади, в 4-х повторностях. Норма высева 30 кг/га, глубина заделки семян 5-6 см. Для определения полевой всхожести на каждой делянке для проведения учета разместили 10-погонных метров площади, в 4-х повторностях.

Результаты исследований. Полевая всхожесть хлопчатника Мактаральского района проводилась 28.04 2015г, после каждые 3 дня. Как показали данные, за 7 дней всходы хлопчатника сорта Мактаарал-4011, 96,5%, полностью появились, это говорит о том что семена обоих сортов хлопчатника относятся к первому классу. (табл1)

Аналогичные данные получены по опытам в Ордабасинском районе(таб.2).

Таблица 1. Полевая всхожесть в Мактаралском районе в %

Фосфор 125кг/га	28.04	2.05	8.05
Мактаарал-4011	20,2	67,1	96,5
Туркестан	24,3	69,4	97,7
Фосфор 175кг/га	28.04	2.05	8.05
Мактаарал-4011	30,1	66,9	96,6
Туркестан	30,5	68,2	97,7

Таблица 2. Полевая всхожесть в Ордабасинском районе в %

Фосфор 125кг/га	11.05	14.05	18.05
Мактаарал-4011	25,3	65,2	96,5
Туркестан	26,3	67,1	97,0
Фосфор 175кг/га	11.05	14.05	18.05
Мактаарал-4011	29,1	68,7	96,5
Туркестан	30,0	68,6	97,5

Обычно первую культивацию проводят сразу же, как повяжутся полноценные всходы хлопчатника. Запоздывание с проведением этой операции приводит к зарастаниям посевов сорняками, а при частых и обильных осадках возможно распространение корневой гнили. Поэтому первая культивация проводилась в Мактаральском районе 12-мая, а Ордабасинском районе 21-мая. После культивации проводились прополки и прореживание, в фазе 1-2 настоящих листочках.

Учет за ростом и развитием проводился 16-мая, в Ордабасинском районе 27-мая. Для этого на каждой делянке по всем повторностям разместилось по 100-растений, развешаны этикетки на первом и на последнем растениях, а в дальнейшем будут развешены на каждом растении.

Эти закономерности проявлялись во всех остальных фазах развития хлопчатника сорта «Туркестан». Так на 8-10 дней раньше началась фаза цветения хлопчатника, к концу вегетации эта закономерность усилилась и привела к тому, что коробочки раскрылись на 12-13 дней раньше времени. Так, в условиях Мактаральского района в фосфорной зоне 125кг у сорта «Мактаарал-4011» число коробочек 12,2шт. из них раскрывшиеся 2,0шт, а в фоне 175 15,6; 4,3шт, а у сорта «Туркестан» эти показатели были соответственно 14,5, 5,0; и 15,8, 6,5. Эти показатели в Ордабасинском районе составили у сорта «Мактаарал-4011» 9,2, 0,0 на высоком фоне 9,2, 2,0 соответственно у сорта «Туркестан» 14,4, 4,0, и 16,1, 8,5 шт. Этот фактор является еще одной из особенностей скороспелого сорта хлопчатника сорта «Туркестан».

Таблица 3. Показатели роста развития хлопчатника сорта «Мактарал-4011» и «Туркестан» в условиях Мактаральского района
Фосфор 125кг/га

сорта	Нач.бутонизации			цветения			плодообразования			Коробочкиобразования					созревания	
	рост растения, см	Симподиальные ветви, шт.	плодоэлементы, шт.	рост растения, см	Симподиальные ветви, шт.	плодоэлементы, шт.	рост растения, см	Симподиальные ветви, шт.	плодоэлементы, шт.	рост растения, см	Симподиальные ветви, шт.	коробочки, шт	плодоэлементы, шт	цветочки	коробочки, шт	В т.ч. раскрывшиеся
Мактаарал-4011	20,4	5-6 л	-	41,3	5,4	5,6	53,0	7,1	9,0	96,0	10,9	6,3	18,0	25,5	12,2	2,0
«Туркестан»	21,1	1,0	2,0	40,4	7,0	7,1	52,0	9,2	15,1	94,0	11,5	9,2	18,2	18,5	14,5	5,0

Фосфор 175кг/га

Мактаарал-4011	21,2	1,0	1,0	42,6	7,3	7,4	56,2	8,6	12,4	112,0	14,3	8,4	25,6	21,2	15,6	4,3
«Туркестан»	22,3	2,0	3,2	43,1	8,6	9,8	54,8	10,3	16,7	96,5	12,8	10,3	23,8	20,9	15,8	6,5

В Ордабасинском районе.

Фосфор 125кг/га

Мактаарал-4011	21,5	5-6 л	-	42,4	3,4	4,6	53,0	5,1	9,0	98,0	9,8	6,3	17,0	25,5	9,2	-
«Туркестан»	21,6	1,0	2,0	40,6	5,0	8,1	52,0	8,2	15,1	94,0	11,0	9,2	17,2	18,5	14,5	4,0

Фосфор 175кг/га

Мактаарал-4011	23,2	1,0	1,1	42,2	4,5	5,7	56,3	6,0	11,2	111,8	11,2	7,3	18,6	27,6	9,6	2,0
«Туркестан»	23,5	2,3	2,5	41,8	6,6	10,6	53,9	9,1	16,3	96,0	12,6	10,4	18,2	27,1	16,1	8,5

Важнейшее значение в решении размещения сортов, в условиях Южного Казахстана большую роль играют скороспелые сорта хлопчатника. В познании факторов, обуславливающих скороспелость хлопчатника, немаловажную роль играют межфазные периоды, от сроков прохождения, которых зависит продолжительность всего вегетационного периода. На наш взгляд, наиболее важными межфазными периодами являются всходы-цветение и цветение- созревание. Известно, что продолжительность этих периодов у сорта хлопчатника различна и имеет существенные колебания по длительности прохождения каждого периода. С этой целью было изучены продолжительности прохождения данных периодов. Полученные данные показывают, что Южная и Северная зоны ЮКО имеют большую разницу по климатическим условиям, так в условиях Мактаральского района в фосфорном фоне 125кг у сорта «Мактарал-4011» число продолжительности дней от всхода до цветения 62 дня, от цветения до созревания 55дней, а общая продолжительность 117дней, а в фоне 175кг/га 61, 54, 115 дней а у сорта «Туркестан» эти показатели соответственно 58, 52, 107: 56, 50, 106дней. Эти показатели в Ордабасинском районе составили у сорта «Мактарал-4011» 65, 58, 123, на высоком фоне 64, 56, 120 дней а соответственно у сорта «Туркестан» 61, 54, 115, и 59, 52, 111дней.

Сорт хлопчатника «Туркестан» также отличается большей интенсивностью раскрытия коробочек. Учет раскрытия коробочек в Мактаральском районе на 30 августа, у сорта «Мактарал-4011» число раскрытых коробочек на двух фонах 55-60%, а у сорта «Туркестан» 70-75 %; к 25сентября этот показатель составлял 70-80%, тогда как у сорта Мактаарал-4011 он составлял только 45-50%.

Перед уборкой хлопчатника сорта «Туркестан», было проведено исследование веса одной коробочки хлопчатника, взятого с 3-5 и 7-8 симподии. Вес одной коробочки соответственно симподиальным ветвям в Мактаральском районе составил 6,0-5,8,6,1-6,0 грамма, а у стандартного сорта Мактаарал-4011эти показатели составили 5,6-4,9 грамма, на высоком фоне соответственно, и 5,7-5,0, а в Ордабасинском, эти показатели соответственно, 6,0-5,8, 6,1-5,9гр, и 5,3-4,5, 5,5-4,6.

Для проведения учета урожая выделялось по 50м² площади, в каждом варианте по четыре повторения. Сбор проводился ручным способом. Так, в отчетном году урожайность сорта «Туркестан» составила 38,3, на высоком фоне 39,0 центнера с гектара, тогда как у сорта Мактаарал-4011 она составила всего 36,2,и 39,0 ц/га, а в Ордабасинском, эти показатели соответственно, 36,3, 39,5 и 26,2, 28,3ц/га,

Перед каждым сбором урожая хлопка-сырца отбирались образы хлопка - сырца для определения технологического качества хлопкового волокна.

Итак, проведенный анализ показал, что в условиях северной зоны Южно-Казахстанской области внедрение в производство хлопчатника сорта «Туркестан» позволит получить с каждого гектара посева 10,1 центнера дополнительного урожая хлопка-сырца и даст возможность перспективному развитию хлопководства сельскохозяйственного сектора Республики Казахстан.

Литература

1. Азизов Б. Для повышения плодородия. Журнал. Сельское хозяйство Узбекистана. Ташкент, 1990. № 2. С. 7.
2. Джумабеков Х.А. и др. Особенности районированных и перспективных сортов хлопчатника в условиях Республики Каракалпакстан. Ж. «Вестник» Каракалпакского отд. АН РУз, 2005. С. 67 – 68.
3. Джумабеков Х.А., и др. Особенности новых средневолкнистых линий хлопчатника в зависимости от фона минеральных удобрений в условиях северных районов Узбекистана. Ж. «Вестник» Каракалпакского отд. АН РУз, 2007. С. 42 – 44.

4. Джумабеков Х.А., Идиатуллина Д.Л., Шеримбетов А.Г. Особенности плодovitости новых средневолокнистых линий хлопчатника в разных условиях режима водоснабжения. 2010 б. 280-283.

5. Жалилов О.Ж. Тезпишар истик боллигузанавларининг агротехникаси ва уларнинг иктисодий самарадорлиги. Ташкент, 1999. 34 б.

6. Жалилов О.Ж., Джумабеков Х.А., Каримов Э.Ё., Одилов С., Асриян Н.С. Хозяйственно-ценные показатели средневолокнистых и тонковолокнистых линий хлопчатника // Узб. биол. журн. Ташкент, 2007. № 5. С. 47-52.

7. Жалилов О.Ж., Одилов С., Джумабеков Х.А., Каримов Э.Ё., Идиатуллина Д.Л. Интеграция и стабилизация признаков у потомства синтетических линий хлопчатника при многократном отборе // Вестник Аграрной науки Узбекистан. Ташкент, 2007. № 1-2 (27-28). С. 62-65.

8. Жалилов О. Ж., Джумабеков Х.А., Одилов С., Каримов Э.Ё., Идиатуллина Д.Л. Формирование морфо – хозяйственных показателей новых линий хлопчатника и их доработка по чистоте и однородности до уровня сбалансированного сорта. Халқаро илмий анжуман. Ёўзанинг дунёвий хилма-хиллиги генофонди-фундаментал ва амалий тадқиқотлар асоси. Ташкент, генетика и ўсимликлар экспериментал биологияси институти ЎзР ФА, 2010 б. 185-187.

9. Ибрагимов Ш.И., Ковальчук Р.И., Тяминов А.Р. Отдаленная гибридизация хлопчатника, изучение и рекомбиногенез. Ташкент: Фан, 1986. 168 с.

10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.

11. Константинова Л.Г., Курбанов А.Б., Атаназаров К.М. Качество питьевой воды, состояние здоровья населения и прогноз заболеваемости населения Республики Каракалпакстан // Экологические факторы и здоровье матер.и ребенка в регионе Аральского кризиса. Материалы междунар. семинара. Нукус. ФАН, 2001. С. 87 – 95.

References

1. Azizov B. Dlya povysheniya plodorodiya. Zhurnal. Sel'skoe khozyaystvo Uzbekistana. Tashkent, 1990. № 2. S. 7.

2. Dzhumabekov Kh.A. i dr. Osobennosti rayonirovannykh i perspektivnykh sortov khlopchatnika v usloviyakh Respubliki Karakalpakstan. Zh. "Vestnik" Karakalpakskogo otd. AN RUz, 2005. S. 67 – 68.

3. Dzhumabekov Kh.A., i dr. Osobennosti novykh srednevoloknistykh liniy khlopchatnika v zavisimosti ot fona mineral'nykh udobreniy v usloviyakh severnykh rayonov Uzbekistana. Zh. "Vestnik" Karakalpakskogo otd. AN RUz, 2007. S. 42 – 44.

4. Dzhumabekov Kh.A., Idiatullina D.L., Sherimbetov A.G. Osobennosti plodovitosti novykh srednevoloknistykh liniy khlopchatnika v raznykh usloviyakh rezhima vodosnabzheniya. 2010 b. 280-283.

5. Zhalilov O.Zh. Tezpushar istik bolliguzanavlarining agrotekhnikasi va ularning iktisodiy samaradorligi. Tashkent, 1999. 34 b.

6. Zhalilov O.Zh., Dzhumabekov Kh.A., Karimov E.Ye., Odilov S., Asriyan N.S. Khozyaystvenno-tsennye pokazateli srednevoloknistykh i tonkovo­loknistykh liniy khlopchatnika // Uzb. biol. zhurn. Tashkent, 2007. № 5. S. 47-52.

7. Zhalilov O.Zh., Odilov S., Dzhumabekov Kh.A., Karimov E.Ye., Idiatullina D.L. Integratsiya i stabilizatsiya priznakov u potomstva sinteticheskikh liniy khlopchatnika pri mnogokratnom otbore // Vestnik Agrarnoy nauki Uzbekistan. Tashkent, 2007. № 1-2 (27-28). S. 62-65.

8. Zhalilov O. Zh., Dzhumabekov Kh.A., Odilov S., Karimov E.Ye., Idiatullina D.L. Formirovanie morfo – khozyaystvennykh pokazateley novykh liniy khlopchatnika i ikh dorabotka po chistote i odnorodnosti do urovnya sbalansirovannogo sorta. Khalkaro ilmiy anzhuman. Ёўзанинг дунёвий хилма-хиллиги генофонди-фундаментал ва амалий тадқиқотлар

asosi. Tashkent, genetika i ўsimliklar eksperimental biologiyasi instituti ЎzR FA, 2010 b. 185-187.

9. Ibragimov Sh.I., Koval'chuk R.I., Tyaminov A.R. Otdalennaya gibridizatsiya khlopchatnika, izuchenie i rekombinogenez. Tashkent: Fan, 1986. 168 s.

10. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Kolos, 1979. 416 s.

11. Konstantinova L.G., Kurbanov A.B., Atanazarov K.M. Kachestvo pit'evoy vody, sostoyanie zdorov'ya naseleniya i prognoz zabolevaemosti naseleniya Respubliki Karakalpakstan // Ekologicheskie faktory i zdorov'e mater.i rebenka v regione Aral'skogo krizisa. Materialy mezhdunar. seminar. Nukus. FAN, 2001. S. 87 – 95.

УДК 502.174.1

UDC 502.174.1

ФЛОТАЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ПОЛИСТИРОЛА FLOTATION RECOVERY OF POLYSTYRENE

**Левданский А. Э., Опимах Е. В.
Levdansky A. E., Apimakh Y. V.**

Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь
Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus
alex_levdansky@mail.ru

Резюме

Описаны экспериментальные исследования флотационного извлечения измельченного полистирола с размерами частиц от 1 до 4 мм. Эксперименты были выполнены на лабораторном флотационном аппарате колонного типа с пневматической аэрацией. Исследования выполнялись с использованием в качестве поверхностно-активных веществ смеси, содержащей натрий лауретсульфат и диэтаноламид. Приведены полученные зависимости извлечения полистирола от количества поверхностно-активных веществ при различных высотах аэрируемого слоя жидкости, зависимости извлечения полистирола от расхода воздуха, полученные при высоте аэрируемого слоя жидкости 0,48 м, а также зависимости извлечения полистирола от температуры жидкости, полученные при высоте аэрируемого слоя жидкости 0,17 м, количестве поверхностно-активных веществ 1 мл. При флотации с использованием смеси поверхностно-активных веществ, содержащей натрий лауретсульфат и диэтаноламид, извлечение достигало 99%. Была определена достаточная высота слоя аэрируемой жидкости – 0,6 м, дальнейшее увеличение которой не влияет на извлечение полистирола. Определены оптимальные параметры флотационного извлечения полистирола. Сделаны выводы о том, что флотационное разделение полимеров, основанное на их избирательной смачиваемости, является перспективным направлением при переработке смешанных пластмассовых отходов.

Abstract

The experimental studies have been flotation recovery of polystyrene represented in the form of particles with sizes ranging from 1 to 4 mm. Experiments were performed on a laboratory flotation machine column type with pneumatic aeration. Studies were performed using as surfactant mixture comprising sodium laureth sulfate and cocamid DEA. Shows the obtained relationship between recovery of polystyrene on the amount of surface-active substances at different heights aerated liquid layer, relationship between recovery of

polystyrene on the air flow and extraction of polystyrene depending on the temperature of liquid. Flotation using a mixture of surfactants comprising sodium laureth sulfate and cocamid DEA, extraction was 99%. It was determined enough aerated liquid layer height - 0.6 m, a further increase which does not affect the recovery of polystyrene. Were found optimal conditions for the flotation extraction of polystyrene. The conclusions that the flotation separation of polymers, based on their selective wettability, is a promising direction in the recycling of mixed plastic waste.

Ключевые слова: Поверхностно-активные вещества, флотация, пластмассы, отходы, полистирол, разделение, смачиваемость

Keywords: Surfactants, flotation, plastics, waste, polystyrene, separation, wettability

Введение

В последние годы проблема утилизации пластмассовых отходов стала занимать одно из важнейших мест в мире. Это объясняется значительным ростом производства полимерных материалов и расширением областей их применения в различных отраслях. Основное количество отходов уничтожают захоронением, затоплением или сжиганием. Все эти способы наносят огромный ущерб окружающей среде.

Вместе с тем пластмассовые отходы являются дополнительными источниками сырьевых ресурсов и энергетических запасов. Повторное использование пластмасс для получения полезных продуктов и изделий – основное направление в решении проблемы отходов.

Проблем, связанных с утилизацией полимерных отходов, достаточно много. Они имеют свою специфику, но их нельзя считать неразрешимыми. Наибольшие трудности связаны с переработкой и использованием смешанных отходов. Причина этого в несовместимости пластмасс, входящих в состав бытового мусора. Из-за различной полярности компонентов возникает разделение фаз в расплаве или после охлаждения. Меньший компонент образует дисперсную фазу в дисперсионной (непрерывной) фазе-матрице. Неоднородность смесей является причиной низкой ударной вязкости. Полимерные примеси оказывают сильное влияние на полимер-матрицу и приводят к заметному ухудшению внешнего вида деталей, получаемых из отходов, снижению качества поверхности и физико-механических показателей. Поэтому требуется их постадийное разделение.

Разделение смешанных (бытовых) отходов термопластов по видам проводят следующими основными способами: флотационным, разделением в тяжелых средах, аэросепарацией, электросепарацией, химическими методами и методами глубокого охлаждения.

В настоящее время при переработке полимеров широко применяются флотационные ванны для сепарации материалов, но только с разными относительными плотностями. Как например, полипропиленовые и полиэтиленовые колпачки, отрывные кольца, этикетки, которые легче воды, удаляются с ее поверхности. А материал, осевший на дне, передается для дальнейшей обработки в моечно-сушильный комплекс.

Свойство избирательной смачиваемости пластмасс в таких ваннах не используется. Однако в научно-технической литературе крайне ограниченно представлена информация о том, что флотационное разделение пластмасс может производиться при использовании поверхностноактивных веществ (ПАВ), которые избирательно изменяют их гидрофильные свойства [1–5]. Данные о влиянии каких-либо факторов на флотационное разделение смесей измельченных пластмасс не встречаются в литературе.

Автором ранее были проведены исследования по разделению смеси измельченных АБС и ПА [6], а также, отдельно, исследована возможность флотации отходов ПЭТ [7]. Исследование процесса флотации отдельных измельченных

пластмасс при использовании различных ПАВ позволит определить различные соотношения сил адгезии и когезии некоторых типов пластмасс. Благодаря этому будет известно при использовании каких ПАВ и условий процесса возможно извлечение заданной пластмассы из определенной смеси. Различные условия могут применяться на разных стадиях флотационного разделения смеси измельчённых пластмасс, постадийно извлекая некоторые из них.

Цель

Целью данной работы являлось экспериментальное нахождение зависимостей извлечения полистирола при его флотации от физических и режимных факторов.

Материалы и методы

Полистирол (ПС) – жёсткий, хрупкий, аморфный, термопластичный полимер с высокой степенью оптического светопропускания, невысокой механической прочностью. Полистирол легко формуется и окрашивается. Хорошо обрабатывается механическими способами. Хорошо склеивается. Обладает низким влагопоглощением, высокой влагостойкостью и морозостойкостью. Из полистиролов производят широчайшую гамму изделий: одноразовая посуда, упаковка, детские игрушки, теплоизоляционные плиты, несъемная опалубка, сэндвич панели, потолочный багет, потолочная плитка, полистирольные звукопоглощающие элементы, клеевые основы, полимерные концентраты и т. д. Плотность полистирола 1060–1125 кг/м³.

Эксперименты были выполнены на лабораторном флотационном аппарате колонного типа с пневматической аэрацией, схема которого представлена на рис. 1.

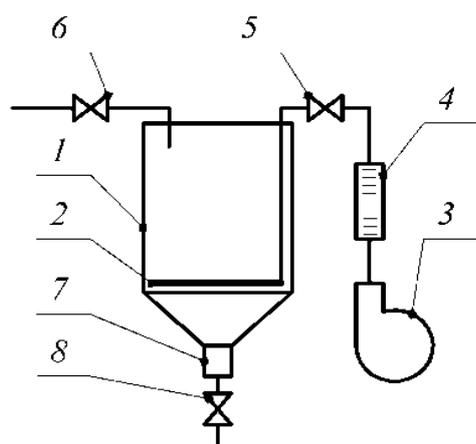


Рис. 1. Схема лабораторного флотационного аппарата колонного типа с пневматической аэрацией пульпы:
1 – емкость; 2 – змеевик-барботер; 3 – вентилятор; 4 – ротаметр РМ-ГС/0,25;
5 – вентиль для подачи воздуха; 6 – вентиль для подачи воды;
7 – штуцер для отвода хвостов и воды; 8 – вентиль для отвода хвостов и воды

Емкость 1 наполняют водой, вводят ПАВ.С помощью ротаметра 4 и вентиля 5 устанавливают расход воздуха. Затем в емкость высыпают навеску полимера.

За окончание процесса флотации принимают момент времени, когда между барботером и пенным слоем отсутствуют частицы полимера. Концентрат отводится вместе с пеной в верхней части емкости, хвосты через штуцер 7. Затем проводится сушка и взвешивание концентрата. Змеевик-барботер 2 может быть размещен на различной глубине емкости 1, тем самым, изменяя высоту аэрируемого слоя жидкости.

На основании полученных результатов рассчитывалось извлечение флотируемого компонента (ПС) ε , % по формуле [8]:

$$\varepsilon = \frac{m_{\text{конц}}}{m_{\text{исх}}} \cdot 100\%,$$

где $m_{\text{конц}}$ – масса флотируемого компонента в концентрате, кг; $m_{\text{исх}}$ – исходная масса флотируемого компонента, поданного на флотацию, кг.

Исследования выполнялись с использованием в качестве ПАВсмеси, содержащей натрий лауретсульфат и диэтаноламид.

Лауретсульфат натрия – поверхностно-активное вещество. Представляет собой амфифильное вещество, применяющееся при производстве большинства моющих средств, шампуней, зубной пасты, косметики для образования пены.

Диэтаноламид – пенообразователь и стабилизатор, смягчитель волокон, антистатик, регулятор вязкости, загуститель.

Результаты и их обсуждение

Зависимости извлечения ПС от количества ПАВ при различных высотах аэрируемого слоя жидкости представлены на рис. 2.

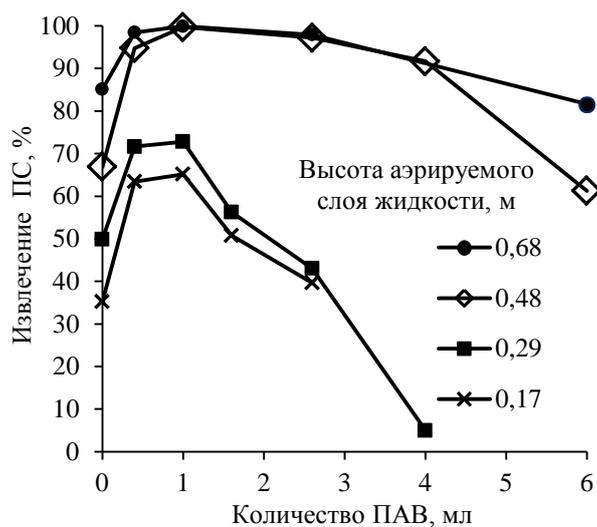


Рис. 2. Зависимости извлечения ПС от количества ПАВ при различных высотах аэрируемого слоя жидкости

Как видно из рис. 2, извлечение ПС имеет максимум при малом количестве ПАВ, а именно – 1 мл, и достигает 99% при достаточной высоте аэрируемого слоя жидкости.

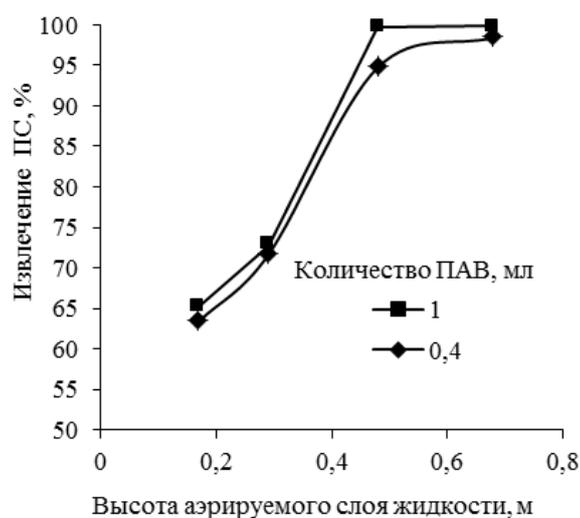


Рис. 3. Зависимости извлечения ПС от высоты аэрируемого слоя жидкости для количеств ПАВ 0,4 мл и 1 мл

Наличие максимума может быть объяснено таким же характером зависимости пенообразующей способности от концентрации ПАВ. При концентрации большей, чем максимальная пенообразующая способность, пенообразование снижается из-за затруднения диффузии ПАВ в поверхностный слой.

При малой высоте аэрируемого слоя жидкости вероятность столкновения пластмассовой частицы с пузырьком воздуха низкая и некоторые потенциально флотируемые частицы опускаются на дно аппарата так и не успев столкнуться с пузырьком воздуха.

С целью более наглядного отображения влияния высоты аэрируемого слоя жидкости на извлечение ПС были построены соответствующие зависимости (рис. 3) для количеств ПАВ, равных 0,4 мл и 1 мл.

Как видно из рис. 3 достаточная высота слоя аэрируемой жидкости равна 0,5–0,6 м, дальнейшее увеличение которой не оказывает сильного влияния на извлечение ПС.

Приведенные выше результаты (рис. 2, 3) были получены при расходе воздуха $0,072 \text{ м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}^2$. Далее (рис. 4) приведены зависимости извлечения ПС от расхода воздуха, полученные при высоте аэрируемого слоя жидкости 0,48 м для количеств ПАВ, равных 1 мл и 3 мл.

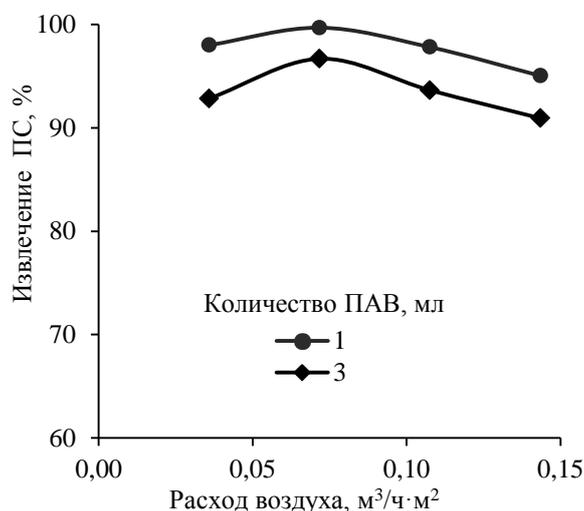


Рис. 4. Зависимости извлечения ПС от расхода воздуха для количеств ПАВ 1 мл и 3 мл

При малых расходах воздуха процесс идет медленно, потому что жидкость слабо насыщается газовыми пузырьками. При расходах воздуха, превышающих оптимальное значение, образуется слишком много газовых пузырьков и только часть из них участвует в процессе флотации. Остальные пузырьки, проходя через жидкость, создают возмущающие потоки, изменяющие режим движения частиц и препятствующие их флотации. При движении в турбулентном потоке жидкости комплекс частица-пузырек склонен к разрушению, поскольку частицы и пузырьки имеют различную инерционность (массу).

Приведенные выше результаты (рис. 2–4) были получены при использовании жидкости без подогрева (с температурой $11\text{--}15^\circ\text{C}$). Далее (рис. 5) приведены зависимости извлечения ПС от температуры жидкости, полученные при высоте аэрируемого слоя жидкости 0,17 м, количестве ПАВ 1 мл и расходе воздуха $0,072 \text{ м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}^2$.

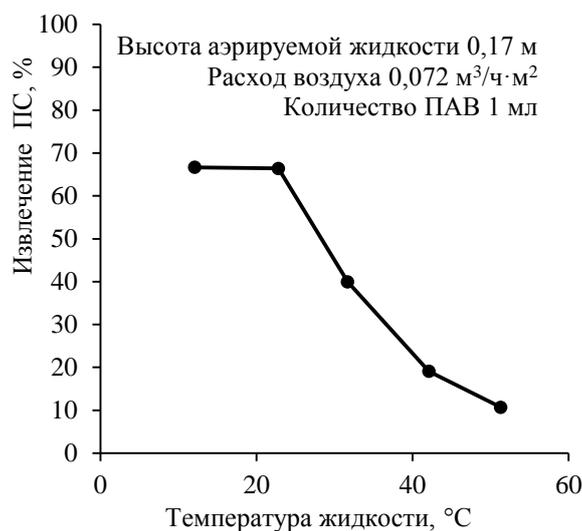


Рис. 5. Зависимость извлечения ПС от температуры жидкости

Здесь следует отметить, что зависимость пенообразующей способности ПАВ от температуры характеризуется кривыми растворимости и для большинства ПАВ они имеют экстремум. Вероятно, повышение температуры раствора приводит к дегидратации молекул ПАВ и вызывает выделение растворенных молекул в виде отдельной макрофазы.

Заключение

Проведенные исследования флотации измельченного ПС с размерами частиц от 1 до 4 мм, в лабораторном флотационном аппарате позволили получить основные зависимости извлечения ПС от содержания ПАВ, расхода воздуха, высоты слоя аэрируемой жидкости и ее температуры. При флотации с использованием смеси ПАВ, содержащей натрий лауретсульфат и диэтаноламид, извлечение достигало 99%. Была определена достаточная высота слоя аэрируемой жидкости – 0,6 м, дальнейшее увеличение которой не влияет на извлечение ПС. Извлечение ПС имеет ярко выраженный максимум в узких диапазонах изменяемых параметров. Поэтому для достижения наибольшего извлечения ПС из смеси полимеров требуется точное соблюдение таких параметров флотации, как концентрация ПАВ, расход воздуха и температура. Важной положительной особенностью является то, что оптимальное извлечение наблюдается при малых количествах ПАВ и без подогрева жидкости.

Таким образом, впервые проведенные исследования флотационного извлечения полистирола в лабораторном флотационном аппарате колонного типа с пневматической аэрацией показали возможность осуществления такого процесса. При этом были получены основные закономерности процесса флотации от высоты аэрируемого слоя жидкости, концентрации ПАВ, расхода воздуха и температуры жидкости. Также можно сделать вывод о том, что флотационное разделение полимеров, основанное на их избирательной смачиваемости, является перспективным направлением при переработке смешанных пластмассовых отходов. Это позволит уменьшить затраты ручного труда на этапе постадийного разделения полимерных отходов. При простом аппаратном оформлении и малых расходах ПАВ и воздуха возможно создание высокопроизводительного и автоматизированного процесса сортировки полимерных отходов.

Литература

1. Шайерс Дж. Рециклинг пластмасс: наука, технологии, практика. / Пер. с англ. – СПб.: Научные основы и технологии, 2012. – 640 с.
2. Повышение эффективности заготовки, обработки, переработки и использования вторичных полимерных материалов / С. В. Дуденков [и др.] // Обзорная информация

«Рациональное использование вторичных полимерных материальных ресурсов». – 1979. – Вып. 9. – 52 с.

3. Патент № 5234110 США, МКИ В 03 В 9/06, В 03 D 1/02. Polyvinyl chloride-polyethylene terephthalate separation process and product / Kobler R.W. (США). – Заявл. 23.11.92; опубл. 10.08.93. – 1993.

4. Патент № 4132633 США, МКИВ 03 D 1/02. Method for separating mixture of plastics / Anon., to Mitsui Mining and Smelting Co., Ltd.. – Заявл. 14.03.74; опубл. 02.01.79. – 1979.

5. Шубов, Л. Я. Обогащение твердых бытовых отходов / Л. Я. Шубов, В. Я. Ройзман, С. В. Дуденков – М., Недра, 1987. – 238 с.

6. Опимах, Е. В. Разделение смеси полимеров методом флотации / Е. В. Опимах, А. Э. Левданский // журнал «Материалы, технологии, инструменты» – 2013. – №3. – С. 96–99.

7. Левданский, А. Э. Исследование флотации отходов ПЭТ / А. Э. Левданский, Е. В. Опимах, Н. Т. Сейтханов, Б. А. Кийкбаев // Ауэзовские чтения – 12: / ЮКГУ им. М. Ауэзова; редкол.: Ж. И. Мырхалыков (отв. ред.) [и др.]. – Шымкент, 2014. – Том 1. – С. 65–68.

8. Абрамов, А. А. Флотационные методы обогащения / А. А. Абрамов. – М.: Недра, 1984. – 383 с.

References

1. Shayers Dzh. Retsikling plastmass: nauka, tekhnologii, praktika. / Per. s angl. – SPb.: Nauchnye osnovy i tekhnologii, 2012. – 640 s.

2. Povyshenie effektivnosti zagotovki, obrabotki, pererabotki i ispol'zovaniya vtorichnykh polimernykh materialov / S. V. Dudenkov [i dr.] // Obzornaya informatsiya «Ratsional'noe ispol'zovanie vtorichnykh polimernykh material'nykh resursov». – 1979. – Вып. 9. – 52 с.

3. Patent № 5234110 SShA, МКИ V 03 V 9/06, V 03 D 1/02. Polyvinyl chloride-polyethylene terephthalate separation process and product / Kobler R.W. (SShA). – Zayavl. 23.11.92; opubl. 10.08.93. – 1993.

4. Patent № 4132633 SShA, МКIV 03 D 1/02. Method for separating mixture of plastics / Anon., to Mitsui Mining and Smelting Co., Ltd.. – Zayavl. 14.03.74; opubl. 02.01.79. – 1979.

5. Shubov, L. Ya. Obogashchenietverdykhbytovykhhotkhodov / L. Ya. Shubov, V. Ya. Royzman, S. V. Dudenkov – M., Nedra, 1987. – 238 s.

6. Opimakh, E. V. Razdelenie smesi polimerov metodom flotatsii / E. V. Opimakh, A. E. Levdanskiy // zhurnal «Materialy, tekhnologii, instrumenty» – 2013. – №3. – S. 96–99.

7. Levdanskiy, A. E. Issledovanie flotatsii otkhodov PET / A. E. Levdanskiy, E. V. Opimakh, N. T. Seytkhanov, B. A. Kiykbaev // Auezovskie chteniya – 12: / YuKGU im. M. Auezova; redkol.: Zh. I. Myrkhalykov (otv. red.) [i dr.]. – Shymkent, 2014. – Tom 1. – S. 65–68.

8. Abramov, A. A. Flotatsionnye metody obogashcheniya / A. A. Abramov. – M.: Nedra, 1984. – 383 s.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА ПРИ ВАКУУМНО-АТМОСФЕРНОЙ СУШКЕ

THE ANALYSIS OF RESULTS OF PILOT STUDIES WARM AND A MASS EXCHANGE AT VACUUM AND ATMOSPHERIC DRYING

Оспанов Б.О., Момбаев М.М., Кийкбаев Б.А., Серікұлы Ж.
Osparov B.O., Mombaev M.M., Kiykbaev B.A., Serikuly Zh.

Южно-Казахстанский Государственный Университет им. М. Ауэзова, РК
M. Auezov South Kazakhstan State University, RK

Резюме

В работе представлены анализ результатов экспериментальных исследований процессов и результаты экспериментальных исследований вакуумно-атмосферной сушки. Приведены зависимости коэффициентов тепло- и массообмена при вакуумной сушке.

Abstract

In work the analysis of results of pilot studies of processes and results of pilot studies of vacuum and atmospheric drying are submitted. Dependences of coefficients warm and a mass exchange are given at vacuum drying.

Ключевые слова: Сушка, термолабильный, вакуумная сушка, теплоотдача, эксперимент, режим

Keywords: Drying, heat-labile, vacuum drying, heat, experiment mode

Анализ результатов экспериментальных исследований процессов в сушильных установках основывается на определении и анализе коэффициентов тепло- и массоотдачи [1 с.56, 2 с.12, 3 с.60, 4]. Поэтому результаты экспериментальных исследований вакуумно-атмосферной сушки ТТМ обработаны в виде коэффициентов тепло- и массоотдачи, значения которых рассчитаны по формулам:

$$\alpha = \frac{\Delta Q}{f \Delta t}, \quad (1)$$

$$\beta = \frac{\Delta M}{f \Delta X} \quad \text{или} \quad \beta = \frac{\Delta M}{f \Delta P} \quad (2)$$

где: β - коэффициент массоотдачи, с/м; α - коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К); ΔQ – количество теплоты, затрачиваемое на нагрев материала, Вт; ΔM – количество влаги, удаляемой из высушиваемого материала, кг/с; Δt – разность температур греющей поверхности и материала, 0С; ΔX – разность влагосодержаний воздуха на поверхности материала и в окружающей среде, кг/кг; ΔP – разность парциальных паров влаги в окружающей среде и над поверхностью продукта, Па; f – площадь поверхности испарения, м².

Необходимо отметить, что обработанные результаты экспериментальных исследований в виде коэффициентов тепло- и массоотдачи при проведении анализа представлены на рисунках в виде определенных кривых. При этом результаты

представляются в двухкоординатной системе. Это вызвано тем, что если численные значения коэффициентов теплоотдачи или массоотдачи единого процесса вакуумно-атмосферной сушки ТТМ отложить на оси ординат не вызывает затруднений, то такие величины, как давление в вакуумной камере и скорость воздуха в узле атмосферной досушки, имеющие разные размерности, отложить на одной оси абсцисс невозможно. Поэтому анализ результатов расчета коэффициентов тепло- и массоотдачи для процессов вакуумной и атмосферной сушек проводится отдельно.

На рисунках 1 и 2 приведены зависимости коэффициентов тепло- и массообмена при вакуумной сушке верблюжьего молока от давления среды при различных температурах нагревателей. Как видно из рисунка 1, при повышении температуры нагревателей с 35 до 45 °С значения коэффициентов теплоотдачи возрастают на (11,4÷14,2) %. При температуре нагревателей 45 °С с углублением степени разрежения среды от 10 до 6 кПа значения коэффициентов теплоотдачи увеличиваются с 3,55 до 4,89 Вт/(м²К), т.е. на 27,4 %.

С углублением разрежения среды значения коэффициентов массоотдачи, как и коэффициентов теплоотдачи, возрастают. Наибольший скачок наблюдается при понижении степени разрежения среды с 10 до 6 кПа при температуре нагревателей 45 °С, когда значения коэффициентов массоотдачи возрастают с 0,11 до 0,17 с/м или на 35,3 %. При 40 °С этот показатель составляет 26,4%, при 35 °С – 32,9%.

При повышении температуры нагревателей наибольший рост коэффициентов переноса вещества наблюдается при повышении температуры с 35 до 40 °С - (18,0÷25,4) %. При повышении температуры с 40 до 45 °С этот показатель составляет (3,6÷15,2) %. Причем из характера кривых, изображенных на рисунках 1 и 2, видно, что если значения коэффициентов теплоотдачи с изменением температуры и давления возрастают равномерно, то для коэффициентов массоотдачи с понижением степени разрежения и температуры нагрева характер кривых изменяется, который показывает на нецелесообразность дальнейшего повышения температуры нагрева. При повышении температуры с 40 до 45 °С этот показатель составляет (7,4÷7,7)%.

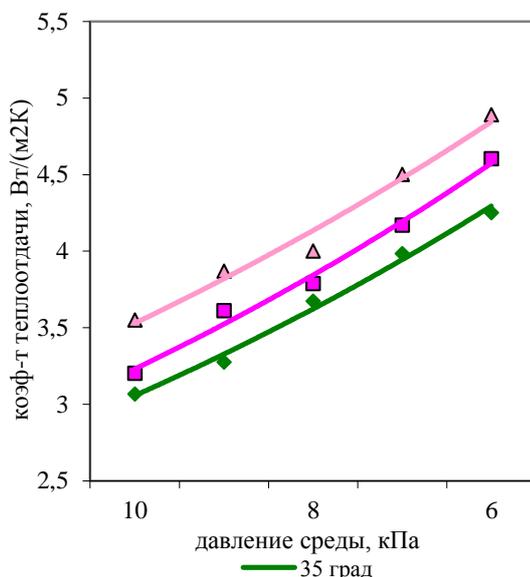


Рисунок 1 - Зависимость коэффициента теплоотдачи от давления среды при различных температурах нагревателей при вакуумной сушке верблюжьего молока

Из анализа рисунков 1 и 2 при заданных режимах сушки можно выбрать оптимальный режим вакуумной сушки верблюжьего молока: давление среды $P = 6$ кПа, температура нагрева вакуумируемой среды $t = 45$ °С.

На рисунке 3 представлены результаты экспериментальных исследований, обработанных в виде коэффициентов тепло- и массоотдачи при атмосферной сушке верблюжьего молока.

Для атмосферной сушки значение коэффициента теплоотдачи увеличивается с 3,10 до 4,75 Вт(м²К) и коэффициента массоотдачи с 0,10 до 0,15 с/м, что составляет 34,7 и 33,3% для каждого случая. Анализируя рисунок 3, можно заключить, что оптимальным режимом атмосферной сушки следует считать интервал температур сушильного агента (38÷40) °С.

Логическим завершением изучения тепломассообменного процесса является составление его аналитического описания в критериальной форме, используя при этом полученные значения коэффициентов переноса теплоты и массы. Однако чтобы описать теплообменный процесс в критериальном виде, необходимо знать его состав, т.е. виды критериальных чисел, входящих в уравнение. Ранее доказано, что для вакуумной сушки при низкой степени разрежения среды состав критериальных уравнений совпадает с составом критериального уравнения при атмосферной сушке и должен выглядеть следующим образом:

- теплообменный критерий Нуссельта

$$Nu = A Re^a Gu^b Pr^c \quad (3)$$

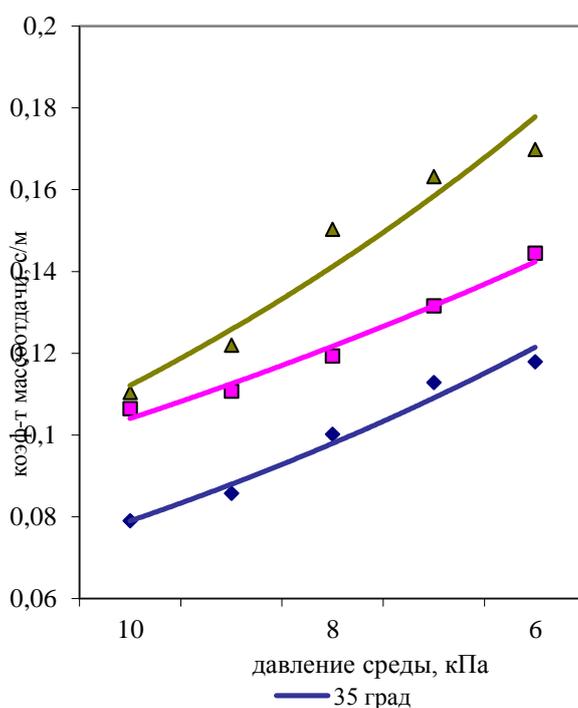


Рисунок 2- Зависимость коэффициента массоотдачи от давления среды при различных температурах нагревателей при вакуумной сушке верблюжьего молока.

- массообменный критерий Нуссельта

$$Nu_m = B Re^d Gu^e Pr^f, \quad (4)$$

где: Pr и Pr_m – теплообменный и массообменный критерии Прандтля; Re - критерий Рейнольдса; Gu – критерий Гухмана; A, B – постоянные, определяемые

экспериментально; a, b, c, d, e, f – показатели степеней критериальных чисел, также определяемые опытным путем.

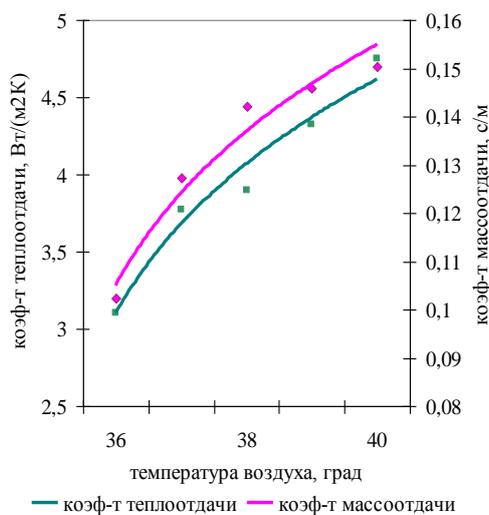


Рисунок 3- Зависимости коэффициентов тепло- и массоотдачи от температуры сушильного агента при скорости воздуха 0,35 м/с при атмосферной сушке верблюжьего молока.

На основании проведенного анализа экспериментальных данных по тепло- и массообмену при вакуумно-атмосферной сушке тиксотропных термолабильных материалов для процесса вакуумной сушки получены уравнения теплового Nu и диффузионного Nu_m критериев Нуссельта:

$$Nu = 5,25 Pr^{0,33} Re^{0,025} Gu^{0,47}, \quad (5)$$

$$Nu_m = 0,056 Pr_m^{0,33} Re^{0,61} Gu^{0,16}. \quad (6)$$

Также на основании экспериментальных данных исследования тепло- и массообмена при вакуумно-атмосферной сушке тиксотропных термолабильных материалов получены уравнения теплового Nu и диффузионного Nu_m чисел Нуссельта для процесса атмосферной сушки:

$$Nu = 0,638 Pr^{0,33} Re^{0,16} Gu^{0,26}, \quad (7)$$

$$Nu_m = 0,71 Pr_m^{0,33} Re^{0,18} Gu^{0,14}. \quad (8)$$

С помощью критериальных уравнений теплового Nu и диффузионного Nu_m критериев Нуссельта можно оценить интенсивность тепло- и массообмена при вакуумной сушке и атмосферной досушке ТТМ в вакуумно-атмосферной сушильной установке, кроме того, они могут быть использованы для проведения инженерных расчетов при проектировании новых аналогичных сушильных установок.

Таким образом, методами математической статистики получены уравнения регрессии, позволяющие определить оптимальные условия процесса сушки и получены расчетные кривые $\omega = f(\tau)$ и $\frac{d\omega}{d\tau} = f(\tau)$ вакуумно-атмосферной сушки ТТМ на примере

верблюжьего молока при различных режимах процесса. Изучен и проведен анализ кривых сушки, полученных на основе расчетных и экспериментальных данных,

которые показали, что математическая модель в достаточной степени адекватно описывает исследуемые процессы.

Результаты экспериментальных исследований вакуумно-атмосферной сушки ТТМ обработаны в виде коэффициентов тепло- и массоотдачи и проведен анализ коэффициентов тепло- и массоотдачи ТТМ, полученных в процессах вакуумной их сушки в зависимости от температуры нагревателей и давления вакуумируемой среды.

Литература

1. Ханжаров Н.С., Абдижаппарова Б.Т., Оспанов Б.О. Исследование тепломассообмена при вакуумно-атмосферной сушке твердо-влажных и жидко-вязких материалов // Materials of final international scientifically-practical conference «The science: theory and practice. Vol. 28 Physics». – Praha: Publishing House «Education and Science» s.r.o.; Prague, Czechia – Dnepropetrovsk, Ukraine – Belgorod, Russian, 2005. – P.54-57.

2. Касымбеков Б.А., Ханжаров Н.С., Оспанов Б.О. Тепломассообмен при вакуумной сушке национальных молочных продуктов // Вестник НАН РК, 2005, №5, с.11-14.

3. Ханжаров Н.С., Ескендиоров Ш.З., Абдижаппарова Б.Т., Оспанов Б.О. Анализ экспериментальных и расчетных данных процесса теплообмена вакуумной сушки термолabileльных материалов // Тр. междунар. научно-практич. конф. «Актуальные проблемы образования, науки и производства -2008». – Шымкент: Казахстанский университет дружбы народов, 2008. – Т.2. - С.58 -62.

4. Еркебаев М.Ж., Ханжаров Н.С., Оспанов Б.О., Абдижаппарова Б.Т. Кинетика вакуумно-атмосферной сушки тиксотропных пищевых материалов // Материалы междунар. научно-практич. конф. «Безопасность и качество продуктов питания и товаров народного потребления». – Алматы: АТУ, 2009. –С. 238-240.

References

1. Khanzharov N.S., Abdizhapparova B.T., Ospanov B.O. Issledovanie teplomassoobmena pri vakuumno-atmosfernoy sushke tverdo-vlazhnykh i zhidko-vyazkikh materialov // Materials of final international scientifically-practical conference «The science: theory and practice. Vol. 28 Physics». – Praha: Publishing House «Education and Science» s.r.o.; Prague, Czechia – Dnepropetrovsk, Ukraine – Belgorod, Russian, 2005. – P.54-57.

2. Kasymbekov B.A., Khanzharov N.S., Ospanov B.O. Teplomassoobmen pri vakuumnoy sushke natsional'nykh molochnykh produktov // Vestnik NAN RK, 2005, №5, s.11-14.

3. Khanzharov N.S., Eskendirov Sh.Z., Abdizhapparova B.T., Ospanov B.O. Analiz eksperimental'nykh i raschetnykh dannyykh protsessa teploobmena vakuumnoy sushki termolabil'nykh materialov // Tr. mezhdunar. nauchno-praktich. konf. «Aktual'nye problemy obrazovaniya, nauki i proizvodstva -2008». – Shymkent: Kazakhstanskiy universitet druzhby narodov, 2008. – Т.2. - S.58 -62.

4. Erkebaev M.Zh., Khanzharov N.S., Ospanov B.O., Abdizhapparova B.T. Kinetika vakuumno-atmosfernoy sushki tiksotropnykh pishchevykh materialov // Materialy mezhdunar. nauchno-praktich. konf. «Bezopasnost' i kachestvo produktov pitaniya i tovarov narodnogo potrebleniya». – Almaty: ATU, 2009. –S. 238-240.

МЕТОДИКА ИНЖЕНЕРНОГО РАСЧЕТА МНОГОСТУПЕНЧАТОГО КОЛОННОГО СУШИЛЬНОГО АППАРАТА

METHODS ENGINEERING CALCULATIONS MULTISTAGE COLUMN DRYERS

Алтухов А.В., Игнашова Л.В., Жукова Т.А., Тенизбаев Е.Ж.
Altuhov A.V., Ignashova L.V., Zhukova T.A., Tenizbaev E.

Филиал «Восход» МАИ г. Байконур
ЮКГИ им. М. Сапарбаева г. Шымкент
Branch "Voskhod" of Moscow Aviation Institute, Baikonur
South Kazakhstan Humanitarian Institute named after M. Saparbayev, Shymkent
e-mail alekzz60@mail.ru

Резюме

В результате анализа литературных данных нами выявлено, что наиболее эффективными из имеющихся на сегодняшний день сушильных агрегатов являются сушилки взвешенного и кипящего слоя. Вследствие постоянного обновления контактной поверхности, процесс испарения влаги в них протекает значительно интенсивнее, чем в аппаратах, в которых материал сушится в плотном, малоподвижном или перемешиваемом слое. Но в этих аппаратах наблюдается неравномерность влажности частиц готового продукта и времени их пребывания в аппарате, что, в свою очередь приводит к перегреву материала.

В этом плане более эффективны сушильные аппараты с направленным движением материала в тонком взвешенном слое на конусной распределительной решетке, одним из представителей которых, является многоступенчатый колонный сушильный аппарат, конструкция которого разработана авторами.

В статье представлена методика расчета многоступенчатого колонного сушильного аппарата, а также определены оптимальные диаметр и угол наклона образующей конусного распределителя, диаметр его отбортовки и параметры проведения процесса сушки материалов в МКСА.

Предлагаемая методика расчета может быть использованы инженерно-техническими и научными работниками различных отраслей промышленности, проектных, научно - исследовательских институтов, преподавателями и студентами ВУЗов.

Abstract

An analysis of the literature data, we found that the most effective available today dryer drying units are suspended and fluidized bed. Due to the continuous updating of the contact surface, the evaporation of moisture in them is considerably more intense than in the apparatuses in which the material is dried in a dense, sedentary or stirred bed. However, in these apparatuses there is nonuniform moisture of the resulting product and time of their stay in the machine that, in turn, leads to overheating of the material.

In this regard, more effective dryers with the movement direction of the material in a thin layer suspension on the cone of the distribution grid, one of the representatives of which is multi-column dryers, whose design was developed by the authors.

The this article presents a methodology for the calculation of multi-column dryer, as well as the optimal diameter and the angle of the cone forming the distributor, the diameter of its flange and the parameters of the process of drying materials in MCDA.

The proposed method of calculation may be used by engineers, technicians and scientists of various industries, engineering, scientific - research institutions, teachers and students of higher educational institutions.

Ключевые слова: химическая технология, сушка, многоступенчатый колонный сушильный аппарат (МКСК), оптимизация, гидродинамическое сопротивление, энергозатраты.

Key words: chemical technology, drying, multi-stag columnen drying apparatus (MCDA), optimization, flow resistance, energy costs.

В настоящее время практически во всех отраслях промышленности подвергаются сушке материалы с широким спектром физических и химических свойств. В связи с тем, что данный процесс очень энергоемкий, то его эффективность оказывает значительное влияние не только на качество продукта, но и на эффективность всего производства.

Одним из наиболее эффективных типов сушильных аппаратов являются сушилки псевдооживленного (кипящего) слоя, которые применяются во многих отраслях промышленности (химической, металлургической, строительной и др.). Это связано с тем, что в кипящем слое в значительной мере выше поверхность межфазного контакта, вследствие чего, повышается интенсивность испарения влаги из материала и снижается время обработки материала. Однако, из-за хаотичного движения время пребывания отдельно взятых частиц в кипящем слое различается в значительной степени и, как следствие, присутствует неравномерность нагрева и влажности частиц в готовом продукте.

В этой связи можно сделать вывод, что более эффективны сушильные аппараты с направленным движением материала в тонком взвешенном слое на конусной распределительной решетке.

С целью решения данной проблемы была разработана [1] конструкция многоступенчатого колонного сушильного аппарата, в котором задача повышения эффективности процессов тепло- и массообмена решается за счет сушки материала в тонком полувзвешенном слое на конических перфорированных решетках в условиях направленного противоточно-перекрестного движения твердой и газовой фаз при низком гидравлическом сопротивлении.

Для инженерного расчета многоступенчатого колонного сушильного аппарата предлагается следующая методика.

Исходными данными для расчета являются:

G – производительность аппарата, кг/с; u_1 - начальное влагосодержание материала, кг/кг; u_2 -конечное влагосодержание материала, кг/кг; θ_1 - начальная температура материала, °С; θ_2 -температура готового продукта, °С; d_3 - средний эквивалентный диаметр частиц, м; ρ_m - плотность материала, кг/м³; ρ_n - насыпная плотность материала, кг/м³; t_0 - температура атмосферного воздуха, °С; x_0 - влагосодержание атмосферного воздуха, кг/кг; t_1 - температура воздуха, поступающего в аппарат, °С; x_1 - влагосодержание воздуха, поступающего в аппарат, кг/кг.

Расчет аппарата производится следующим образом.

Определяется необходимая площадь перфорированной части распределительной решетки:

$$S_p = \frac{G}{k_n}, \quad (1)$$

где k_n – коэффициент пропускной способности распределительной решетки, кг/(с м²).

Для инженерных расчетов можно рекомендовать следующие значения коэффициента пропускной способности конусной распределительной решетки:

-для зерна пшеницы $k_p = 0.21 \text{ кг}/(\text{с м}^2)$;

-для силикагеля – $k_p = 0.18 \text{ кг}/(\text{с м}^2)$;

-для поваренной соли – $k_p = 0.38 \text{ кг}/(\text{с м}^2)$.

Затем из условия равенства пропускной способности и производительности аппарата рассчитывается диаметр выпускного отверстия распределительной решетки d_b .

$$R_{кр} = \frac{d_3}{2}, \quad (2)$$

$$R_b = \frac{d_b \cdot d_3}{4}, \quad (3)$$

Определяется диаметр аппарата:

$$D_{ап} = \sqrt{d_b^2 + \frac{2S_p \cos(\alpha_p)}{\pi}}, \quad (4)$$

После этого, выбираются конструктивные параметры конусного распределителя и, принимая скорость теплоносителя в аппарате w ($0 < w < w_{\text{виг}}$), диаметр отверстий перфорации, рассчитывается время пребывания частиц на поверхности конусной части τ_k и отбортовки распределителя $\tau_{от}$ и время свободного полета частиц по формулам (5), (6) и (7) соответственно.

Длина пути, пройденного частицей по перфорированной части распределителя, за время τ_k определяется уравнением:

$$L_{ч} = v_0 \tau_k + \frac{a_k \tau_k^2}{2}, \quad (5)$$

$$v_{от} = v_1 + a_{от} \tau_{от}, \quad (6)$$

Горизонтальная составляющая скорости полета частицы определяется из соотношения:

$$v_{чг} = v_{от} - a_{г} \tau_{п}, \quad (7)$$

где $v_{от}$ – горизонтальная скорость отрыва частицы от конусного распределителя, м/с.

Затем по уравнениям (2,3), (8)...(26) производится расчет конусной распределительной решетки и времени пребывания на ней материала τ_p .

Далее определяется скорость ссыпания материала через отверстие:

$$v_m = \lambda \sqrt{4.2gR_{гид}} \text{ при } R_{гид} < R_{кр}, \quad (8)$$

$$v_m = \lambda \sqrt{3.2gR_{гид}} \text{ при } R_{гид} \geq R_{кр}, \quad (9)$$

где λ - коэффициент истечения.

Данный коэффициент колеблется в пределах 0.2...0.65, причем, более высокие значения имеют место для сухих, сортированных, зернистых, хорошо сыпучих материалов.

Рассчитывается площадь сечения выпускного отверстия:

$$S_b = \frac{\pi(d_b - d_{эн})^2}{4}, \quad (10)$$

Пропускная способность выпускного отверстия рассчитывается по формуле:

$$G_{\Pi} = \rho_M \cdot v_M \cdot S_B, \quad (11)$$

где ρ_M – насыпная плотность материала, кг/м³.

Затем проверяется условие $G_{\Pi} = G$. При выполнении данного условия расчет прекращается. Если условие не выполняется, то изменяется начальное значение d_B и расчет производится сначала.

Длина образующей конусной распределительной определяется как разность длин [1] образующей полного конуса $L_{обр}$ и образующей отсеченного (малого) конуса $L_{мал}$:

$$L_{реш} = L_{обр} - L_{мал}, \quad (12)$$

Величины, входящие в уравнение (12) определяются следующим образом:

$$L_{обр} = \frac{R_{ап}}{\cos \alpha}, \quad (13)$$

$$L_{мал} = \frac{r_B}{\cos \alpha}, \quad (14)$$

где $R_{ап}$ – радиус аппарата, м;

r_B – радиус выпускного отверстия распределительной решетки, м.

Поскольку распределительная решетка может иметь перфорированные и неперфорированные участки, то после определения общей длины необходимо задаться длинами перфорированного участка L_1 и неперфорированной зоны сбора материала L_2 [1].

После этого рассчитывается количество отверстий в перфорированной зоне.

Для этого задается доля свободного сечения перфорированной зоны F_c .

Определяется площадь поверхности перфорированной зоны распределительной решетки:

$$S_{бок} = \pi(r_1 + r_2) \cdot L_{реш} = \frac{1}{2} \pi(d_1 + d_2) \cdot L_{реш}, \quad (15)$$

где d_1, r_1 – диаметр и радиус верхней части перфорированной зоны, м;

d_2, r_2 – диаметр и радиус нижней части перфорированной зоны, м.

Затем рассчитывается количество отверстий:

$$N_{отв} = \frac{S_{бок} \cdot F_c}{\frac{\pi d_{отв}^2}{4}}, \quad (16)$$

где $d_{отв}$ – диаметр отверстий, м.

Частица движется на решетке под действием результирующей силы F :

$$F = m_{ч} g \sin \alpha_p - \mu(m_{ч} g \cos \alpha_p - F_H) - F_c, \quad (17)$$

Сила напора газа находится следующим образом [2]:

$$F_H = \frac{\xi \pi d_3^2 \rho_g w_{отв}^2}{4 \cdot 2}, \quad (18)$$

где ξ – коэффициент гидродинамического сопротивления частицы;

d_3 – диаметр частиц, м;

ρ_g – плотность газа (воздуха), кг/м³;

$w_{отв}$ – скорость газа в отверстии, м/с.

В свою очередь сила сопротивления F_c определяется из соотношения:

$$F_c = \frac{\xi \pi d_3^2 \rho_g v_{относ}^2}{8}, \quad (19)$$

Из соотношения (17) находим ускорение, с которым движется частица на участке

1[1].

$$a_1 = g \sin \alpha_p - \mu (g \cos \alpha_p - F_H/m_q) - F_C/m_q, \quad (20)$$

На втором участке (с длиной L_2) частица материала не обдувается снизу потоком воздуха [1]. Здесь между ней и поверхностью решетки осуществляется кондуктивный теплообмен. На этом участке на движущуюся частицу действуют: сила трения $F_{тр}$, сила тяжести F_T и сила F_C .

Результирующая сила, действующая на частицу на втором участке, будет определяться следующим соотношением:

$$F_2 = m_q g \sin \alpha_p - \mu m_q g \cos \alpha_p - F_C, \quad (21)$$

где m_q – масса частицы, кг; g – ускорение свободного падения, m/c^2 ; α_p – угол наклона сетки, град; μ – коэффициент трения.

Масса частицы определяется из соотношения:

$$m_q = \pi d_p^3 \rho_M / 6, \quad (22)$$

Таким образом, на этом участке частица движется с ускорением:

$$a_2 = g (\sin \alpha_p - \mu \cos \alpha_p) - F_C/m_q, \quad (23)$$

Для каждого отдельного участка можно составить следующие уравнения для расчета пути L_i , пройденного частицей за время τ и ее скорости v_i :

$$L_i = v_{i-1} \tau_i + a_i \tau_i^2 / 2, \quad (24)$$

$$v_i = v_{i-1} + a_i \tau_i, \quad (25)$$

где v – скорость движения частицы, м/с; τ – время пребывания частицы на участке, с.

Время пребывания частицы на каждом участке решетки рассчитывается по уравнению (24) при условии $L_i = L_{yч}$.

После расчета времени пребывания частицы на первом участке определяется ее скорость на выходе с участка и это значение используется в качестве начальной скорости частицы на втором участке и т.д.

Общее время пребывания частицы на решетке определяется как сумма времени ее пребывания на отдельных участках:

$$\tau_p = \sum_{i=1}^n \tau_i, \quad (26)$$

где n – количество участков.

Рассчитывается вес материала, одновременно находящегося в аппарате [2]:

$$G_{ан} = G \tau, \quad (27)$$

где τ – время пребывания материала в аппарате, с.

Время пребывания высушиваемого материала в сушилке определяется по формуле (28).

$$\tau = \sum_{i=1}^n \tau_{ki} + \sum_{i=1}^n \tau_{mi} + \sum_{i=1}^n \tau_{pi}, \quad (28)$$

где n – количество ступеней.

После этого принимается, что колонный сушильный аппарат содержит одну ступень ($n=1$) и производится расчет выходных параметров газа и материала при

известных начальных условиях (температура t_1 и влагосодержание x_1 теплоносителя на входе в аппарат и начальные температура θ_1 и влажность u_1 материала, производительность аппарата G) и заданных размерах МКСА, на основе решения математической модели процесса сушки, базирующейся на балансовых уравнениях по теплу и влаге:

$$\frac{Gc_m d\theta}{d\tau} - \alpha F(t_1 - \theta_1) = 0, \quad (29)$$

$$Lc_r(t_2 - t_1) - Gc_m(\theta_2 - \theta_1) - Q_n = 0, \quad (30)$$

$$\frac{Gdu}{d\tau} - \beta G(u_1 - u_p) = 0, \quad (31)$$

$$L(x_1 - x_2) - G(u_1 - u_2) = 0, \quad (32)$$

где u_p – равновесное влагосодержание материала, кг/кг.

Для решения системы уравнений (29 ... 32) численными методами она преобразовывается в итерационную форму:

$$t_{i+1} = t_i - \frac{Gc_m(\theta_{i+1} - \theta_i)}{Lc_r}, \quad (33)$$

$$\theta_{i+1} = \theta_i + \frac{\alpha F(t_i - \theta_i)\Delta\tau}{Gc_m}, \quad (34)$$

$$x_{i+1} = x_i + \frac{G(u_i - u_{i+1})}{L}, \quad (35)$$

$$u_{i+1} = u_i - \frac{\beta G_p(u_i - u_p)\Delta\tau}{G}, \quad (36)$$

Коэффициенты теплообмена α и массообмена β , входящие в уравнения (29)...(36) рассчитываются следующим образом:

$$\alpha = \frac{Nu \lambda}{d_3}, \quad (37)$$

$$\beta = \frac{Nu' D}{d_3}, \quad (38)$$

В уравнениях (37) и (38) теплообменное Nu и диффузионное Nu' числа Нуссельта определяются из соотношений (39) и (40), соответственно.

$$Nu = 0.292 Re^{0.51} Gu^{0.23} Pr^{0.33}, \quad (39)$$

$$Nu' = 0.229 Re^{0.48} (Pr')^{0.33}, \quad (40)$$

Площадь поверхности контакта фаз определяется следующим образом [3]:

$$F = \frac{6G_{an}}{d_3 \rho_m}, \quad (41)$$

На основе решения математической модели процесса сушки путем варьирования w, t_1 рассчитываются температура θ_2 и влагосодержание u_2 материала, температура t_2 и влагосодержание x_2 теплоносителя на выходе из аппарата. При этом температура θ_2 не должна превышать предельно допустимой для данного материала. Кроме того, параметры w, t_1 должны соответствовать минимальным энергозатратам на удаление влаги. Из анализа экспериментальных данных можно рекомендовать варьирование

температуры газа на входе в аппарат в интервале 80 ... 350 °С. В случае сушки термолабильных материалов температуру t_2 следует варьировать в интервале 80 ... 170 °С.

Если расчетная конечная влажность материала не достигает заданного значения, то изменяется количество ступеней:

$$n_{i+1} = n_i + 1. \quad (42)$$

После этого снова производится расчет выходных параметров газа и материала.

После расчета оптимальных параметров процесса сушки выполняется расчет гидравлического сопротивления аппарата, подбор вентилятора и воздухонагревателя.

Литература

1. Алтухов А.В., Балабекова М.О., Алтухов В.С., Игнашова Л.В. Многоступенчатый колонный сушильный аппарат// Пред. патент РК №17275 F26B 17/10. Оpubл. 14.04.2006, бюл. №4
2. А. В. Алтухов, Л.В. Игнашова. Расчет процесса сушки материала в кипящем слое на конической перфорированной решетке.// Республиканский журнал «Поиск», серия естественных и технических наук, № 2, 2006 г., стр. 268 – 272
3. Волчков Э.П., Кайданик А.Н., Терехов В.И., Ядыкин А.Н. Аэродинамика и тепломассообмен в вихревой камере с центробежным псевдооживленным слоем частиц //Теоретические основы химической технологии. – 1993. – Т. 27, № 3. – С. 258-263.

References

1. Altukhov A.V., Balabekova M.O., Altukhov V.I., Ignashova L.V. Multistage column dryers // Prev. patent of RK №17275 F26V 17/10. Publ. 14.04.2006, Bull. №4
2. A.V. Altukhov, L.V. Ignashova. The calculation of the drying process the material in a fluidized bed on a conical perforated lattice .// Republican journal "Search", a series of natural and technical sciences, № 2, 2006, p. 268 – 272.
3. Volchkov E.P., Kaydanik A.N., V.I. Terekhov, A.N .Yadykin Aerodynamics and heat and mass transfer in a vortex chamber with a centrifugal fluidized bed of particles // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. - 1993. - V. 27, № 3. - S. 258-263.

**РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МИНИУСТАНОВКИ ДЛЯ
ПЕРЕРАБОТКИ БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР**

**DEVELOPMENT OF EXPERIMENTAL MINIINSTALLATION FOR PROCESSING
OF MELON CULTURES**

**Оспанов Б.О., Қорғанбаев Б.Н., Голубев В.Г., Кийкбаев Б.А., Серікұлы Ж.
Osparov B.O., Қorғанbaev B.N., Golubev V.G., Kiykbaev B.A., Serikuly Zh.**

ЮКГУ им. М.Ауезова, Шымкент, Казахстан
M.AuezovSKSU, Shymkent, Kazakhstan

Резюме

В работе представлены методологические основы создания малоотходной технологии переработки различных видов растительного сырья и пути исследований процессов технологии переработки дынь и арбузов. Обсуждены основные параметры и режимы проведения исследований.

Summary

In work methodological bases of creation of low-waste technology of processing of different types of vegetable raw materials and a way of researches of processes of technology of processing of melons and water-melons are presented. Key parameters and the modes of research are discussed.

Ключевые слова: Бахчевые культуры, концентрация, температура, вакуум, растительный мед.

Key words: Melon crops, concentration, temperature, vacuum, floral honey.

В связи с вступлением Республики Казахстан во всемирную торговую организацию (ВТО) особенно остро встают проблемы конкурентоспособности выпускаемой продукции, и в частности, пищевых концентратов. Под конкурентоспособностью понимается высокое качество выпускаемой продукции при невысоких энергетических затратах на ее производство.

Пищевые продукты относятся к скоропортящимся. Перспективной технологией консервирования таких продуктов является глубокая переработка. Глубокая переработка позволяет: значительно уменьшить массу пищевых продуктов и таким образом существенно снизить транспортные расходы; сохранить качество продуктов в течении длительного времени; обеспечить независимость питания от сезонности и района проживания.

Во многих технологических процессах концентрация является одной из операций, определяющих как качество готового продукта, так и эффективность всей технологической линии. Известно, что массообменные процессы обладают большой энергоемкостью и поэтому их эффективность в значительной степени влияет на экономические показатели производства.

В связи с этим разрабатываемые агрегаты для сгущения материалов должны обеспечивать высокую эффективность и равномерность сгущения при получении однородного высококачественного продукта. Преимущество должно отдаваться агрегатам, обеспечивающим непрерывность процесса сгущения, удобство, простоту обслуживания и ремонта, максимальную производительность установки и удельный влагосъем в сгущаемом пространстве при минимальных расходах теплоты и

электроэнергии на удаление влаги из материала. При этом нельзя забывать современное требование об экологичности процесса, аппарата и всей технологии.

Следует подчеркнуть, что его аналогом являются технологии приготовления сгущенного молока, натуральных концентратов фруктовых соков, вин и другой продукции. Однако, к коренному отличию решаемой проблемы следует отнести достижение глубокой переработки бахчевых культур на местах с использованием разработанной миниустановки индивидуального назначения. Такая необходимость продиктована тем, что:

1) Арбузы и дыни относятся к скоропортящимся продуктам, длительное хранение которых недопустимо;

2) Трудность и дороговизна транспортировки бахчевых культур из далеких районов выращивания по бездорожью к местам их реализации.

Проводимые исследования и опытно-конструкторские разработки могут быть методологической основой создания малоотходной технологии переработки различных видов растительного сырья: фруктов, винограда, свеклы и т.д. Этим решаются социальные вопросы: занятость населения, а также экологичность производства и потребления готовой продукции. Кроме того, повышается экономический эффект труда сельхозпроизводителя путем глубокой переработки пищевой продукции по принципу «на стол», что также снижает акцент на сезонность работ.

Имеются краткие сведения о народном методе получения арбузного и дынного «меда».

Из анализа этих сведений следует, что технологии переработки дынь и арбузов основаны на древнем методе уваривания их сока при температуре выше 100°C в открытой посуде (казан, котел, таз) при постоянном перемешивании и периодической фильтрации раствора. Следует отметить такие крупные недостатки:

- низкий выход готовой продукции. (Так для получения 1 кг. арбузного меда необходимо примерно 15-18 кг. свежих арбузов). Это пугает и исследователей, и проектировщиков и бизнесменов;

- высокая температура обработки ($> 100^{\circ}\text{C}$), что приводит к нивелированию многих полезных свойств арбуза и дыни. Проведенные предварительные исследования показали возможность избежания этих недостатков.

Испарительно-конденсационная методика, которая будет использована в работе, основана на молекулярной перегонке. При молекулярной перегонке нет какой-либо температурной точки, подобной температуре кипения, при которой начинается эффективная дистилляция, но с повышением температуры вещество плавно вступает в область таких значений [упругости паров](#), когда скорость испарения достигает заметной величины. Интервал температуры, в котором перегонка начинается с заметной скоростью и достигает предельного для данного аппарата значения, определяется ходом кривой упругости паров перегоняемого вещества, а также теми особенностями устройства перегонного аппарата, которые влияют на скорость перегонки. К последним относятся в первую очередь развитие поверхности испарения и коэффициент полезного действия. Основное количество пара поступает в узел конденсации под некоторым давлением. Часть пара конденсируется за счет испарения продукции, а другая часть поступает на конденсационно-испарительное разделение.

Можно предположить, что разделение, обусловленное испарительно-конденсационными процессами, определяет лишь часть всего массообменного эффекта. Другая часть определяется адиабатическим массообменом между паром и жидкостью, происходящим при их непосредственном контактировании. Вполне очевидно, что с увеличением диаметра аппарата абсолютная величина второго эффекта, выраженная в единицах эффективности ректификационного разделения, будет уменьшаться, что в итоге приводит к увеличению ВЭТТ. Такое предположение нуждается в

экспериментальной проверке, которое позволило бы установить, действительно ли массообмен в аппаратах, работающих по этому принципу, определяется только кратностью актов испарения — конденсации и относительной летучестью разделяемых компонентов или же массообменная характеристика такого аппарата в незначительной степени определяется условиями адиабатического массообмена и испарительно-конденсационные процессы лишь дополнительно повышают интенсивность массообмена.

Экспериментальная миниустановка состоит из следующих узлов: узла вакуумной концентрации сырья, узла теплового насоса и узла атмосферной досушки полуфабриката.

В миниустановке узел вакуумной концентрации бахчевых культур включает вакуумную камеру, вакуумный насос и вымораживатель влаги, являющийся испарителем холодильной машины. Вакуумная камера представляет собой цилиндрическую металлическую емкость объемом 10 дм³ с герметично закрывающейся крышкой. Внутри камеры установлены полки с установленными на них емкостями для размещения на них высушиваемого материала. Необходимая степень разрежения среды в вакуумной камере обеспечивается вакуумным насосом ВН-461, а необходимый уровень давления регулируется вакуумным вентилем.

Узел теплового насоса представляет собой одноступенчатую фреоновую холодильную машину, включенную в схему миниустановки по схеме теплового насоса. Это позволяет значительно сократить время концентрации сырья и сократить энергозатраты на получение готового продукта за счет параллельного осуществления процессов вакуумной концентрации и атмосферной досушки материала. Кроме того, включение в схему миниустановки холодильной машины позволяет снизить нагрузку на тепловой насос за счет удаления паров влаги, испаряющихся из высушиваемого материала вымораживателем влаги. В схеме установки, приведенной на рисунке 1, вымораживатель влаги или испаритель холодильной машины расположен в нижней части вакуумной камеры.

На миниустановке, как показала практика, для лучшего использования рабочего объема вакуумной камеры испаритель холодильной машины необходимо расположить автономно.

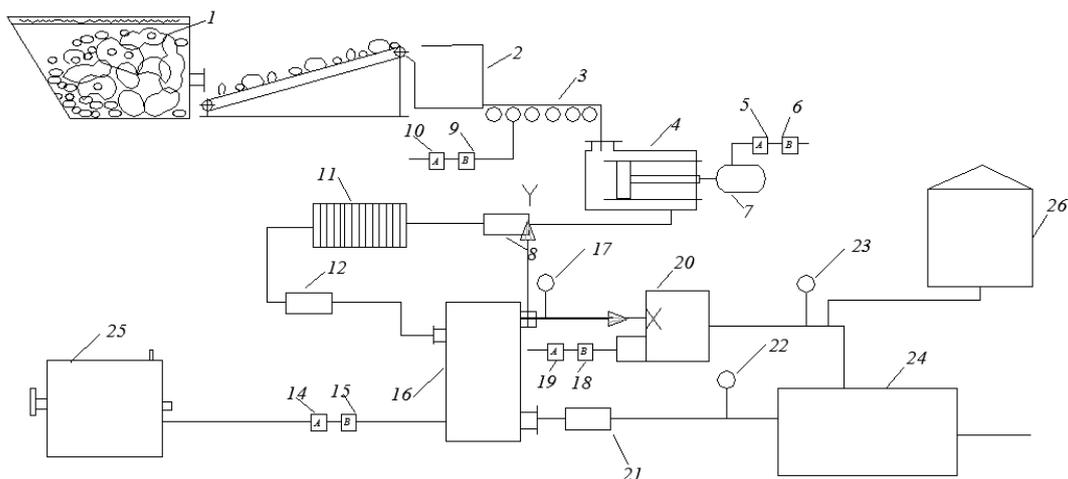
В миниустановке – пары холодильного агента (фреона-12) холодильной машины адиабатически сжимаются в одноступенчатом поршневом компрессоре, охлаждаются и конденсируются в воздушном конденсаторе. Жидкий холодильный агент, частично испаряясь, дросселируется, проходя через дроссельный вентиль, и кипит в испарителе. Испаритель холодильной машины конструктивно выполнен в виде теплообменника типа «труба в трубе». Во внутренней трубе теплообменника, заполненной хладоносителем – тосолом А-40, расположен змеевик, внутри которого циркулирует холодильный агент. Смесь отсасываемого вакуумным насосом водяного пара и воздуха движется противотоком в межтрубном пространстве. Теплоту испаряющихся паров влаги отнимает хладоноситель, который отдает ее холодильному агенту. В свою очередь холодильный агент, воспринимая теплоту испаряющихся паров влаги, кипит, конденсируя и замораживая пары влаги. С целью более длительного контакта паров влаги с охлаждаемой поверхностью внутренней трубы, на внутренней поверхности наружной трубы установлены перегородки. Теплообменник защищен от теплопритоков из окружающей среды пенополиуретановым теплоизоляционным материалом. Вымороженная влага периодически оттаивается и отводится из испарителя через вентиль в емкость.

В вакуумной камере, с целью точного подвода теплоты к высушиваемому материалу, под каждой полкой смонтированы спирали электрических нагревателей. Мощность электрических нагревателей регулируется лабораторным трансформатором.

Расстояние между полками регулируется с помощью разъемных штырей различной высоты.

Внутри устройства для досушки материалов установлены сетчатые полки. В нижнюю часть устройства с помощью осевого вентилятора нагнетается теплый воздух, нагретый конденсатором холодильной машины. Регулирование расхода и скорости нагнетаемого воздуха производится с помощью жалюзийных насадок.

Миниустановка снабжена контрольно-измерительными приборами, которые позволяют вести регистрацию давления, температуры и скорости воздуха в основных элементах установки, а также напряжение и силу тока, потребляемую электрическими приборами установки.



1 –приемный бункер; 2–очистка от корок; 3 – роликовый транспортер; 4 –пресс; 5,10,14,19 –амперметр; 6,– милливольтметр; 7 –электродвигатель прессы; 8,12,21 – жидкостной насос; 9 – лабораторный трансформатор; 11– фильтр;; 16–испаритель; 17,22,23 – стрелочный вакуумметр контактный термометр; 18 – ионизационно-термопарный вакуумметр; 20–вакуумный насос; 24 –холдильная машина, 25 – вакуумная камера, 26 - атмосферная досушка

Рисунок 1 – Схема миниустановки для получения арбузного и дынного меда

Давление в вакуумной камере измеряется стрелочным вакуумметром марки ВТП-160 или ионизационно-термопарным вакуумметром. Измерение силы тока и напряжения в сети осуществляется стрелочными ампер- и вольтметрами. Температура среды в камере измеряется проволочным термометром сопротивления, изготовленным по технологии ВНИХИ. Чувствительным элементом термометра сопротивления является платиновая проволока диаметром 5 мкм. Вторичным прибором при индировании вакуумной сушильной камеры по температуре является универсальный измерительный прибор (УПИП – 60М). Температура конденсации и вымораживания влаги, а также температура кипения холодильного агента в вымораживателе измеряются эшелонированными по высоте теплообменника медь-константовыми термопарами. Термостатируемые концы термопар погружены в тающий лед, находящийся в стеклянном термосе. Все термопары через позиционный выключатель подключены к цифровому милливольтметру. Температура материала в процессе сушки измеряется с помощью термопар милливольтметра. Температура воздуха в устройстве тепловой досушки определяется с помощью термометра, относительная влажность воздуха – психрометра, а скорость воздуха – с помощью анемометра.

Миниустановка, представленная на рисунке 1, за счет включенного в ее схему холодильного теплообменника позволяет более точно регулировать температуру

вымораживания, испаряющейся из высушиваемого материала влаги. Поэтому на этой установке были отработаны оптимальные режимы работы холодильной машины. Это позволяет повысить эффективность работы холодильной машины и, соответственно, теплового насоса.

Таким образом, на основании ранее проведенных исследований для получения растительного меда создана экспериментальная миниустановка по получению дынного и арбузного меда, обсуждены основные параметры и режимы проведения исследований.

Литература

1. Шин З.А., Кантуреева Г.О., Сапарбекова А.А. Инновационные технологии переработки сельскохозяйственного сырья, выращиваемого в Южно-Казахстанской области. Журнал «MATERIALY» Прага, 2010 г.

2. Розанов Л.Н. Вакуумные машины и установки. – Л.: Машиностроение, 1975. – 336 с.

3. Оспанов Б.О. Емдік-профилактикалық тағамдық өнім – өсімдік балы туралы// Научные труды ЮКГУ им. М.О. Ауезова. - 2015, № 2 (33). - С. 39-41.

References

1. Shin Z.A., Kantureeva G.O., Saparbekova A.A. Innovatsionnye tekhnologii pererabotki sel'skokhozyaystvennogo syr'ya, vyrashchivaemogo v Yuzhno-Kazakhstanskoy oblasti. Zhurnal «MATERIALY» Praga, 2010 g.

2. Rozanov L.N. Vakuumnye mashiny i ustanovki.–L.: Mashinostroenie, 1975. – 336 s.

3. Ospanov B.O. Emdik-profilaktikalық тағамдық өнім – өсімдік baly туралы// Nauchnye trudy YuKGU im. M.O. Auezova. - 2015, № 2 (33). - S. 39-41.

УДК 624.046

UDC 624.046

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТ МАССООТДАЧИ ПРОЦЕССА СУШКИ ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛООВОГО НАСОСА

RESEARCH OF MASS TRANSFER COEFFICIENT OF THE DRYING PROCESS OF GRANULAR MATERIALS USING A HEAT PUMP

**Тауасаров Ш.У., Муханова А.Е., Тауасаров А.Ш.
Tauasarov Sh.U., Mukhanova A.E., Tauasarov A.Sh.**

ЮКГУ им. М.Ауезова, Шымкент, Казахстан
M.Auezov SKSU, Shymkent, Kazakhstan

Түйін

Фазаларды бөлу шекарасында массаалмасудың дифференциальдық теңдеуі қатты фазада концентрация таралуының үздіксіз өзгеруін ескерумен кептіру теңдеуін шешу шарты ретінде қабылданады. Массаберуді есептеудің математикалық қиындығы процесстің әр түрлі жағдайлырында массаберу коэффициентін анықтаумен алмастырылады. Силикагельді кептіру процесі үшін массаберу коэффициентін кептіру агентінің температурасына, жалдыамдығына және ылғал мөлшеріне байланысты анықтау бойынша зерттеулер жүргізілді. Жалған сұйылған қабатты кептіргіштер үшін Нуссельт массаалмасу санының теңдеуі алынды.

Abstract

The differential equation for the phase boundary condition is taken as the solution of drying in the light of flux density distribution in the solid phase. The mathematical difficulties of calculation of mass transfer are replaced at different process conditions. Researches to determine the coefficient mass transfer depending on the temperature, velocity, and moisture content of the drying agent for drying of silica gel are carried out. The equation for the mass transfer of Nusselt number of the fluidized layer is received.

Ключевые слова: сушки, процесс, тепло-и массообмен, тепловой насос, генераторы теплоты.

Key words: drying, process, heat and mass transfer, heat pump, heat generators.

Повышение эффективности работы различных видов массообменных установок и аппаратов непрерывно связано с интенсификацией тепловых и массообменных характеристик с помощью различных факторов. В частности, повышение эффективности работы сушильных агрегатов возможно путем применения тепловых насосов в качестве генераторов теплоты [1,2].

Тепломассообмен при сушке материалов зависит от разности концентрации паров влаги в пределах пограничного слоя и температуры сушильного агента. Разности температур между основной массой сушильного агента и поверхностью влажного материала обеспечивает подвод теплоты, а разность концентрации поперек пограничного слоя создает поток паров влаги от поверхности влажного тела [3,4].

Для выявления факторов, влияющих на интенсивность тепло- и массообмена процесса сушки капиллярно-пористых материалов рассмотрим решение уравнения массопередачи.

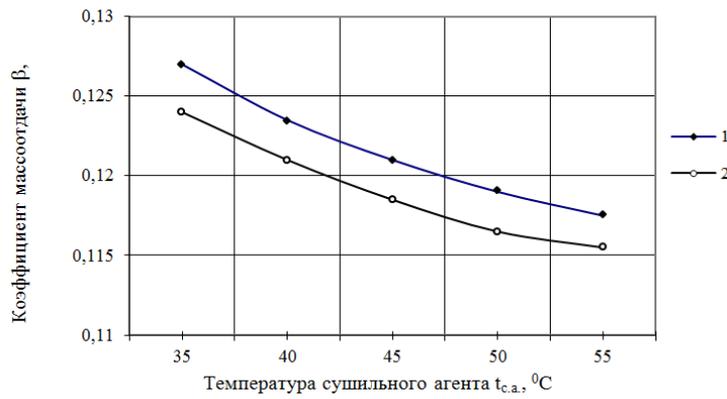
Важнейшим условием решения дифференциального уравнения массопередачи с твердой фазой (к которой относятся и процессы сушки) является уравнение, выражающее массообмен на границе раздела фаз и учитывающее непрерывное изменение распределения концентрации в твердом теле [5]:

$$D \frac{\partial c}{\partial n} = \beta(c_{1n} - c_2), \quad (1)$$

где D – коэффициент диффузии, характеризующий материал, через который диффундирует данное вещество и само вещество в диффузионном отношении, $\text{м}^2/\text{с}$; $\frac{\partial c}{\partial n}$ – градиент концентрации в направлении нормали n ; β – коэффициент массотдачи, $\text{м}/\text{с}$; c_{1n} – концентрация на поверхности раздела фаз, $\text{кг}/\text{м}^3$; c_2 – концентрация в ядре потока второй фазы, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Уравнение (1) позволяет заменить математические трудности расчета массоотдачи определением коэффициента массоотдачи при разных условиях процесса. β , как кинетический коэффициент, зависит от физических свойств среды, гидродинамических условий движения газа, геометрических параметров (формы и размеров аппаратов).

Рассмотрим зависимость коэффициентов массоотдачи процесса сушки силикагеля в зависимости от температуры и скорости сушильного агента по экспериментальным и расчетным данным (рис.1 и 2).

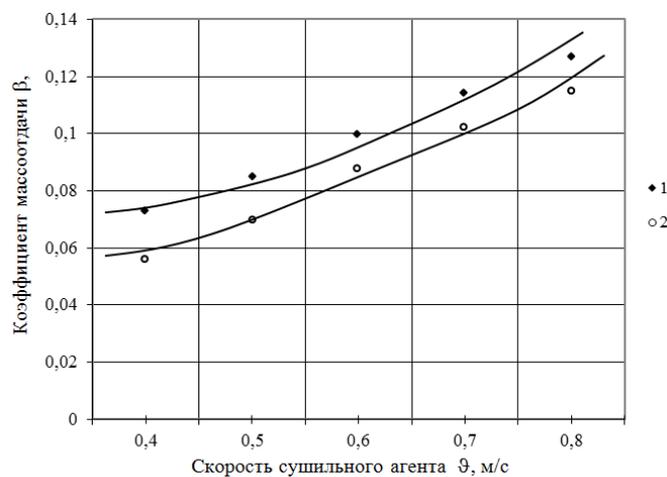


1 – β для процесса сушки (экспериментальные данные); 2 – β для процесса конденсации в испарителе теплового насоса (экспериментальные данные - точки и расчетные данные – кривая)

Рис. 1. Зависимость коэффициента массоотдачи от температуры сушильного агента на входе в сушилку

Из рис. 1 видно, что с ростом температуры сушильного агента коэффициент массоотдачи понижается незначительно.

На рис. 2 показано, что при увеличении скорости сушильного агента в сушилке повышается коэффициент массоотдачи за счет уменьшения толщины пограничного слоя вблизи поверхности высушиваемого материала. Сравнительные зависимости коэффициентов массоотдачи от температуры и скорости сушильного агента не дают большого отклонения, что подтверждают правильность математического расчета процесса сушки (рис. 1 и 2).



1 – β для процесса сушки (экспериментальные данные); 2 – β для процесса конденсации в испарителе теплового насоса (экспериментальные данные – точки и расчетные данные – кривая)

Рис. 2. Зависимость коэффициента массоотдачи от скорости сушильного агента в сушилке

Из рис.3 видно, что при увеличении влагосодержания сушильного агента незначительно понижается коэффициент массоотдачи из-за увеличения толщины пограничного слоя.

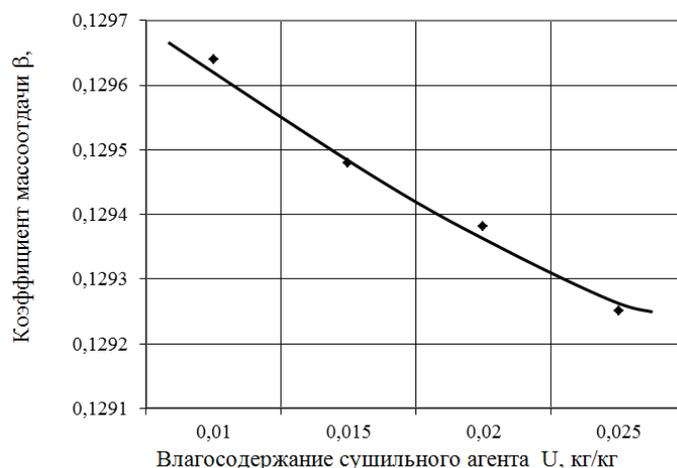


Рис. 3. Зависимость коэффициента массоотдачи от влагосодержания сушильного агента, поступающего в сушилку

Процессы межфазного тепло- и массообмена в плотном и ПС протекают в условиях достаточно крупных частиц или высоких скоростей сушильного агента, когда высота H слоя значительно превышает высоту активной зоны h_a ($H > h_a$).

Изменение температуры сушильного агента и концентрации влаги в нем можно найти, решая совместно уравнения теплового и материального балансов и массообмена.

Исследования показали, что коэффициент массоотдачи β снижается при увеличении температуры сушильного агента. По результатам экспериментальных данных получено уравнение массообменного числа Нуссельта для сушилок псевдооживленного слоя:

$$Nu = 0,624 K_E Re^{0,76} Pr^{0,33}, \quad (2)$$

где K_E – коэффициент использования кинетической энергии падающих частиц; Re, Pr – числа Рейнольдса и Прандтля.

Литература

1. Лыков А.В. Тепло- и массообмен в процессах сушки. -М.-Л.: Госэнергоиздат, 1982.- 464 с.
2. Рей Д., Макмайл Д. Тепловые насосы. –М.: Энергоиздат, 1992.-282 с.
3. Верба М.И. Теория сушки. – М.: Энергия, 1960.- 170 с.
4. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов /Пищевая промышленность.-М., 1973.-528 с.
5. Стабников В.Н., Попов В.Д., Лысянский В.М., Редько Ф.А. Процессы и аппараты пищевых производств /Пищевая промышленность. -М., 1976.-663 с.

References

1. Lykov A.V. Heat and mass transfer in drying processes.-M.L.: Gosenergoizdat, 1982.-464 p.
2. Rey D., McMichael D.Heat generators.-M.: Energoizdat, 1992.-282 p.
3. Verba M.I. Theory of drying.-M.: Energy, 1960.-170 p.
4. Ginzburg A.S. Basic theory and techniques of food drying/Food industry.-M., 1973.-528 p.
5. Stabnikov V.N., Popov V.D., Lyisyansky V.M., Redko F.A. Processes and devices of food manufactures/Food industry.-M., 1976.-663 p.

ШАҢТАЗАЛАУ АППАРАТТЫҢ ГИДРАВЛИКАЛЫҚ КЕДЕРГІСІН ЗЕРТТЕУ STUDY HYDRAULIC RESISTANCE OF THE DUST COLLECTION APPARATUS

Калдикулова А.Д.¹, Заурбеков М.Н.², Маулен А.³, Серікұлы Ж.³.
Kaldikulova A.D.¹, Zaurbekov M.N.², Maulen A.³, Serikuly Zh.³.

¹Халықаралық гуманитарлы-техникалық университет, Шымкент, Қазақстан

²Жаңа технологиялар колледжі, Шымкент, Қазақстан

³М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент,
Қазақстан

¹International humanitarian technical university, Shymkent, Kazakhstan

²College of New Technologies, Shymkent, Kazakhstan

³M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
muca-84@mail.ru

Түйін

Химия, мұнай-химиялық, металлургиялық және т.б өндіріс орындарында қолданылатын бағаналы аппараттардың тиімділігін арттыру және атмосфераға бөлінетін зиянды шығындыларды, мүмкіндігінше жоғары деңгейде залалсыздандыру мақсатында жетілдірілген, қарапайым құрылымдарды жасау, соның арқасында аз қалдықты немесе қалдықсыз технологияларды жасап өндіріске ендіру, күн тәртібінде тұрған негізгі мәселелердің бірі болып отырғаны ақиқат. Осыны ескере отырып көп қабықты шаңтазалағыш аппараттың конструкциясы ұсынылып отыр. Мақалада эксперимент жүргізу әдістемесі қарастырылған Гидравликалық кедергіні анықтауға теңдеулер ұсынылып отыр. Гидравликалық кедергінің газ жылдамдығының байланыс графигі көрсетілген. Жұмыс нәтижелерінде аппараттың жұмыс режимдері анықталып, конструкция таңдауы негізделді. Эксперимент нәтижелері аппараттың шаңтазалау көрсеткіштерін жоғарлығын айқындап отыр. Еліміздің өндірістік сұраныстын артуына байланысты шаңтазалау аппараттарына сұранысы жоғары.

Abstract

The problem of creating high technology with a high degree of purification column apparatus for chemical, petroleum-chemical, metallurgy and others industry is relevant. In this regard, it is proposed to construct a multi-layer plate-gas cleaning system. The article deals with the methods of the experiment. The mathematical formula for determining the hydraulic resistance. Shows a plot of the hydraulic resistance of the gas velocity. As a result of this work have been identified modes of the device. He also explained the choice of the design as a whole. Experimental data indicate a high efficiency dust gas purification ability of this unit. High-intensity gas-cleaning devices dust updated with the growing needs of industry in our country.

Кілт сөздер:шаңтазалау аппараты; гидравликалық кедергі; жұмыс режимі; газсұйық ағыны; газ жылдамдығы.

Key words:dust cleaning apparatus; hydraulic resistance; modes of work; gas-liquid layer; gas velocity

Химия, мұнай-химиялық, металлургиялық және т.б өндіріс орындарында қолданылатын бағаналы аппараттардың тиімділігін арттыру және атмосфераға

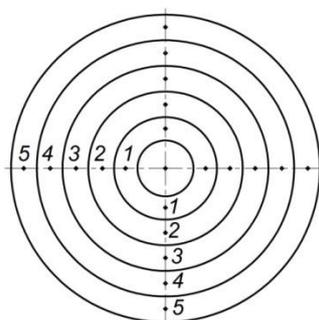
бөлінетін зиянды шығындыларды, мүмкіндігінше жоғары деңгейде залалсыздандыру мақсатында жетілдірілген, қарапайым құрылымдарды жасау, соның арқасында аз қалдықты немесе қалдықсыз технологияларды жасап өндіріске ендіру, күн тәртібінде тұрған негізгі мәселелердің бірі болып отырғаны ақиқат. Екіншіден, қазіргі экологиялық жағдайда байланысты, бұл мәселе ұзақ уақыттан бері ғалымдар мен мамандардың алдында тұрғаны, әлі толық шешімі табылмаған күрделі жұмыс болып қала бермек.

Материалдар мен әдістемелер.

Экспериментальді қондырғыны жасау кезінде жаңалық көзі, қаңқадан, көлбеу орнатылған науадан, яғни ол сұйықтықтың тез жылдамдықпен төмен ағуын қамтамасыз етеді, құйылғы құбыр, бағыттаушы сақина, таратқыш дискпен жабдықталған. Оның ерекшелігі қондырғының көп қабықты табақшалы құрылғысы болуында және ондағы сұйықтың статикалық деңгейіне байланысты сұйық шеңбер формада, әрбір саңылау (құйылғы құбыр мен бағыттаушы сақина және таратқыш диск арасындағы) арқылы тарап аппараттың көлденең қимасын толығымен қамтиды, яғни бұл жерде шаңтазалағыштың тиімділігін арттырып тұр [1].

Ауа ағынының құбырдағы жылдамдығын өлшеу үшін Пито түтігі қолданады. Түтіктің «Г» әріпі сияқты майысқан тұмсығының ортасындағы негізгі тесігі-газ ағынының қысымын өлшеуге, ал бүйіріндегі тесіктері-статикалық қысымды және ағынның түтіктің тұмсығын айналып өту кезіндегі ауаның сорылуын есепке алады сондықтан да оның түзету коэффициенті 0,5 тең [2]. Түтіктің «Г» әріпі сияқты майысқан тұмсығы өлшеу жұмысы кезінде ауа ағынына перпендикулярлы орналасуы керек.

Ауа ағыны өтетін құбырдағы динамикалық қысымды өлшеу үшін оның көлденең қимасын, аудандары бірдей, бірқатар сақиналарға бөлінеді. Әрбір сақинаның вертикальды және горизонтальды осьтердің қиылысындағы орталық нүктеде өлшеу жүргізіледі. Шибердің 2 әрбір орналасу жағдайына байланысты динамикалық қысым анықталады.



Сурет 1- Құбырдың көлденең қимасындағы өлшеу жүргізу нүктелері.

Аппараттың гидравликалық кедергісін зерттеу кезінде жүргізілген жұмыстар:

Пневмометрикалық түтікті микроанометрмен қосу, аппараттағы ауаны сынауға алатын U-тәрізді түтікпен қосу, ауа жүретін құбырдағы шиберді 2 «жабық» жағдайына орнатып, вентиляторды қосу;

Шиберді 2 №1 жағдайға орнатып, аппараттың ішкі құрылымның гидравликалық кедергісін (U-тәрізді түтіктің көрсетуімен) ауа қозғалатын құбырдағы орташа динамикалық қысымын – $P_{дин}$ (микроанометрдің көрсетуімен), температурасын (термометр арқылы) өлшеу; Осылайша шиберді №2, №3, №n жағдайына орнатып, жасалынған өлшемдерді қайталап отырып, нәтижелерін кестеге ендіру; Өлшеу жұмыстары біткеннен соң, шиберді 2 «жабық» жағдайына орнатып, вентиляторды жұмыс режимімен ажырату.

Осы көрсетілген тәртіп бойынша судың өлшеуіш құралы ротаметрмен аппаратқа кезегімен әртүрлі мөлшерде ($L=m^3/c\text{aғ}$, $L=2m^3/c\text{aғ}...$ т.с.с) су жіберу арқылы тәжірибелер жүргізіледі, яғни судың әрбір мөлшері үшін жүргізілген тәжірибелердің мәндерін өз алдына кестеге ендіру қажет.

Бағаналы аппараттың гидравликалық сипаттамаларын анықтау кезінде жасалынатын әрбір тәжірибе 2-3 рет қайталанып жүргізілді.

Нәтижелер. Көп қабықты табақшалы шаңтазалағыштың гидравликалық зерттеулері үш табақшадан, ортасында орналасқан құйылғы құрылымының әр табақша арасы 400мм және 200мм құрайтын қондырғыдан тұрады. Конструкция бойынша саңылау биіктіктерін 2-ден 10 мм-ге шейін өзгертуге болады. Бағаналы аппараттың көлденең қимасындағы ауаның жылдамдығы эксперимент бойынша 0,6-дан 3,0 м\с-ке шейін, ал сұйықтың жүктемелік өзгерісі 0,8-ден 5 м³\сaғ-қа дейін өлшемді құрайды.

Аппараттың гидравликалық кедергісін құрғақ мына формуламен есептеуге болады:

$$\Delta P_{\text{тол}} = \xi_a \frac{W a^2}{2} \cdot \rho_a, \text{ Н}\cdot\text{м}^2 \quad (1)$$

мұндағы ξ_a –аппараттың гидравликалық кедергісінің коэффициенті. Аппараттың гидравликалық кедергісінің коэффициентін экспериментальді жолмен анықтайды. Ол үшін (7) формуладан табамыз:

$$\xi_a = \frac{2 \cdot \Delta P \cdot g}{W a \cdot \rho a}, \quad (2)$$

мұндағы, ΔP -аппараттағы табақшалы құрылымның гидравликалық кедергісі (қысымдар айырмасындағы U-тәрізді манометрдің көрсетуі) мм.су.бағ.

Табақшалы аппараттың гидродинамикалық режимдерін зерттеген жағдайда, алдымен табақшалы құрылымның құрғақ кедергісін анықтайды. Ол үшін мына формуланы қолданады:

$$\Delta P_k = \xi_k \cdot \frac{\rho_a \cdot w^2}{2 F_0^2} a; \quad (3)$$

мұндағы: ξ_k -құрғақ табақшалы құрылымының кедергі коэффициенті; ρ_a -ауаның (газдың) тығыздығы, кг\м³; W_a -аппараттағы ауаның (газдың) жылдамдығы, м\с; F_0 -табақшалы құрылымның еркін қимасы, м²\м²;

Тәжірибе кезінде табақшаның құрғақ кедергісін U- тәрізді манометрдің көрсетуімен анықтап, (1) формуланы пайдаланып табақшаның кедергі коэффициентін есептелді.

Фазаларды екі зонада түйістіретін табақшаның гидродинамикалық режимдерін зерттеу барысында оның толық гидравликалық кедергісі аппараттағы ауаның (газдың) жылдамдығына байланысты екі учаскеден тұратындығы анықталды. Біріншісі, ауаның (газдың) аппараттағы жылдамдығы $W_a=0,8-1,8$ м\с аралығында, құйылғы құрылымнан ағатын сұйық жұқа қабық түрінде аппараттың көлденең қимасына біркелкі таралады. Бұл режим «жұқа қабықты» деп аталады.

Визуальді байқаудың нәтижесінде, ауаның (газдың) жылдамдығы $W_r > 1,8$ м\с² аса бастағаннан, сұйықтың жұқа қабық түріндегі таралуы бірте-бірте өзгеріске ұшырайды, яғни ауаның (газдың) қарқынымен сұйықтың жұқа қабығы, жылдамырақ майда тамшыларға ыдыратылады, ал жылдамдық $W_r > 4$ м\с асқанда сұйық тамшылары ауаның (газдың) екпінімен ілесіп келесі зонаға өте бастайды.

Бұл режим «ағынды» (струйный) режим деп атайды.

Егер, табақшалы құрылымның кейбір геометриялық параметрлеріне байланысты толық гидравликалық кедергісін анықтау керек болса, мысалы; D-диск диаметрінің, H-саңылау биіктігінің, F_0 -еркін қимасының және т.б. параметрлерінің өзгеруіне байланысты табақшаның толық гидравликалық кедергісінің аппараттағы ауаның (газдың) жылдамдығына тәуелділігінің сызбасын тұрғызады. Осылайша алынған мәліметтердің нәтижелерінің сызбасын дайындайды [1].

Фазаларды екі зонада түйістіретін табақшалы құрылымның толық гидравликалық кедергісін белгілі принцип бойынша анықтаймыз:

$$\Delta P_{\text{тол}} = \Delta P_{\kappa} + \Delta P_{\text{ac}} + \Delta P_{\delta}, \quad (4)$$

Мұндағы, ΔP_{κ} -табақшалы құрылымның құрғақ кедергісі, Па; ΔP_{ac} - табақшалы құрылымдағы ауамен сұйықты шашырату, тасмалдау кезіндегі кедергі, Па.

Құрғақ табақшаның кедергісін былайша анықтауға болады:

$$\Delta P_{\kappa} = \xi_{\kappa} \cdot \frac{S_a \cdot W^2}{2S_0^2}, \quad (5)$$

Мұндағы, $\xi_{\kappa} = 1,4$ құрғақ табақшаның кедергісі (тәжірибе жолымен анықталады);

S_0 -табақшаның еркін қимасы, $\text{м}^2/\text{м}^2$

$$S_0 = \frac{F_0}{F_a} \quad (6)$$

Мұндағы, F_0 . конусты элементтегі саңылаулардың жалпы ауданы, м^2 ; F_a -аппараттың көлденең қимасының ауданы, м^2 .

ΔP_{δ} -сұйықтың беттік тарттылу күшінен туындайтын кедергі, Па;

ΔP_{δ} өлшемі аз болғандықтан, есепке алмауға болады. ΔP_{ac} – тәжірибе кезінде U-ізді манометрдің көрсетуі бойынша алынады.

Фазалары екі зонада түйісетін табақшалы құрылымның гидравликалық кедергісі екі қосындыдан тұрады:

$$\Delta P_{\text{ac}} = \Delta P' + \Delta P_2 \quad (7)$$

Мұндағы, ΔP_1 -I зонаның гидравликалық кедергісі, Па; $\Delta P''_2$ II-зонаның гидравликалық кедергісін мына формуламен анықтауға болады:

$$\Delta P_1 = A_1 \cdot \rho_c \cdot \delta_k \cdot \Gamma; \quad (8)$$

мұндағы, ρ_c - сұйықтың тығыздығы, $\text{кг}/\text{м}^3$; A_1 - экспериментальді мәліметтерді өңдеуден табылған коэффициенттер; Γ - өлшемсіз симплекс;

$$\Gamma = \frac{d_0}{d_m}, \quad (9)$$

мұндағы, d_m -тамшының диаметрі, м;

$\delta = d_0$ - конустық элементтегі саңылаудың диаметрі, м;

I-зонадағы жұқа қабықтың қалыңдығын былайша анықтауға болады:

$$\delta_1 = \frac{0,433 \cdot \mu_c^{2/15} \cdot L_m^{8/15}}{g \cdot \sin \beta^{1/3} \cdot \rho_c^{2/3}} \quad (10)$$

мұндағы, μ_c - сұйықтың тұтқырлық коэффициенті, Па·с;

L_m -сұйықтық жүктеменің массалық тығыздығы, $\text{кг}/\text{м} \cdot \text{с}$;

$\beta = 40^\circ$ - конусты элементтің бұрышы.

$$L_m = L \cdot \rho_c \quad (11)$$

мұндағы, $d_{жз}$ – конустық элементтегі жұмыстың зонасының диаметрі, м.

Фазалардың түйісуінің II – зонадағы гидравликалық кедергісін мына формуламен табуға болады:

$$\Delta P_2 = A_2 \cdot Re_K^n \cdot g \cdot \rho_c \cdot \delta'' \quad (12)$$

мұндағы, A_2 , n – экспериментальді мәліметтерді өңдеуден алынатын коэффициенттер; Re_K – жұқа қабық үшін Рейнольдс саны; g – еркін құлаудың үдеуі, m/c^2 ; ρ_c – сұйықтың тығыздығы, kg/m^3 ;

II – зонадағы құйылғы құрылым мен таратқыш дискінің арасындағы саңылаудан аққан сұйықтың жұқа қабығының қалыңдығын былайша анықтаймыз:

$$\delta'' = k_I \cdot \delta_K \cdot Re^{2/3} \cdot \Gamma^{2/3} \quad (13)$$

мұндағы, δ_K – жұқа қабықтың келтірілген қалыңдығы, м; k_I – экспериментальді мәліметтерді өңдеуден алынатын коэффициент ($k_I = 0,12$); Γ – геометриялық симплекс;

$$\delta_K = \left(\frac{v_c}{g}\right)^{1/3} \quad (14)$$

$$\Gamma = \frac{hc}{d\theta} \quad (15)$$

мұндағы: d – таратқыш дискінің диаметрі, м; v_c – сұйықтың кинематикалық тұтқырлығының коэффициенті, m^2/c ;

Жұқа қабық үшін Рейнольдс саны:

$$Re_K = 4L / v_c \quad (16)$$

мұндағы, L – сұйықтық жүктеменің меншікті тығыздығы, $m^3/m \cdot c$;

$$L = Q_c / \pi \cdot d \cdot \delta \quad (17)$$

мұндағы, Q_c – сұйықтың шығыны, m^3/c .

Ауа (газды) ағынының сұйықпен әсерлесу зонасындағы тамшының диаметрін мына формуламен есептеуге болады:

$$d = 6 \sqrt{\frac{\pi \cdot v_c \cdot \delta}{W_a^2 \cdot u \cdot \rho_a}} \quad (18)$$

мұндағы, δ – беттік тартылыс күші, Н/м; u – жұқа қабықтың орташа жылдамдығы, м/с; ρ_a – ауа (газды) ағынның тығыздығы, kg/m^3 ; W_a – аппараттағы ауа (газ) ағынының жылдамдығы, м/с;

Өз кезегінде:

$$u = u_K \cdot Re^{1/3} \cdot \Gamma^{2/3} \quad (19)$$

$$u_K = (g \cdot v_c)^{1/3} \quad (20)$$

мұндағы, u_K – жұқа қабықтың келтірілген жылдамдығы,

5,7,9,12 және 17 теңдеулерін есепке ала отырып толық гидравликалық кедергіні анықтау формуласы мынадай түрге айналады:

$$\Delta P_{\text{тол}} = \xi \frac{\rho_a \cdot (W_a)^2}{2} + A_1 \cdot \rho_c \cdot \delta_K \cdot \Gamma + A_2 \cdot Re_K^n \cdot g \cdot \rho_c \cdot \delta \quad (21)$$

мұндағы, $A_1 = 4 \cdot 10^{-3}$; $A_2 = 1,13$ және $n = 0,5$.

(21) теңдеумен $\Delta P_{\text{тол}}$ есептегенде экспериментальді мәліметтермен сәйкестігін салыстыру қажет ($\pm 15\%$).

Визуальді түрде кедергілерді есептегенде табақшалардың жұмыс істеу процессінде екі сипаттамалық режим қарастырылады. Жүктемеге байланысты саңылаудан аққан сұйықтықтың жылдамдығы 0,7-ден 1,2 м\сек аралығында өзара табақшаның көлемінің жұқа қабықшасының координатасы бақылауға алынады. Жүктемесі жоғарлаған сайын саңылаудан аққан сұйықтықтың жылдамдық диапазоны кеңейіп, жұқа қабықтың координатасы өзгертіледі.

Өзара газ бен сұйықтықтың арасындағы процессті сипаттағанда, пульсациялық режим деп аталады. Пульсацияның пайда болуы сұйықтықтағы жылдамдық, бағананың өлшемі (диаметрі), формалық шарттарына байланысты.

Біздің диапазонда зерттеу амплитудасында (мысалы, $W_r - 0,7 \text{ м\сек}$ болғанда) 20-40 мм шамадағы өлшемді көрсетті. Пульсацияның болу себебі, бағананың қаңқасынан газдың бұзып шығуы, әр табақшаның көлемінде жұқа қабықшаның өзгеруі. Газдың (бу) жылдамдығы өскен сайын тербеліс те ұлғаяды.

Газдың (бу) жылдамдығы 0,8-ден 1,2 м\сек-тан 1,5-тен 1,6 м\сек аралықты қамтыса, зерттеу нәтижесінде жұқа қабықтың координатасы өзгеріссіз қалады. Экспериментальді көрсеткіште осы аралықты қамтыған интервалды «еркін ағыс» деп, газдың жылдамдығы бағана ішінде пропорционал күйде өзгереді. Бұл режимді табақшадағы бір қалыпты жұмыс істеу режимі деп атайды.

Зерттеу барысы ары қарай газдың жылдамдығы 1,6 м\с жоғарласа, жұқа қабықтың интенсивті тербелісі координатта өзгеріс табады. Сұйық фаза құйылмалы құрылғыдан аққанда жұқа қабықшаның ағын, шашырап бүрку, тамшы күйде жұмыс істейді.

Жұқа қабықты табақшада ең керекті факторы кедергілік болып табылады. Тәжірибе кезінде жұқа қабықты табақшадан кедергілер алынды. Сол сияқты 1,7 м\с дейінгі жылдамдықта аз ғана кедергінің өсуі көрінді, яғни пульсациялық және табақшаның бірқалыпты жұмыс істеу режиміне үйлесімді болып тұр. Ал газдың (бу) жылдамдығы 1,7 м\с жоғарласа, тәжірибеде энергия шығыны жоғарлайды, содан кедергісі де көбейіп, жұқа қабықшаның тербелісі ұлғайғандықтан табақшада тамшылы жұмыс істеу режимі орындалады.

Қорытынды. Экспериментальді жұмыс жүргізу нәтижесінде көп қабықты шаңтазалағыш аппараттың гидравликалық кедергісін зерттелді, нәтижесінде бұл табақшалы аппаратта фазалардың әсерлесуі «жұқа қабық – тамшы-жұқа қабық» циклы бойынша бірнеше аймақта жүруіне байланысты, жоғары тиімділік қамтамасыз етіледі.

Әдебиеттер

1 Инновационный патент РК №25262 Абсорбер пылеуловитель от 20.12.2011 бюл №12

2 Алтаев М.А «Научные основы разработки высокоэффективных пылегазоулавливающих тарельчатых аппаратов с двумя зонами контакта фаз» Шымкент 2009.

References

1 Innovacionnyi patent RK №25262 Absorber pileulovitel ot 20.12.2011 bul №12
2 Altaev M.A. «Nauchnie osnovi razrabotki visokoeffektivnix pile-gazoulavlivaushix tarelchatix apparatov s dvumya zonami kontakta faz» Shymkent 2009.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СКРУББЕРНОГО ПРОЦЕССА В
АППАРАТАХ С РЕГУЛЯРНЫМИ ПЛАСТИНЧАТЫМИ НАСАДКАМИ ПРИ
УМЕРЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ФАЗ**

**MATHEMATICAL MODELING OF THE SCRUBBING PROCESS APPARATUS
WITH A REGULAR LAMELLAR NOZZLES AT A MODERATE TEMPERATURE
PHASES**

**Сейтханов Н.Т., Исмаилов Б.Р., Пазылова Г.Ж.
Seytkhanov N.T., Ismailov B.R., Pazylova G.Zh.**

Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауезова
M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
eeukgu@mail.ru

Резюме

В данной работе разработана математическая модель распределения температуры в контактной зоне аппарата с регулярными пластинчатыми насадками. Составлено нестационарное уравнение теплопереноса в безразмерных переменных и соответствующие граничные условия. Для замыкания уравнения в случае теплообмена с каплей рассмотрен теплоперенос внутри капли. Решение предложенной математической модели методом последовательных представлено в виде кривых зависимостей изменения температуры газа по высоте насадки. Проведено сравнение результатов математической модели с экспериментальными данными, полученными авторами по ранее предложенной методике экспериментального исследования.

Abstract

In this paper, a mathematical model of the temperature distribution in the contact area of the device with regular plate attachments. Compiled unsteady heat transfer equation in dimensionless variables and the corresponding boundary conditions. To close the equation in the case of heat exchange with a drop of heat transfer is considered inside the drop. The solution proposed by successive mathematical model is presented in the form of curves of the dependence of gas temperatures at the height of the nozzle. A comparison of the results of a mathematical model with experimental data obtained by the authors previously proposed method of experimental research.

Как было отмечено в работах [1,2,3,4], механизм взаимодействия фаз в слое регулярной пластинчатой насадки заключается в следующем:

- слой регулярной пластинчатой насадки с высотой H состоит из ячеек, количество которых равно $n_{яч}$, высота – $t_с$, а площадь - t_p^2 ;

- орошаемая жидкость падая на поверхность пластины образует пленку, стекающую кромок и под действием вихревого газового потока дробящуюся на струйки, которые вследствие неустойчивости дробятся на капли. Средний диаметр капель определяется по уравнению (1);

- капли в свободном сечении между пластинами (ε_0 , определяемом по соотношению (2) вихревым потоком уносится в ячейку, где происходит теплообмен между жидкой и газовой фазой.

Из фундаментальных работ Кафарова В.В. с сотрудниками [5,6,7] следует, что различные модели структуры потоков дают различный разброс концентраций и температур по высоте аппарате. Так, модель идеального вытеснения дает завышенные значения температуры, а модель полного смешения – заниженные. Более реальный характер изменения температуры по теплообменнику отражается диффузионной и ячеечной моделями. Причем конечные значения T_2 совпадают. Основой ячеечной модели является представление об идеальном перемешивании в пределах ячеек, расположенных последовательно, и отсутствии связи между ними, т.е. реализуется формализованный подход.

Рассмотрим комбинированную модель структуры сплошного потока, состоящего из $n_{яч} = H/t_6$, с учетом коэффициента продольного перемешивания газа в ячейке, определяемого по уравнению, в приближении однопараметрической диффузионной модели.

$$E_{n.z.} = \frac{B_n}{1,26} \left(\frac{\xi_L d_{o.z.}}{\varphi \varepsilon} \right)^{1/3} \left(\frac{\sigma t_6}{t_p} \right)^{2/3} \frac{W_2}{\varepsilon_0} \quad (1)$$

Для упрощения анализа введем следующие предположения:

- $d_k = const$, т.е. скорости испарения капли и конденсации паров жидкости незначительны, что справедливо при умеренных температурах газа ($t_2 \leq 100^0C$) и жидкости ($t_{жс} \leq 60^0C$) при атмосферном давлении;
- отсутствует химическая реакция;
- по высоте всей колонны происходит противоточное движение газа и жидкости;
- циркуляция жидкости внутри капли не влияет на скорость теплопереноса в газовой фазе.

Последнее допущение справедливо, когда отношение вязкостей $\nu_{жс}/\nu_2 \gg 1$, что имеет место для капель жидкости обычной вязкости при обтекании их газовым потоком, т.е. применительно к скрубберным процессам.

Для предложенной модели уравнение теплового баланса имеет вид:

$$t_p^2 \rho_z c_{p.z.} E_{n.z.} \frac{d^2 T_2}{dh^2} + \rho_z c_{p.z.} V_2 \frac{dT_2}{dh} + t_p^2 \alpha_2 a (T_{zp} - T_2) = 0, \quad (2)$$

где $c_{p.z.}$ - теплоемкость газа; $E_{n.z.}$ – коэффициент продольного перемешивания газового потока (3); T_2 – температура газа; h – текущая высота; V_2 – объемный расход газа; α_2 – коэффициент теплоотдачи; a – удельная объемная поверхность; T_{zp} – температура на границе поверхности капли.

Учитывая, что на границе раздела фаз имеется равенство теплового потока:

$$4\pi r_k^2 \alpha_2 (T_{zp} - T_2) = -\lambda_{жс} \int_{F_k} \frac{\partial T_{жс}}{\partial r'} dF_k, \quad (3)$$

где F_k – поверхность капли; r' - текущий радиус капли; $\lambda_{жс}$ – коэффициент теплопроводности жидкости.

Уравнения (4) и (5) в случае теплообмена с каплей преобразуются к следующему виду:

$$\rho_z c_{p.z.} t_p^2 E_{n.z.} \frac{d^2 T_2}{dh^2} + \rho_z c_{p.z.} V_2 \frac{dT_2}{dh} - n t_p \lambda_{жс} \int_{F_k} \frac{\partial T_{жс}}{\partial r'} dF_k = 0; \quad (4)$$

$$T_2 = T_{zp}. \quad (5)$$

Уравнения (4) и (6) решаются при граничных условиях:

$$\frac{dT_z}{dh} \Big|_{h=0} = 0; \quad E_{n.z.} \frac{dT_z}{dh} + U_z T_z \Big|_{h=H} = U_z T_{z.n.}, \quad (6)$$

где $T_{z.n.}$ – начальная температура газового потока, т.е. на входе в скруббер.

Введем безразмерные параметры:

$$r = r'/r_k; \quad \tau = \left(\frac{\alpha_{жс} \theta}{r_k^2} \right); \quad T'_z = \frac{T_z}{T_{n.z.}}; \quad T'_{жс} = \frac{T_{жс}}{T_{n.жс.}}; \quad B = \frac{\alpha_{жс}}{\alpha_z d_k}; \quad m = \frac{U_z}{U_{жс}}, \quad (7)$$

где $\theta = h/U_k$ – время движения капли в пространстве между точками $h=0$ и $h=t_6$; U_z – истинная скорость газового потока; $U_{жс}$ – истинная скорость жидкостного потока; $\alpha_{жс}$ – коэффициент теплоотдачи в жидкой фазе, равный:

$$\alpha_{жс} = \frac{\lambda_{жс}}{\rho_z c_{p.жс.}}, \quad (8)$$

где $\lambda_{жс}$ – коэффициент теплопроводности жидкости; $c_{p.жс.}$ – теплоемкость жидкости.

Учитывая, что в скруббере РПН при $\varepsilon = 0,99$, удельную объемную поверхность a определяет поверхность каплей a_k , а не пленок и струек, получим:

$$a = a_k = \frac{6\sqrt{2}(1-\varphi)}{a_k} \sqrt{\frac{1+\Phi^6}{\Phi^2}}, \quad (9)$$

где φ – газосодержание слоя; Φ – коэффициент формы капли.

Число капель в единице объема:

$$n_k = \frac{a_k}{4\pi r_k^2}. \quad (10)$$

Из уравнений (11) и (12) имеем:

$$V_{жс} = \frac{1}{3} a_k r_k U_k t_p^2; \quad (11)$$

$$U_{жс} = \frac{1}{3} a_k r_k U_k. \quad (12)$$

С учетом предложенных граничных условий (9) уравнения (4) и (5) преобразуются к следующему безразмерному виду:

$$N \frac{d^2 T'_z}{d\tau^2} + \frac{dT'_z}{d\tau} + \frac{3}{2BG} (T'_{zp} - T'_z) = 0;$$

$$\frac{dT'_z}{d\tau} \Big|_{\tau=0} = 0; \quad (13)$$

$$N \frac{dT'_z}{d\tau} + T'_z \Big|_{\tau=\tau_k} = 1,$$

$$\text{где } N = \frac{E_{n.z.} \alpha_{жс} \cdot t_p^2}{u_k r_k^2 V_z}; \quad \tau_r = \frac{\alpha_{жс} H}{u_k r_k^2}; \quad G = \frac{U_z}{U_{жс}} \frac{\rho_z c_{p.z.}}{\rho_{жс} c_{p.жс.}} \quad (14)$$

Для замыкания уравнения (6) рассмотрим теплоперенос внутри капли.

В безразмерных переменных нестационарное уравнение теплопереноса и граничные условия имеют вид:

$$\frac{\partial T'_{жс}}{\partial \tau} = \frac{2}{r} \frac{\partial T'_{жс}}{\partial r} + \frac{\partial T'_{жс}}{\partial r^2}; \quad (15)$$

$$\left(\frac{\partial T'_z}{\partial r} \right)_{r=1} = -\frac{1}{2B} (T'_{zp} - T'_z). \quad (16)$$

В центре капли

$$\left(\frac{\partial T'_z}{\partial r} \right)_{r=0} = 0. \quad (17)$$

В условиях, когда скорость теплообмена определяется переносом тепла внутри капли, т.е. когда $B \ll 1$ уравнение (6) в безразмерных переменных (9) преобразуется к виду:

$$N \frac{d^2 T'_z}{d\tau^2} + \frac{dT'_z}{d\tau} - \frac{3}{G} \left(\frac{dT'_z}{dr} \right)_{r=1} = 0. \quad (20)$$

Для расчета высоты колонны необходимо задать требуемую степень охлаждения газа:

$$E_z = \frac{T'_{z.н} - T'_0}{T'_{z.н}} = 1 - T'_{z.o.}, \quad (21)$$

где индекс «0» соответствует значению $\tau = 0$.

В этом случае решается задача Коши, т.е. условия задаются при значении $\tau = 0$:

$$\frac{T'_z}{\tau = 0} = T'_{z.o.}; \quad \frac{dT'_u}{d\tau} \Big|_{\tau = 0} = 0. \quad (22)$$

Требуемая высота колонны определяется значением τ_k , при котором выполняется граничное условие (5).

Решение предложенной математической модели методом последовательных представлено в виде кривых зависимостей изменения температуры газа по высоте насадки (рисунок 1). При этом модель сначала была решена для одной ячейки при $H = t_6$, а потом для второй $H = 2t_6$, третьей $H = 3t_6$ и т.д. Эксперименты были проведены также, начиная с первой ячейки по ходу газового потока, а вода подавалась при помощи передвижного оросителя непосредственно на каждую исследуемую ступень. Изучался процесс охлаждения газа с начальной температурой $t_{z.н.} = 100^\circ\text{C}$ водой с $t_{ж.н.} = 12^\circ\text{C}$. При этом газ в зависимости от конструктивных и режимных параметров охлаждался до 21°C , а вода нагревалась до 17°C . Выбор этих начальных температур газа и воды не случаен, т.к. мы стремились к созданию условия постоянства массы капли как было принято в допущениях по разработке математической модели.

На рисунке 1 представлены экспериментальные точки, полученные по предложенной методике экспериментального исследования. Максимальная абсолютная погрешность результатов математической модели при сравнении с экспериментальными данными составляет 16%.

Результаты экспериментальных исследований и решения модели сопоставлены (рисунок 2) также с данными по изменению температуры парогазовой смеси по высоте трубчатого конденсатора [8], из которых следует аналогичный характер полученных кривых. Это свидетельствует об обоснованности предложенной математической модели.

Изменение температуры газа Т по высоте

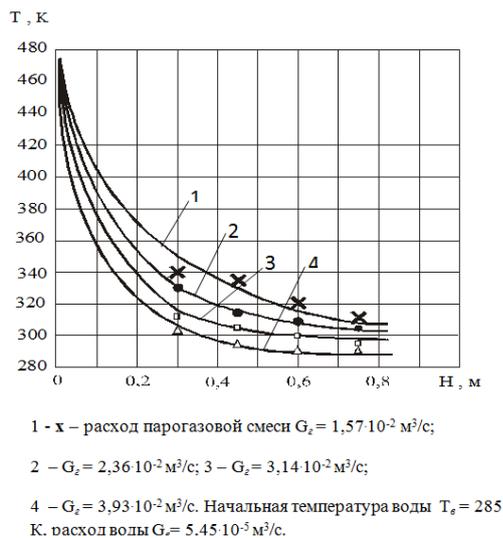


Рисунок 1. Результаты решения предложенной математической модели в виде кривых зависимостей изменения температуры газа по высоте насадки

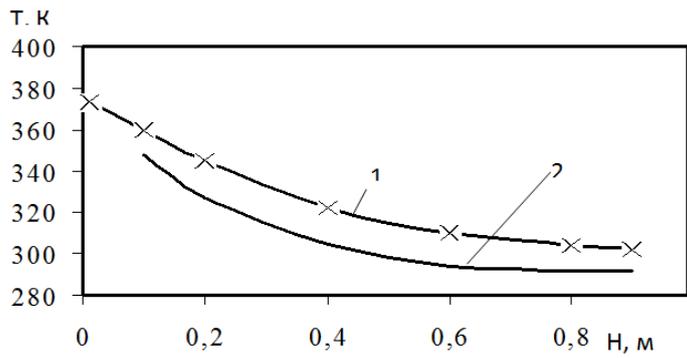


Рисунок 2. Распределение температуры парогазовой смеси Т по высоте аппарата Н. 1- $G_2 = 1,57 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$; $T_{ж} = 285 \text{ К}$; $Q = 5,45 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$; 2- данные [118] для пленочного конденсатора при $G_{жк} = 1,75 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$; $T_{жк} = 285 \text{ К}$; $Q = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$.

На наш взгляд, дальнейшая модификация математической модели теплообмена между каплями и газом в РПН может быть осуществлена следующим образом [9,10]: в качестве значений скоростей газа в контактной зоне необходимо использовать численные значения компонентов скорости, полученными как решение соответствующих уравнений количества движения (в ламинарном режиме -уравнений Навье-Стокса, в турбулентном-Рейнольдса).

Литература

1. Балабеков, М.О. Методология экологической модернизации технологического оборудования на примере сушильного барабанного агрегата. дис. ...канд.техн.наук: 25.00.36: защищена 18.11.2010: утв. 21.12.2011 / Балабеков Мадии Оразалыулы. – Тараз, 2010. – 300с.
2. Волненко, А.А. Научные основы разработки и расчета вихревых массообменных и пылеулавливающих аппаратов. дис. ... докт. техн.наук: 05.17.08: защищена 30.10.1999: утв. 19.05.2000 /А.А. Волненко. - Шымкент, 1999.-300с.
3. Волненко. А.А. Применение системно-поэлементной методологии для модернизации фильтровального оборудования в схеме переработки попутного

нефтяного газа / А.А. Волненко [и др.] // Тр.межд.науч.-практ.конф. «Ауэзовские чтения-12»: «Роль регионального университета в развитии инновационных направлений науки, образования и культуры», Шымкент, 2014, Т.1.- С.80-84.

4. Сейтханов, Н. Т. Структура потоков и контактный теплообмен в аппаратах с РППН: дис. ...канд. техн. наук: 11.01.2003 защищена 23.05.2003 утв. / Сейтханов Нурлан Тулегенович – Шымкент, 2003. – 198с.

5. Кафаров, В.В. Системный анализ процессов химической технологии / В.В. Кафаров, И.Н. Дорохов, Э. Кольцова // Процессы массовой кристаллизации из растворов и газовой фазы. – М.: Наука, 1983.–368с.

6. Ismailov, B., Ismailov, Kh., Urmatova, A., “Mathematical Modelling, Dynamic and Mass-Transfer Calculation of Gas-Drop Mixture in the Mass-Transfer Apparatus Multistage Channels”, Applied Mathematical Sciences, 2014, Vol. 8, No. 92, pp.4561 – 4570.

7. Ismailov, B., Ismailov, Kh., Urmatova, A., “Mathematical Modeling and Calculation of Dynamic Characteristics of Gas in Multistage Channels”, Applied Mathematical Sciences, 2013, Vol. 7, No. 132, pp. 6571-6582.

References

1. Balabekov, M.O. Metodologiya ekologicheskoy modernizatsii tekhnologicheskogo oborudovaniya na primere sushil'nogo barabannogo agregata. dis. ...kand.tekhn.nauk: 25.00.36: zashchishchena 18.11.2010: utv. 21.12.2011 / Balabekov Madi Orazalyuly. – Taraz, 2010. – 300s.

2. Volnenko, A.A. Nauchnye osnovy razrabotki i rascheta vikhrevykh massoobmennykh i pyleulavlivayushchikh apparatov. dis. ... dokt. tekhn.nauk: 05.17.08: zashchishchena 30.10.1999: utv. 19.05.2000 /A.A. Volnenko. - Shymkent, 1999.-300s.

3. Volnenko. A.A. Primenenie sistemno-poelementnoy metodologii dlya modernizatsii fil'troval'nogo oborudovaniya v skheme pererabotki poputnogo neftyanogo gaza / A.A. Volnenko [i dr.] // Тр.mezhd.nauch.-prakt.konf. «Auezovskie chteniya-12»: «Rol' regional'nogo universiteta v razvitii innovatsionnykh napravleniy nauki, obrazovaniya i kul'tury», Shymkent, 2014, Т.1.- S.80-84.

4. Seytkhanov, N. T. Struktura potokov i kontaktatoyy teplomassoobmen v apparatakh s RPPN: dis. ...kand. tekhn. nauk: 11.01.2003 zashchishchena 23.05.2003 utv. / Seytkhanov Nurlan Tulegenovich – Shymkent, 2003. – 198s.

5. Kafarov, V.V. Sistemnyy analiz protsessov khimicheskoy tekhnologii / V.V. Kafarov, I.N. Dorokhov, E. Kol'tsova // Protsessy massovoy kristallizatsii iz rastvorov i gazovoy fazy. – М.: Nauka, 1983.–368s.

6. Ismailov, B., Ismailov, Kh., Urmatova, A., “Mathematical Modelling, Dynamic and Mass-Transfer Calculation of Gas-Drop Mixture in the Mass-Transfer Apparatus Multistage Channels”, Applied Mathematical Sciences, 2014, Vol. 8, No. 92, pp.4561 – 4570.

7. Ismailov, B., Ismailov, Kh., Urmatova, A., “Mathematical Modeling and Calculation of Dynamic Characteristics of Gas in Multistage Channels”, Applied Mathematical Sciences, 2013, Vol. 7, No. 132, pp. 6571-6582.

HYDRODYNAMICS AND MASS TRANSFER IN THE APPARATUSES WITH PREFORMED PACKING BODIES

S. A. Kumisbekov, A.A.Volnenko, Zh. Seriluly, B.O. Ospanov, A.B. Kirgizbaev

M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
drzhan@mail.ru

Abstract

The article describes the various types of preformed and random packing for heat and mass transfer apparatuses, and determines their advantages and disadvantages. It is shown that preformed moving packing is of considerable interest to the intensification of heat and mass transfer processes due to the possibility of establishing regular vortex structure in the contact zone. There are represented the results of experimental studies of hydraulic resistance, coefficient of longitudinal mixing liquid, mass transfer coefficient in the gas and liquid phases in the apparatuses both with a preformed moving sheet and ball tips. Empirical equations for calculating main hydrodynamic and mass transfer intensity characteristics have been obtained.

Keywords: preformed packing, hydraulic resistance, coefficient of longitudinal mixing liquid, mass transfer coefficients in the gas and liquid phases

Introduction. In a lot of mass transfer apparatuses used for absorption, rectification, extraction, contact cooling of gas and liquid, the packed columns are widespread along with the sheet-type apparatuses. As the contact apparatuses they are used for preformed and random packing. Random packing (Raschig rings, Pall, Berl saddles, HY-PAK nozzle, CASCADE-RINGS, “Inzhehim”) [1,2] have increased hydraulic resistance, have relatively low efficiency, and they are unable to work with contaminated gases and liquids.

Preformed packing INTALOX, Sulzer, Koch, “Inzhehim”, Norton, “Vakupak”, “Glitch-Grid”, Mellapak, MellapakPlus, Mellagrid, gauze packing BX and CY have channels regularly, and therefore they have a slightly lower pressure drop and higher levels of efficiency. However, they are subject to overgrowing hard deposits.

In the apparatuses with a moving packing, the stream energy (mainly gas stream) is spent on motion pulse service of packed bodies. The movement of the packing, in particular, the movement nature contributes to the hydrodynamic environment in which heat and mass transfer processes and dust collection occur. Adding moving packing to gas-liquid layer improves the uniformity distribution stream. There are known some devices: a weighted packing a flowing packing, a circulating packing.

In apparatuses of the WP type the elements of packing make chaotical movement. In the volume of gas-liquid layer the motion direction and path length of each packing element are uniformly and random.

In the mass transfer apparatuses along with well-known flat type there are applied other types of trays, such as wavy, corrugated, etc. The researchers of the MP apparatuses pay much attention to designs of trays in a truncated cone or cone-shaped apparatus. Perforated sheets in contact units are only part of the surface, this is usually the surface of the lower base of the cone. Because of the restrictions of tray section, the velocity of the gas through it a little bit higher than in conventional arrays, so there gas flows above the perforated part of sheets (FP device). On the perforated peripheries of sheets the packed bed over the inclined surface of the cone rolls down. The packing in the center of the apparatus stipulates upward movement of gas, and by the walls - downward flow.

FP apparatuses depending on the used sheets are divided into the following: with zigzag sheets and with tapered sheets.

In other structures of FN apparatuses the sheets have the form of inclined truncated cone, and the open flow area of the top sheet is located under the large generatrix cone. The main part of the flow in such packing moves in the reverse direction in contrast to the FP devices with zigzag sheets.

In apparatuses with circulating packing the swirling motion is inherent in the principle of the work, and it is organized with the help of additional paths (zones), special methods and equipment. The circulation of packing in these apparatuses is different from the movement of the nozzle on the circulation loop which is implemented in the FP apparatus.

In recent years, the attention of researchers focused on the study of devices with a preformed moving packing. The great interest to the apparatus of this design has a place due to the fact that the regular placement of the packed items using the principle of wedge-reef partitioning allows using the energy of gas stream enough to create a vortex structure of the layer and still to provide for a low hydraulic resistance.

Regular and uniform layout of elements of the moving packing in the PMP apparatuses is one of the necessary conditions to achieve homogeneity of the gas-liquid layer structure and a uniform distribution of gas and liquid flows.

There are two types of PMP devices: the apparatus with the packed bodies freely impaled on hard strings and the apparatus with flexible strings with rigid packed bodies.

The peculiarity of the PMP apparatus is that they are applicable at gas velocities from 2 to 20 m/s, i.e. the same structure can be intended for executing both counter flow and straight flow phase interaction [3]. To this end, the sprinkles of fluid as well as the separation of gas from liquid droplets are provided under and above packing.

The aim of the research is to study the hydrodynamic and kinetic characteristics of apparatuses with a performing moving packing of sheet and ball, to get the calculated dependences for the determination of hydraulic resistance coefficients, the coefficient of longitudinal mixing in the liquid phase and the mass transfer coefficient in the gas and liquid phases.

In this connection, the experimental studies of hydraulic resistance, the coefficient of longitudinal mixing in the liquid phase, mass transfer coefficient in the gas and liquid phases of devices with a preformed moving packing of sheet and balls have been carried out and the dependences for calculating the studied parameters have been obtained.

Experimental section. Hydraulic resistance ΔP of the apparatus was measured by micro manometer and controlled by the unit of type DTS. To determine the mass transfer coefficient in the gas phase referring to the section of the apparatus $\beta_{g,s}$, there was used widely applied technique based on the study of the adiabatic evaporation process of water in air [4], and for the calculation of mass transfer coefficient in the liquid phase, which is equated to the mass transfer coefficient $\beta_{l,s}$ (for the case when the mass transfer resistance is limited by the liquid phase) was conducted by the method described in [5,6-8].

The experimental data of hydrodynamic and kinetic characteristics of the different types of preformed packed elements with symmetric and asymmetric vortex formation were obtained in a laboratory setting, which includes a column with a diameter of 1.0 m and a working height of 1.0 m. The gas motion and fluid flow were carried out in countercurrent regime. The unit is equipped by compressor which provides the gas flow velocity in the work area by the device $W_G=1 - 5$ m/s and by the pump, allowing to create a flux density $L=10 - 75$ $m^3/m^2 \cdot h$, and by instruments for measuring gas velocity, fluid flow, hydraulic resistance, psychrometers for measuring the moisture content of the gas stream, thermometers and measuring cups.

Processing of the results and discussion of the experimental data. At studying hydrodynamics of apparatuses with preformed moving packings of sheet and spherical shape under the investigated range of gas flow rate and density of irrigation the three modes of the

work: film-droplet, droplet and entrainment flow were observed. It was established that according to the qualitative characteristic of the dispersed and continuous phases, the uniformity of their distribution and the degree of turbulence the most preferred is droplet mode of phase interaction.

In addition, structure analysis of the flows has been confirmed the continuously of gas flow along with liquid in a dispersed state. Vortex formation of packed elements promotes multiple fragmentations of drops, sprays, liquid films with creating advanced interphase surface. Repeated crushing drops lead to the leveling of the concentration distribution inside the drop, and the process starts at first.

Vortices which are formed in the flow of packed items, contribute significantly to the pulsations of gas-liquid layer, under which there are fluctuations in the free surface of the liquid droplets what is accompanied by the periodic changes in their shape. Therefore, the pulse frequency must determine the update rate of the interface, and hence the rate of mass transfer.

The main factor influencing the frequency of pulsations is gas speed. Therefore an increase in the gas flow rate leads to an increase in mass transfer coefficients in the gas ($\beta_{g,s}$) and liquid ($\beta_{l,s}$) phases.

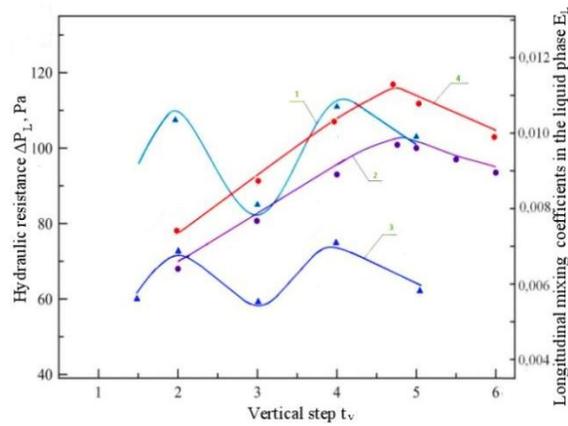
In the case of mass transfer limited by the resistance of the gas phase, the highest possible gas speed must be used. When the resistance is limited by the liquid phase, the gas flow rate plays a less important role. For apparatuses with a preformed moving packing the droplet regime is the most efficient. It is possible to achieve high values of the mass transfer coefficient in the gas $\beta_{g,s}$ and liquid $\beta_{l,s}$ phases on the assumption of the allowable entrainment.

The values of the mass transfer coefficient the gas $\beta_{g,s}$ and liquid $\beta_{l,s}$ phases with increasing irrigation density L grow. This is connected with the fact that the surface of the phase contact is largely determined by the surface of the liquid drops, the number of which increases with L rise. In turn, the increase in the number of drops is conditioned on the increase of fluid rate at the packing and the intensity of the inflow of fresh fluid in the contact zone. It is known [9,10] that the increase in the irrigation density at well-soluble gas absorption has little effect the efficiency and at higher values it causes additional costs for fluid pumping. At the absorption of poorly soluble gases the rise in the irrigation density leads to the increase of mass-transfer coefficients in the liquid phase and in this case it is often advisable to use a higher irrigation density.

Adhering to the general recommendations, the choice of optimal irrigation density can be carried out on the basis of experimental data directly in the study of the absorption process of gaseous components made by the absorber and the data on hydrodynamics.

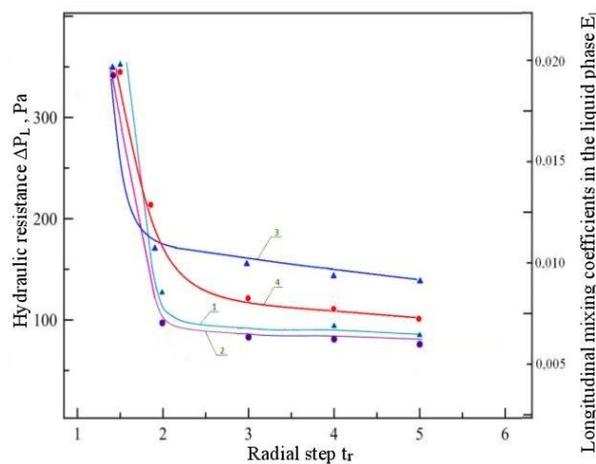
In addition to the operating parameters (gas velocity W_G and irrigation density L) relative position of the packed items (step deployment of the packing in a vertical t_v/b and radial t_r/b) directions has a significant influence on the hydrodynamic characteristics and mass transfer processes.

The results of the investigations of hydraulic resistance ΔP_L and longitudinal mixing coefficients in the liquid phase E_L of irrigated apparatuses with sheet and ball preformed packing depending on the vertical spacing between the packed elements t_v/b have been also obtained. It testifies to achieving the modes of simultaneous vortex formation for studied packings as well as for other geometric shapes of packing [11,12] (Figure 1). Periodic mode is typical for units with a preformed ball attachment as well as half-periodic and periodic regimes were observed in apparatuses with a preformed sheet packings. This means that in the studied range of irrigation densities (L from 25 to 100 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$) fluid does not significantly affect the size of the vortices, and the rate of failure is determined by the gas phase.



$W_G=4\text{m/s}$; $L =25 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$; ΔP : 1-sheet $t_v/b=2$; 2-ball $t_v/d_b=2$; E_L : 3- sheet $t_v/b=2$; 4-ball $t_v/d_u=2$.

Figure 1 -The dependence of the hydraulic resistance ΔP and longitudinal mixing coefficients in the liquid phase E_L from the vertical step t_v



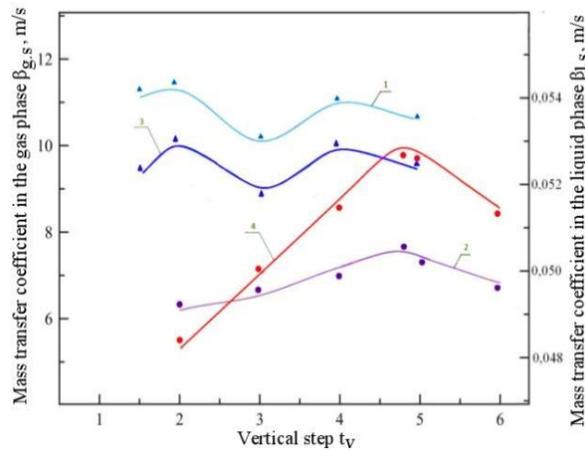
$W_G=4\text{m/s}$; $L =25 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$; ΔP : 1-sheet $t_r/b=2$; 2-ball $t_r/d_b=4,7$; E_L : 3- sheet $t_r/b=2$; 4-ball $t_r/d_b=4,7$.

Figure 2 -The dependence of the hydraulic resistance ΔP and longitudinal mixing coefficients in the liquid phase E_L from the radial step t_r

Analysis of the curve dependence $\beta_{g,s} = f(t_v/b)$ and $\beta_{l,s} = f(t_v/b)$. (Figure 3) shows a similar change in the nature of the curves obtained in the investigation of the hydraulic resistance $\Delta P_L = f(t_v/b)$ and the coefficients of longitudinal mixing in the liquid phase E_L . The periodic mode is typical for units with a preformed ball attachment as well as half-periodic and periodic modes are typical for apparatuses with a preformed sheet packing and they are characterized by higher values of the mass transfer coefficient in the gas and liquid phases. The maximum number of vortices that are rendered in these modes, the growth of their power contributes to the intensive development of the interphase surface due to the large number of divisibility of drops and films which can significantly intensify the processes of mass transfer. Not-in-phase in the vortex formation leads to a reduction of coefficients $\beta_{g,s}$ and $\beta_{l,s}$.

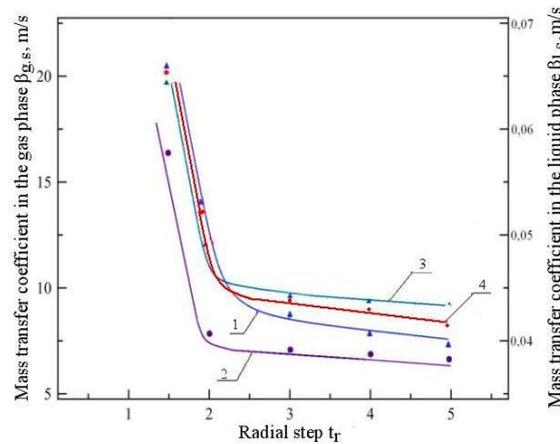
More fully effect of formation and interaction mechanism of the vortices in the radial direction can be seen from the curves $\Delta P_L = f(t_r)$ and $E_L = f(t_r)$ (Figure 2). In the studied range t_r from 1.5 to 4 b a sharp decrease of hydraulic resistance and longitudinal mixing coefficient in the liquid phase units with sheet and ball preformed packing occurs at t_r from 1.5 to 2 b . In

the future, at t_r from 2 to 4 b the decrease ΔP_L and E_L is negligible. As for most apparatuses with a preformed packing, the value $t_r = 2b$ is critical. This is explained by different mechanisms of vortex formation [13].



$W_G=4\text{m/s}; L = 25 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}; \beta_{g,s}$: 1-sheetat $t_r/b=2$; 2-ballat $t_r/d_b=2$; $\beta_{l,s}$: 3- sheetat $t_r/b=2$; 4-ballat $t_r/d_{ul}=2$.

Figure 3- The dependence of the mass transfer coefficient in the gas phase $\beta_{g,s}$ and liquid phase $\beta_{l,s}$ from the vertical step t_v



$W_G=4\text{m/s}; L = 25 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}; \beta_{g,s}$: 1-sheetat $t_r/b=2$; 2-ballat $t_r/d_b=4.7$; $\beta_{l,s}$: 3- sheetat $t_r/b=2$; 4-ballat $t_r/d_b=4.7$.

Figure 4- The dependence of the mass transfer coefficient in the gas phase $\beta_{g,s}$ and liquid phase $\beta_{l,s}$ from the radial step t_r

The behavior of the curves $\beta_{g,s}$ and $\beta_{l,s}$ in the changing range t_r/b from 1.5 to 4 (Figure 4) is also similar to the curves $\Delta P_L = f(t_r/b)$ and $E_L = f(t_r/b)$. A sharp drop in values as $\beta_{g,s}$ and $\beta_{l,s}$ has been observed in the range t_r/b from 1.5 to 2, while in $t_r/b > 2$ the drop of curves occurs in a smooth manner. Higher values of the mass transfer coefficient in the gas phase β_G and liquid phases at $\beta_{l,s}$ at t_r/b from 1.5 to 2 is conditioned on the significant turbulence of the gas-liquid flow by the vortices, the number of which increases in proportion to the width of the gap between the sleek elements. In this case, the number of retained fluid is increased as well as the flow resistance.

The increase in radial step t_r/b from 2 to 4 leads to the fact that the process of formation and vortex shedding depends on the width of the sleek element and the reducing of values $\beta_{g,s}$ and $\beta_{l,s}$ is in proportion to the porosity of the packing.

Calculations. The loss of flow pressure spent on the formation and movement of the vortices in the packed zone of the system, on the changing of the gas flow direction, on the gas friction of the surface of packed elements and the liquid film can be calculated by the following equation:

$$\Delta P_L = \xi_L \cdot \frac{H}{t_v} \cdot \frac{\rho_g W_G^2}{2\varepsilon_0^2} \quad (1)$$

Calculated dependence for the determining of coefficients is obtained by processing of the experimental data ΔP_L reads:

$$\text{for the apparatus with a sheet packing} \quad \xi_L = 0.27\theta_b\theta_r Re_l^{0.2} \quad (2)$$

$$\text{for the apparatus with a ball packing} \quad \xi_L = 0.677\theta_b\theta_r Re_l^{0.1} \quad (3)$$

The transcription of the equation values are given in [14].

For the studied apparatuses the error of calculated data using equation (1) with experimental data was as follows: for the apparatus with a tubular packing $\pm 14\%$; for the apparatus with the sheet packing $\pm 15\%$; for the device with a ball packing $\pm 14\%$.

Among the main parameters that characterize the flow patterns in the apparatuses (with fixed and moving packing) there are the coefficients of the longitudinal mixing in the liquid phase E_L .

Representing each series of packing located at the cross section as a failure sheet with the free section ε_0 and the height of contact area, that equal to the vertical step t_v where the vortex interaction is realized with liquid gas, which is responsible for the longitudinal mixing of the liquid, we get an equation for determining the coefficients of longitudinal mixing in the liquid phase.

$$E_L = B_{E_L} (\xi_L d_{equ})^{1/3} \cdot \left(\frac{bt_v}{t_r}\right)^{2/3} \cdot \left(\frac{\rho_g}{\rho_l}\right) \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon - \varphi}\right)^{1/3} \cdot \frac{W_G}{\varepsilon_0} \quad (4)$$

At the result of the experimental data processing for the apparatuses with a preformed sheet packing there was obtained the value of experimental factor $B_{E_L} = 3.42(\varepsilon - \varphi)$; for the device with a ball packing: $B_{E_L} = 6.04(\varepsilon - \varphi)$.

The error of the coefficients of longitudinal mixing in the liquid phase according to the equation (5) with the experimental data (figure 1.2) was made for the apparatuses: with a sheet packing $\pm 13\%$, with a ball packing $\pm 12\%$.

Packed zone is a system of streamlined bodies, and therefore the interaction of the gas flow and liquid in this system generates the pulsating motion of the layer [15]. Moreover, there is the separation current of gas flow by drops and packed elements with a liquid film resulting in deformation of the free surface of the phase division. In this case, in the boundary layer adjacent to the surface of phase contact appear small vorticities, which according to play a major role in the mass transfer. The intensity of the mass and heat transfer, both in dispersion and in a continuous flow depends on the depth of vorticity penetration, which is a thickness measure oscillating of boundary layer.

On the base of the Fick first law and the theory of locally isotropic turbulence of Kolmogorov-Obukhov we got derive equations for the calculation of mass transfer coefficients in the gas phase $\beta_{g,s}$:

$$\beta_{g,s} = B_{\beta_{g,s}} \left[\frac{D_g^2 \cdot C_k \cdot U_g^3 \cdot (h_0 - h_{pl})}{\varphi_{yc} (t_v - h_{pl}) \cdot d_k \cdot v_g} \right]^{1/4} \quad (5)$$

where $B_{\beta_{g,s}}$ the constant of proportionality defining empirically.

The value of the constant of proportionality is obtained by the processing of the experimental data for the sheet packing $B_{\beta_{g,s}} = 7.8(\varphi/(1-\varphi))^{1/4}$; for the ball packing $B_{\beta_{g,s}} = 7.97(\varphi/(1-\varphi))^{1/4}$. The error of the data of the mass transfer coefficient in the gas phase according to the equation (6) with the experimental data (figure 3.4) was for the apparatuses: with a sheet packing $\pm 14\%$, with a ball packing $\pm 13\%$.

Derivation of the equation for the calculation of mass transfer coefficients in the liquid phase β_L based on the renewal model of Higbee surface [9] and the theory of locally isotropic turbulence of Kolmogorov-Obukhov.

The equation for the mass transfer calculating in the liquid phase for the sheet packing:

$$\beta_{l,s} = B_{\beta_{l,s}} \left[\frac{D_l^2 \cdot \xi_L \cdot (1-\varepsilon) \cdot \rho_g \cdot U_g^3}{(1-\varphi_{yc}) \cdot \rho_l \cdot v_l \cdot \delta_n} \right]^{1/4} \quad (6)$$

Where: ε - bulk porosity of the sheet packing; δ_n sheet thickness, m.

Tentative coefficients in the equation (7) $B_{l,s} = 14.4$.

Using a holistic approach, an equation for calculating the mass transfer coefficient in the liquid phase for ball packing, reads as follows:

$$\beta_{l,s} = B_{\beta_{l,s}} \left[\frac{D_l^2 \cdot \xi_L \cdot (1-\varepsilon_0) \cdot \rho_g \cdot U_g^3}{(1-\varphi_{yc}) \cdot \rho_l \cdot v_l \cdot \delta_n} \right]^{1/4} \quad (7)$$

Difference from the equation (9) is that instead of bulk porosity there is used the porosity in a sectional unit. This is connected with the design peculiarities of the packing.

Tentative coefficient in the equation (10) $B_{l,s} = 23.4$. The error of design data of the mass transfer coefficient in the liquid phase from the equations (9,10) with the experimental data (Figures 3,4) was for the unit: a sheet and a ball packing $\pm 14\%$.

Conclusions. The analysis of the preformed and random structures of the stationary packing of the mass transfer apparatuses has been conducted. It is important to note that their main drawback is the impossibility of working with the contaminated gas and liquid flows.

The design of apparatuses with moving packing WP, FP and CP has been considered. It is noted that they are not subject to contamination coming in the flow of gas and liquid. However, these apparatuses have an increased hydraulic resistance associated with the rising of the packing and keeping it in fluidized state. In apparatuses with a preformed moving packing the energy of the gas stream is spent mainly on the creation of the vortex structure of gas-liquid layer.

Investigations of hydraulic resistance, the longitudinal mixing coefficient in the liquid phase, mass transfer coefficient in the gas and liquid phases of a preformed moving packing of sheet and a spherical shape have been carried out. With the use of the basic laws of gas and liquid mechanics and the results of the experimental data there are obtained equations of the studied parameters.

References

- 1 A.Laptev, M.Farah and N.G.Mineev, 2010.Basis for calculating the heat and mass transfer and upgrading of facilities in the petrochemical industry. Monograph. - Kazan: Kazan.State.Energ.University Press.
- 2 A.G. Laptev,2012.Proceedings of the Engineering and Innovation Centre "Inzhehim".Kazan: Westfalica,
- 3 B.N. Korganbaev, 2001. Intensive mass transfer units with centrifugal-vortex interaction phases.Monograph.Shymkent: SKSU M.Auezov.
- 4 S.I. Yakushenko, P.A. Nikishin, 1985. Technique to study the process of mass transfer and entrainment at large stands. Proc. Reports. Exit meetings. Scientific and Technical.Commission massoob.columns. equipment SCST USSR. - Angarsk.
- 5 N.N. Kulov, 1984. Hydrodynamics and mass transfer in two-phase downstream membrane dispersed flows. Author. dis. Dr. tech. science. – Moscow.
- 6 N.N. Kulov, V. Maximov, V.A. Malyusov and N.M. Lark, 1983. Mass transfer in falling liquid films.Theoretical Foundations of Chemical Engineering.V.17.
- 7 L.P. Kholpanov, 1983. Hydrodynamics and heat transfer in two-phase film and jet streams in contact heat and mass transfer devices devices: Author. dis. Dr. tech. Science. Moscow.
- 8 L.P. Kholpanov, A.G. Ratna, V.A. Malyusov and N.M. Lark, 1980. Calculation of mass transfer in a liquid film flowing along the wall with regular roughness. J. Appl. Chem. T.53.
- 9 V.M. Ramm, 1976. Absorption of gases. 2nd ed. rev. and add. Moskow: Chemistry.
- 10 V.V. Kafarov, 1979. Fundamentals of mass transfer (gas-liquid, vapor-liquid, liquid-liquid). 3rd ed. rev. and add. Moscow: High School.
- 11 A.A. Volnenko, 1999. Development methodology and calculation methods of mobile devices with a regular nozzle.Journal of National Academy of Sciences of Kazakhstan.
- 12 O.S. Balabekov, A.A. Volnenko and B.N. Korganbaev, 2004. Patterns of flow systems are regularly posted to the various elements of the spatial arrangement of the. Tr.Mezhd. scientific.Conf. "Energy-saving technologies and equipment, environmentally friendly production," V.1.– Ivanovo: ISUCT.
- 13 O.S. Balabekov, A.A. Volnenko, S Praslin, B.N. Korganbaev, M.O. Balabekova and S.V. Victors, 2004. The pattern of formation of vortex moving parallel jets in for gas or liquid flow through the system across to him located discrete sources. Certificate of scientific discovery № 269. International Association of Authors of Scientific Discoveries, Moscow.
- 14 A.A. Volnenko, Zh. Serikuly, O.S. Balabekov, Zh.E. Husanov and T.S. Bazhirov, 2012. A common approach to the calculation of flow resistance and the number of retained fluid in the apparatus with a regular nozzle. Chemical Journal of Kazakhstan.
- 15 O.S. Balabekov, 1985. Hydrodynamics, mass transfer and dust control in countercurrent and co-current two-phase droplets and membrane currents in a layer movable nozzle: Dis. ... Dr. tech. science. Moscow.

**РАСЧЕТ ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АППАРАТА С
ТРУБЧАТОЙ НАСАДКОЙ РЕГУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ**

**CALCULATION OF HEAT AND MASS TRANSFER CHARACTERISTICS OF THE
DEVICE WITH THE TUBULAR NOZZLE REGULAR STRUCTURE**

**Сарсенбекулы Д., Волненко А.А., Левданский А.Э., Жумадуллаев Д.К., Семенов
М.В.**

Sarsenbekuly D., Volnenko A.A., Levdanskiy A.Je., Zhumadullaev D.K., Semenov M.V.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
M.AuezovSouthKazakhstanStateUniversity, Shymkent, Kazakhstan
e.mail: [nii mm@mail.ru](mailto:nii_mm@mail.ru)

Резюме

Аппараты с трубчатой насадкой регулярной структуры имеют значительные преимущества в таких процессах, когда необходим отвод тепла непосредственно из зоны контактирования газожидкостного потока или подвод в нее. Это позволяет реализовать сопряженный тепло- и массоперенос, являющийся наиболее сложной проблемой, возникающей на стыке двух фундаментальных явлений: теплообмена и массообмена.

В предложенной конструкции аппарата, использующего закономерности вихревого взаимодействия потоков газа и жидкости в объеме контактной зоны трубчатой насадки и вихревого движения теплоносителя внутри труб происходит значительная интенсификация процессов теплообмена и реализуется принцип совмещения нескольких процессов в одном аппарате.

При известных конструктивных параметрах, обеспечивающих достижение синфазности во взаимодействии фаз, проведены исследования коэффициентов массоотдачи в газовой фазе и коэффициентов теплоотдачи в зависимости от режимных параметров. С использованием первого закона Фика и теории локально-изотропной турбулентности Колмогорова-Обухова получены уравнения для расчета коэффициентов массоотдачи в газовой фазе и чисел Шервуда. Исходя из подобия геометрических, физических характеристик потоков, полей скоростей и изменений статических давлений, изменения полей температур и парциальных давлений при выполнении условий однозначности: соответствие геометрического равенства границ тепла и массы; соблюдение подобия изменения температур и парциальных давлений в сходственных точках аппарата, получены уравнения для расчета коэффициентов теплоотдачи и чисел Нуссельта.

Abstract

Units with tubular nozzle regular structure have considerable advantages in such processes, when required heat removal directly from the gas-liquid contacting zone or inlet flow into it. It allows to realize the conjugate heat and mass transfer, which is the most difficult problem arising at the junction of two fundamental phenomena: heat and mass transfer.

In the proposed design the apparatus utilizing the interaction of the vortex flow pattern of gas and liquid in the contact zone of the tubular screen and the vortex nozzle coolant flow

occurs inside the tubes of considerable intensification of heat transfer and implemented by the principle of combining several processes in one apparatus.

Under certain design parameters ensuring the achievement in phase in the interaction phase, conducted research of mass transfer coefficients in the gas phase and the heat transfer coefficients depending on regime parameters. Using Fick's first law and the theory of locally isotropic turbulence Kolmogorov-Obukhov derived equations to calculate the mass transfer coefficients in the gas phase and Sherwood numbers. On the basis of geometric similarity, the physical characteristics of flow velocity fields and changes in static pressure, changes of temperature fields and the partial pressure when the conditions clear: equality matching geometric boundaries of heat and mass transfer; observance of the similarity of temperatures and partial pressures at similar points system, derived equations to calculate heat transfer coefficients and Nusselt numbers.

Ключевые слова: теплообмен, массообмен, трубчатая насадка, вихри, синфазный режим, коэффициенты массоотдачи, коэффициенты теплоотдачи

Keywords: heat transfer, mass transfer, the tubular nozzle, swirl, common mode, the coefficients of mass transfer, heat transfer coefficients

Конструкции аппаратов с регулярно размещенными насадочными элементами получили распространение в различных отраслях промышленности преимущественно при осуществлении процессов тепломассообмена и пылеулавливания благодаря низкому гидравлическому сопротивлению и высоким показателям эффективности. Среди данного класса аппаратов значительный интерес представляют аппараты с трубчатой насадкой регулярной структуры, позволяющие дополнительно подводить или отнимать тепло из зоны контакта фаз.

Известно, что сравнительную оценку интенсивности протекания процессов массообмена в различных контактных устройствах производят по величине коэффициентов массоотдачи в газовой или в жидкой фазе. При этом часто пользуется условными величинами – коэффициентами массоотдачи, отнесенными к единице рабочего объема β_v или поперечному сечению β_s аппарата.

В тепломассообменном аппарате с трубчатым пучком, вследствие высоких скоростей газового потока сплошной фазой является газовый поток, а дисперсной фазой – жидкость. Рост скорости газового потока приводит к увеличению количества удерживаемой жидкости, времени ее пребывания и турбулентности газожидкостного слоя за счет увеличения числа и мощности образованных вихрей. В случае массообмена, лимитируемого сопротивлением газовой фазы турбулизация газожидкостного потока снижает диффузионное сопротивление, а за счет снижения диаметра капель увеличивается межфазная поверхность – в результате коэффициенты массоотдачи в газовой фазе растут.

Аналогичным образом, увеличение коэффициентов теплоотдачи с ростом скорости газа происходит из-за возрастания разности температур по поверхности контакта.

Значения коэффициентов массоотдачи в газовой фазе β_{gs} и теплоотдачи α с увеличением плотности орошения также растут. Это связано с тем, что поверхность контакта фаз в значительной мере определяется поверхностью капель жидкости, количество которых увеличивается с ростом плотности орошения и скорости газа.

В свою очередь, рост количества капель обусловлен увеличением скорости движения жидкости по поверхности труб и интенсивностью притока свежей жидкости в зону контакта.

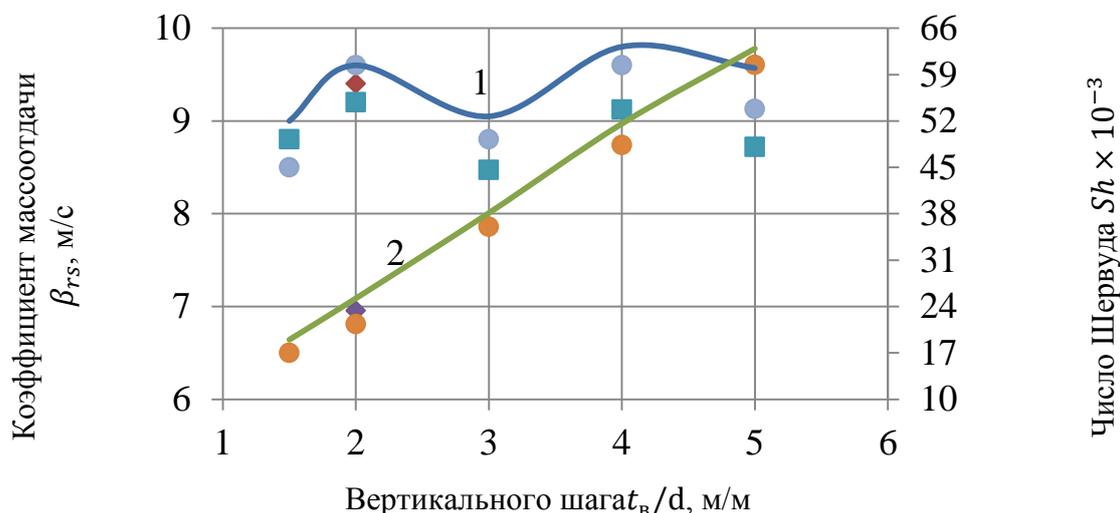
Наряду с режимными параметрами имеются результаты исследований влияния конструктивных параметров трубчатого пучка через шаги расположения насадочных элементов в вертикальном t_v/d и радиальном t_p/d направлениях [1, 2, 3]. Необходимо

отметить, что наши исследования проведены для оптимальных значений конструктивных шагов в вертикальном t_v/d и радиальном t_p/d направлениях, однако полученные расчетные данные с достаточной степенью точности описывают ранее полученные результаты [3, 4, 5].

Характер изменения кривых β_{rs} и α в зависимости от вертикальных шагов t_v/d (рисунки 1 и 3) аналогичны. Результаты исследования тепломассообменных характеристик свидетельствуют о наличии экстремумов, приходящихся для трубчатого пучка с круглыми трубами - на $t_v/d = 2$ и 4. Появление экстремумов свидетельствует о достижении синфазных режимов. В этих режимах за счет наложения вихрей происходит суммирование их мощности, что позволяет произвести большую работу по дроблению жидкости и созданию высокоразвитой поверхности.

Поверхность контакта фаз образована в основном каплями размером менее или равным 2мм и пленками на поверхности труб.

При нарушении синфазного режима значения тепломассообменных характеристик снижаются. Это связано с несовпадением моментов образования и движения вихрей. Число вихрей значительно сокращается и производимая ими работа незначительна.



Точки экспериментальные данные: \circ – [4]; \square – [5]; \diamond – наши данные.

Линии – расчетные данные: $W_r = 4 \text{ м/с}$; $L = 25 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ ч}$; $t_p/d = 2$.

1 – β_{rs} ; 2 – Sh .

Рисунок 1 – Зависимость коэффициента массоотдачи β_{rs} и чисел Шервуда Sh от вертикального шага t_v/d .

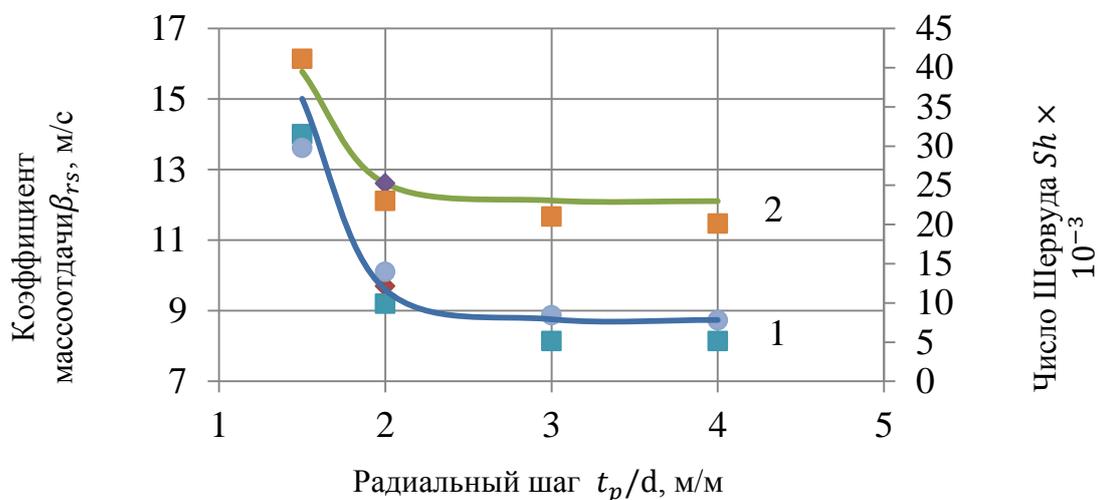
Числа Шервуда Sh (рисунок 1) и Нуссельта Nu (рисунок 3) во всем диапазоне изменения t_v/d растут. Это связано с прямой пропорциональной зависимостью от вертикального шага.

Аналогия в характере изменения кривых β_{rs} (рисунок 2) и α (рисунок 4) наблюдается также с изменением радиального шага t_p/d , полученных в режиме одновременного вихреобразования.

Согласно [6], это связано с механизмом образования вихрей, частота которых при значениях $t_p/d < 2$ определяется величиной зазора между трубами, а при $t_p/d > 2$ шириной обтекаемых труб. Перестройка механизма образования вихрей при критическом

значении $t_p/d=2$ приводит к стабилизации значений исследуемых параметров и при дальнейшем увеличении численные значения их меняются незначительно.

Значение чисел Шервуда Sh (рисунок 2) и Нуссельта Nu (рисунок 4) в диапазоне изменения t_p/d от 1,5 до 2 снижаются, а свыше 2 практически не изменяются.

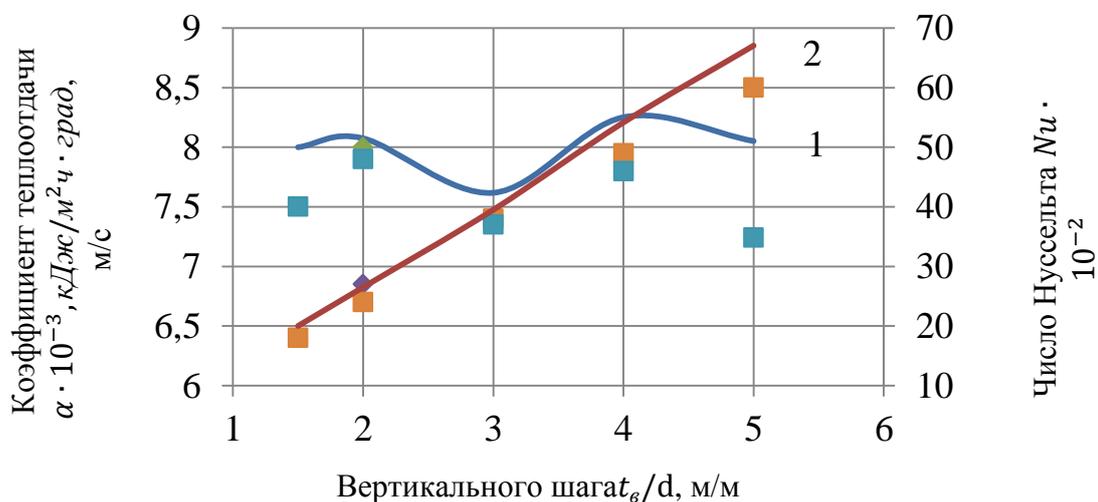


Точки экспериментальные данные: \circ – [4]; \square – [5]; \diamond – наши данные.

Линии – расчетные данные: $W_r = 4 \text{ м/с}$; $L = 25 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ ч}$; $t_p/d = 2$.

1 – β_{rs} ; 2 – Sh .

Рисунок 2 – Зависимость коэффициента массоотдачи β_{rs} и чисел Шервуда Sh от радиального шага t_p/d .

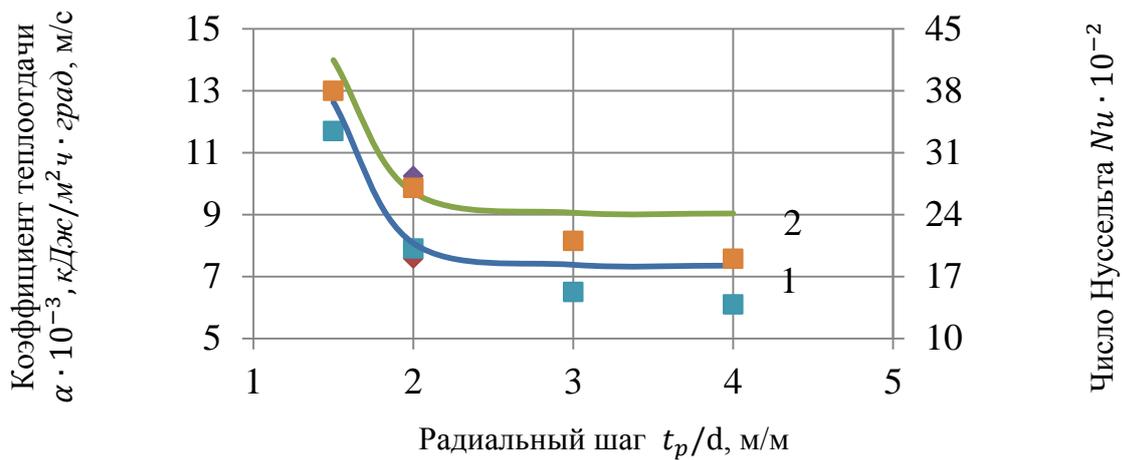


Точки экспериментальные данные: \circ – [4]; \square – [5]; \diamond – наши данные.

Линии – расчетные данные: $W_r = 4 \text{ м/с}$; $L = 25 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ ч}$; $t_p/d = 2$.

1 – α ; 2 – Nu .

Рисунок 3 – Зависимость коэффициента теплоотдачи α и чисел Нуссельта Nu от вертикального шага t_v/d .



Точки экспериментальные данные: \circ – [4]; \square – [5]; \diamond – наши данные.
 Линии – расчетные данные: $W_r = 4 \text{ м/с}$; $L = 25 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ч}$; $t_g/d = 2$;
 1 – α ; 2 – Nu.

Рисунок 4 – Зависимость коэффициента теплоотдачи α и чисел Нуссельта Nu от радиального шага t_p/d .

Контактная зона аппарата представляет собой систему обтекаемых регулярно расположенных насадочных элементов и поэтому при взаимодействии в ней газового потока и жидкости генерируется пульсационное движение всего слоя [7]. Кроме того происходит отрывное течение газового потока за каплями и элементами насадки с пленкой жидкости в результате чего происходит деформация свободной поверхности раздела фаз. В этом случае в пограничном слое, прилегающем к поверхности контакта фаз возникают небольшие завихренности, которые согласно [8] играют основную роль в массопереносе. От глубины проникновения завихренности, являющейся мерой толщины колеблющегося пограничного слоя, зависит интенсивность переноса массы и тепла, как в дисперсном, так и в сплошном потоках.

Используя первый закон Фика и теорию локально-изотропной турбулентности Колмогорова-Обухова [9-11] нами получено уравнение для расчета коэффициента массоотдачи в газовой фазе:

$$\beta_{zs} = B_{\beta_{zs}} \cdot \left[\xi_L \cdot \frac{D_2^2 \cdot U_2^3}{\varphi_{яч} \cdot t_g \cdot v_2} \right]^{1/4}, \quad (1)$$

где $B_{\beta_{zs}} = 10,4 \left(\frac{\varphi}{1-\varphi} \right)^{1/4}$ – коэффициент пропорциональности, определяемый опытным путем.

Погрешность расчетных данных коэффициентов массоотдачи в газовой фазе β_{zs} по уравнению (1) с экспериментальными составила $\pm 12\%$.

В критериальном виде уравнение (1) примет вид [12]:

$$Sh_{\Gamma}^* = A_{\Gamma} \cdot Re_{\Gamma}^{*3/4} \cdot Sc_{\Gamma}^{1/2}, \quad (2)$$

Здесь: $A_{\Gamma} = 1,16 \cdot B_{\beta_{zs}} \cdot \left[\frac{\xi_L}{\varphi_{яч}} \right]^{1/4}$ – безразмерный параметр, характеризующий взаимодействие вихрей в орошаемом трубчатом пучке;

$Sh_{\Gamma}^* = \beta_{rs} \cdot t_b / D_{\Gamma}$ и $Re_{\Gamma}^* = U_{\Gamma} \cdot t_b / \nu_{\Gamma}$ - модифицированные числа Шервуда и Рейнольдса, отнесенные к высоте ячейки t_b .

Известно, что для осуществления переноса тепла и массы необходимо различие потенциалов в разных точках среды. Применительно к режимам работы контактных аппаратов в качестве потенциала для переноса тепла принимается температура, а для переноса массы (водяного пара) – парциальное давление водяных паров. Следовательно, разница температур отдельных точек среды обуславливает перенос тепла, а различие парциальных давлений – перенос массы [13].

В общем случае изменения температур и парциальных давлений протекают различно как в пространстве, так и во времени. Для упрощения часто ограничиваются случаями изменения потенциалов переноса в одном направлении. Кроме того, принимают условие о стационарности процессов переноса, т.е. о постоянстве во времени величины потенциалов в различных точках системы, и ограничении их изменения только одной координатой направления.

Реальные процессы в контактных аппаратах протекают в условиях вынужденного движения обменивающихся сред. Поэтому процессы тепло- и массопереноса определяются явлениями переноса макрочастиц (имеющих большое число молекул) жидкости или газа, обуславливаемых характером движения сред. Такое распространение тепла и массы характерно для конвективного тепло- и массопереноса [13].

Согласно [14] температурное поле в слое насыщенного газа не зависит от физических свойств среды, а полностью определяются формой рассматриваемого тела. Другими словами, тепло- и массообмен между жидкостью и газом при их непосредственном контакте автомоделен относительно чисел подобия, включающих только физические характеристики сред, в том числе относительно чисел Льюиса, Прандтля и др. В данном случае форма примыкающих друг к другу слоев насыщенного и ненасыщенного газа является одинаковой и для теплообмена и массообмена, а уравнения переноса энергии и массы и краевые условия к ним для своих областей задания являются полностью тождественными друг другу относительно переменных температур и концентраций. Этим самым утверждается аналогия процессов тепло- и массообмена при непосредственном контакте газа и жидкости [14].

Рассматривая подобия геометрических, физических характеристик потоков, полей скоростей и изменений статических давлений, изменения полей температур и парциальных давлений при выполнении двух условий однозначности: 1)соответствие геометрического равенства границ тепла и массы; 2)соблюдение подобия изменения температур и парциальных давлений в сходственных точках аппарата, автором [15] отмечено сохранение постоянства отношения коэффициентов переноса тепла и массы:

$$\frac{\alpha}{\beta_d} = c'_p \cdot \rho_{\Gamma} \cdot \quad (3)$$

С учетом (1) уравнение (3) примет вид [16]:

$$\alpha = B_{\alpha} \cdot c'_p \left[\xi_L \frac{D_{\Gamma}^2 \cdot U_{\Gamma}^3}{t_b \cdot \varphi_{яч} \cdot \nu_{\Gamma}} \right]^{1/4}, \quad (4)$$

где $B_{\alpha} = 7,28 \cdot \left(\frac{\varphi}{1-\varphi} \right)^{1/4}$ - опытный коэффициент, учитывающей поверхность контактного теплообмена.

С учетом

$$\lambda = 1,9 \cdot C_p' \cdot \rho_r \cdot v_r \quad (5)$$

уравнение (4) в критериальном виде запишется следующим образом

$$Nu_2^* = A_\alpha \cdot \frac{Re_2^{*3/4} \cdot Pr_2}{Sc^{1/2}}, \quad (6)$$

где $A_\alpha = 0,1 \cdot A_2$ - безразмерный параметр, характеризующий взаимодействие вихрей в орошаемом трубчатом пучке;

$$Nu^* = \frac{\alpha \cdot t_g}{\lambda} \quad \text{и} \quad Re^* = \frac{U_2 \cdot t_g}{\nu_2} - \text{модифицированные числа Нуссельта и Рейнольдса,}$$

отнесенные к высоте ячейки;

$$Pr = \frac{c \cdot \rho_2 \cdot \nu_2}{\lambda} - \text{число Прандтля.}$$

Умножение обеих частей критериальной зависимости (6) на выражение λ/D_r приводит к уравнению [12]:

$$Nu_2 = A_\alpha \cdot Re_2^{3/4} \cdot Pr^{1/2}, \quad (7)$$

где: число Нуссельта $Nu = \frac{\alpha \cdot t_g}{D_2}$;

$$\text{число Прандтля } Pr = \frac{\nu}{a}.$$

Замена в числе Прандтля коэффициента молекулярной диффузии D_r на коэффициент температуропроводности a возможно в условиях равенства коэффициентов диффузии массы и теплоты [17].

Уравнение (7) правомерно для расчета процесса теплообмена в газовой фазе.

Для описания чисто тепловых процессов характерна зависимость числа Нуссельта от чисел Рейнольдса и Прандтля. Появление в уравнении (6) числа Шмидта характеризует протекание совмещенного процесса тепло- и массообмена, причем довлеющую роль оказывает число Прандтля [4].

Таким образом, при известных конструктивных параметрах, обеспечивающих достижение синфазности во взаимодействии фаз, проведены исследования коэффициентов массоотдачи в газовой фазе и коэффициентов теплоотдачи в зависимости от режимных параметров. Получены уравнения для расчета коэффициентов массоотдачи в газовой фазе и чисел Шервуда, а также уравнения для расчета коэффициентов теплоотдачи и чисел Нуссельта.

Литература

1 Бекибаев Н.С. Особенности гидродинамики аппаратов с регулярной подвижной насадкой при изменении радиального шага между насадочными элементами // Наука и образование Южного Казахстана. - 1997. №7.-С.137-140.

2 Бекибаев Н.С. Влияние режимных и конструктивных параметров на массообменные характеристики аппаратов с регулярной подвижной насадкой // Наука и образование Южного Казахстана. - 1997. №7.- С.140-143.

3 Волненко А.А., Балабеков О.С., Алтухов А.В., Бажиров Т.С., Сериккулы Ж., Сарсенбекулы Д. Изучение основных параметров работы сушильного и газоочистного оборудования // Химический журнал Казахстана, №2(46), 2014.- С.331-343

4 Бекибаев Н.С. Гидродинамика и массообмен в аппарате с регулярной подвижной пластинчатой насадкой: дис. ...канд.техн. наук: 05.17.08: защищена 25.12.1987: утв. 20.06.1988 / Бекибаев Нурмаханбет Сейтмаханбетович. – Минск, 1987. – 220 с.

- 5 Серикулы Ж. Разработка и расчет теплообменных аппаратов с подвижной насадкой с учетом масштабного перехода: СерикулыЖандос. – Шымкент, 2013. – 140 с.
- 6 Балабеков О.С., Волненко А.А., Пралиев С., Крганбаев Б.Н., Балабекова М.О., Викторов С.В. Закономерность формирования параллельно движущихся вихревых струй при течении потока газа или жидкости через систему поперек к нему расположенных дискретных источников. Свидетельство о научном открытии №269. Международная ассоциация авторов научных открытий, М.- 2004.
- 7 Волненко, А.А. Расчет коэффициентов массоотдачи в газовой и жидкой фазах с регулярной подвижной насадкой / А.А. Волненко, О.С. Балабеков, Ж. Серикулы // Наука и образование Южного Казахстана – 2012. - №3/4 (94/95) – С. 86-92
- 8 Балабеков, О.С. Гидродинамика, массообмен и пылеулавливание при противоточных и прямоточных двухфазных капельных и пленочных течениях в слое подвижной насадки: дис. ...докт. техн. наук: 05.17.08: защищена 26.11.1984: утв. 26.06.1985 / БалабековОразалыСатимбекович. – М., 1984. – 430 с.
- 9 Турбулентность. Принципы и применение / под ред. У. Фроста, Т. Моулдена – М.: Мир, 1980. – с. 535.
- 10 Колмогоров, А.Н. Уравнения турбулентного движения несжимаемой жидкости / А.Н. Колмогоров //Изв. АН СССР. Серия физическая. – 1942.– Т.6, №1-2. – С. 56–58.
- 11 Колмогоров, А.Н. Рассеяние энергии при локально-изотропной турбулентности / А.Н. Колмогоров //Докл. АН СССР. – 1941. – Т.32, № 1. – С.19 – 21.
- 12 Бекибаев Н.С. Балансово-критериальный расчет процессов теплообмена в скрубберах с регулярной пластинчатой насадкой //Поиск.-2003. №1. - С.25-32.
- 13 Кокорин О.Я. Установки кондиционирования воздуха. – М.: Машиностроение, 1971. – 344с.
- 14 Андреев Е.И. Расчет тепло - и массообмена в контактных аппаратах. Л.: Энергоатомиздат, 1985.-192с.
- 15 Рамм В.М. Абсорбция газов. - М.: Химия, 1976. - 656с.
- 16 Бекибаев Н.С. Расчет коэффициента теплоотдачи в синфазно-вихревых потоках //Узбекский Химический журнал, 2008. № 1. - С.43-47.
- 17 Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. – М.: Атомиздат, 1979.- 416с.

References

- 1 Bekibaev N.S. Osobennosti gidrodinamiki apparatov s regulyarnoy podvizhnoy nasadkoy pri izmeneniy radial'nogo shaga mezhdu nasadochnymi elementami //Nauka i obrazovanie Yuzhnogo Kazakhstana. - 1997. №7.-S.137-140.
- 2 Bekibaev N.S. Vliyanie rezhimnykh i konstruktivnykh parametrov na massoobmennye kharakteristiki apparatov s regulyarnoy podvizhnoy na-sadkoy //Nauka i obrazovanie Yuzhnogo Kazakhstana. - 1997. №7.- S.140-143.
- 3 Volnenko A.A., Balabekov O.S., Altukhov A.V., Bazhirov T.S., Serikuly Zh., Sarsenbekuly D. Izuchenie osnovnykh pa-rametrov raboty sushil'nogo i gazoochistnogo oborudovaniya // Khimicheskii zhurnal Kazakhstana, №2(46), 2014.- S.331-343
- 4 Bekibaev N.S. Gidrodinamika i massoobmen v apparate s regulyarnoy podvizhnoy plastinchatoy nasadkoy: dis. ...kand.tekhn. nauk: 05.17.08: zashchishchena 25.12.1987: utv. 20.06.1988 / BekibaevNurmakhanbetSeytmakhanbetovich. – Minsk, 1987. – 220 s.
- 5 Serikuly Zh. Razrabotka i raschet teplomassoobmennyykh apparatov s podvizhnoy nasadkoy s uchetom masshtabnogo perekhoda: SerikulyZhandos. – Shymkent, 2013. – 140 s.
- 6 Balabekov O.S., Volnenko A.A., Praliev S., Korganbaev B.N., Ba-labekova M.O., Viktorov S.V. Zakonomernost' formirovaniya parallel'-no dvizhushchikhsya vikhrevykh struy pri techenii potoka gaza ili zhidkosti che-rez sistemu poperek k nemu raspolozhennykh diskretnykh istochnikov. Svidetel'stvo o nauchnom otkrytii №269. Mezhdunarodnaya assotsiatsiya avtorov nauchnykh otkrytiy, M.- 2004.

7 Volnenko, A.A. Raschet koeffitsientov massootdachi v gazovoy i zhidkoy fazakh s regul'arnoy podvizhnoy nasadkoy / A.A. Volnenko, O.S. Balabekov, Zh. Serikuly // Nauka i obrazovanie Yuzhnogo Kazakhstana – 2012. - №3/4 (94/95) – S. 86-92

8 Balabekov, O.S. Gidrodinamika, massoobmen i pyleulavlivanie pri protivotochnykh i pryamotochnykh dvukhfaznykh kapel'nykh i plenochnykh techeniyakh v sloe podvizhnoy nasadki: dis. ...dokt. tekhn. nauk: 05.17.08: zashchishchena 26.11.1984: utv. 26.06.1985 / Balabekov Orazaly Satimbekovich. – M., 1984. – 430 s.

9 Turbulentnost'. Printsipy i primeneniye / pod red. U. Frosta, T. Mouldena – M.: Mir, 1980. – s. 535.

10 Kolmogorov, A.N. Uravneniya turbulentnogo dvizheniya neszhimaemoy zhidkosti / A.N. Kolmogorov //Izv. AN SSSR. Seriya fizicheskaya. – 1942.– T.6, №1-2. – S. 56–58.

11 Kolmogorov, A.N. Rasseyanie energii pri lokal'no-izotropnoy turbulentnosti / A.N. Kolmogorov //Dokl. AN SSSR. – 1941. – T.32, № 1. – S.19 – 21.

12 Bekibaev N.S. Balansovo-kriterial'nyy raschet protsessov teplomassoobmena v skrubberakh s regul'arnoy plastinchatoy nasadkoy //Poisk.-2003. №1. - S.25-32.

13 Kokorin O.Ya. Ustanovki konditsionirovaniya vozdukha. – M.: Mashinostroenie, 1971. – 344s.

14 Andreev E.I. Raschet teplo - i massoobmena v kontaktnykh apparatakh. L.: Energoatomizdat, 1985.-192s.

15 Ramm V.M. Absorbtsiya gazov. - M.: Khimiya, 1976. - 656s.

16 Bekibaev N.S. Raschet koeffitsienta teplootdachi v sinfazno-vikhrevykh potokakh //Uzbekskiy Khimicheskij zhurnal, 2008. № 1. - S.43-47.

17 Kutateladze S.S. Osnovy teorii teploobmena. – M.: Atomizdat, 1979.- 416s.

УДК 66.02.071.7

UDC66.02.071.7

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ЗОНЕ ЭЖЕКЦИИ ПРИ ДВУХСТОРОННЕМ ПОДВОДЕ ГАЗОВОГО ПОТОКА В АППАРАТЕ УДАРНО-ВИХРЕВОГО ДЕЙСТВИЯ

HYDRODYNAMIC LAWS IN THE AREA EJECTION WITH BILATERAL SUMMING GAS FLOW MACHINE IMPACT-JET ACTION

**Волненко А.А., Балабеков О.С., Абжапбаров А.А., Раматуллаева Л.И.
Volnenko A.A., Balabekov O.S., Abzharbarov A.A., Ramatullayeva L.I.**

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
M.AuezovSouthKazakhstanStateUniversity, Shymkent, Kazakhstan
e.mail: nii_mm@mail.ru

Резюме

На многих промышленных предприятиях для очистки газовых выбросов, содержащих твердые частицы различного дисперсного состава, используются разнообразные конструкции пылеуловителей. Тип используемого газоочистного оборудования напрямую зависит от фракционного состава, и чем меньше размер частиц, тем более сложное оборудование применяется.

Нами исследована конструкция аппарата с ударно-вихревым взаимодействием потоков, являющегося относительно простым по конструкции аппаратом, однако за счет использования в нем наиболее эффективных механизмов пылеулавливания –

ударного и вихревого он является весьма эффективным. Кроме того, в исследуемой конструкции аппарата газовый поток, поступающий на очистку, подается в штуцера, расположенные с внешней стороны корпуса аппарата друг напротив друга. Разделенный на две части газовый поток с высокой скоростью (свыше 10 м/с) ударяется о поверхность жидкости. Этой скорости достаточно для эффективного ударного взаимодействия газового потока с покоящейся жидкостью.

Для данного аппарата проведен комплекс исследований гидродинамических закономерностей зоны эжекции: гидравлического сопротивления, условного удельного орошения и динамического уровня жидкости в аппарате с ударно-вихревым взаимодействием потоков. Получена расчетная зависимость гидравлического сопротивления зоны эжекции в зависимости от скоростного напора газового потока.

Abstract

Many industrial plants for cleaning waste gases containing solid particles of different particulate composition, used a variety of construction dust collectors. The type of gas cleaning equipment depends on the fractional composition, and the smaller the particle size, the more sophisticated equipment is used.

We studied the design of the device with the shock-vortex interaction flows are relatively simple in design unit, but by using it in the most effective mechanisms Dust - shock and vortex it is very efficient. In addition, in the study design of the apparatus the gas flow coming cleaning is supplied to the nozzle disposed outside of the housing unit opposite to each other. Divided into two parts, the gas flow at high speed (more than 10 m / sec) impinges on the liquid surface. This speed is sufficient for effective shock interaction of the gas flow with a stationary liquid.

With this machine, a complex research of hydrodynamic laws ejection area: Water resistance, conditional specific irrigation and dynamic fluid level in the device with the shock-vortex interaction flows. The dependences of hydraulic resistance zone ejection depending on the dynamic pressure of the gas flow.

Ключевые слова: ударное взаимодействие, вихревое взаимодействие, зона эжекции, насадочная зона, скорость газа, уровень жидкости, гидравлическое сопротивление

Keywords: shock interaction vortex interaction zone ejection packed zone, the gas velocity, liquid level, flow resistance

Существующие технологии получения продукции в химической, нефтегазодобывающей и многих других отраслей промышленности предполагают использование технологического и газоочистного оборудования, которое в нынешних условиях не всегда отвечает жестким современным требованиям по качеству и экологичности. С усовершенствованием технологий, переход на безотходные технологии диктует необходимость разработки высокоэффективного оборудования как для проведения основных, так и вспомогательных процессов.

Предлагаемая конструкция пылеулавливающего аппарата с ударно-вихревым взаимодействием потоков газа и жидкости позволяет реализовать в нем два наиболее эффективных механизма осаждения аэрозолей – ударный и вихревой. Кроме того, она позволяет организовать более равномерное ударное взаимодействие частиц пыли с поверхностью жидкости за счет подвода газового потока через два патрубка расположенных друг против друга относительно корпуса аппарата, что способствует более тонкой очистке газовых выбросов. Для аппарата с ударно-вихревым взаимодействием газа и жидкости проведены исследования гидродинамических закономерностей в зоне эжекции и насадочной зоне аппарата.

Анализ полученных экспериментальных данных гидравлического сопротивления $\Delta P_{\text{ап}}$ аппарата УИД с РПН в зависимости от скорости газа W_{Γ} при различных исходных уровнях жидкости h_1 , а также визуальные наблюдения и фотосъемка показывают, что гидродинамические режимы работы в основном определяются насадочной зоной аппарата,

для которой характерны три гидродинамических режима: пленочно-капельный, капельный и брызгоунос[1,2].

Исходный уровень жидкости h_1 в значительной степени обуславливает границы существования режимов и величину гидравлического сопротивления. На рисунке 1 показано взаимодействие газовой и жидкой фаз в эжекционной зоне аппарата при различных исходных уровнях жидкости.

Газовый поток, поступающий на очистку, подается в штуцера, расположенные с внешней стороны корпуса аппарата друг напротив друга. Разделенный на две части газовый поток с высокой скоростью (свыше 10 м/с) ударяется о поверхность жидкости. Этой скорости достаточно для эффективного ударного взаимодействия газового потока с покоящейся жидкостью. При ударе содержащиеся в газовом потоке твердые частицы за счет сил инерции осаждаются в жидкости. В виду того, что разделенные потоки газа имеют равную силу, подхваченная ими жидкость в виде пленок и капель эжектируется в насадочную зону аппарата в центральной его части. Этим самым обеспечивается равномерная подача жидкости в контактную зону аппарата.

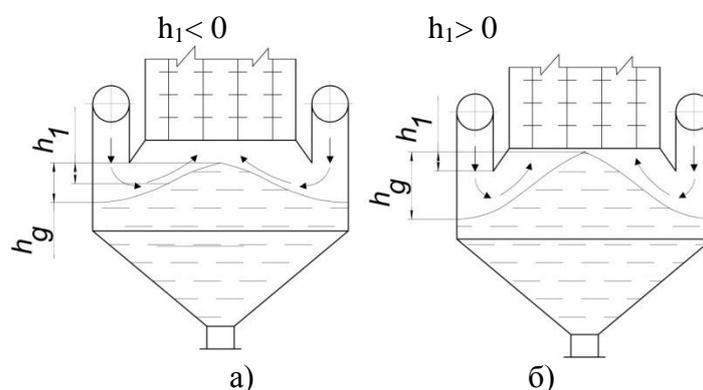


Рисунок 1- Взаимодействие газовой и жидкой фаз в эжекционной зоне аппарата ударно-вихревого действия при различных исходных уровнях жидкости

В насадочной зоне аппарата при скорости газового потока W_{Γ} от 1 до 2,5 м/с капли, пленки и струйки жидкости, выносимые из зоны эжекции, ударяются о поверхность насадочных элементов, оседают на них и затем вновь стекают вниз под действием силы тяжести. Стекающая жидкость, ввиду малых скоростей газового потока, практически не подвергается его воздействию. Взаимодействие потоков осуществляется на поверхности капель и пленок жидкости, поэтому этот режим назван *пленочно-капельным*.

С увеличением скорости газа W_{Γ} от 2,5 до 4 м/с наступает *капельный* режим. Кинетическая энергия газового потока уже достаточна для нарушения пленочного течения и образования волн на поверхности жидкостной пленки. Подпор газа приводит к замедлению течения жидкости, толщина стекающей с насадочных элементов пленки увеличивается, возрастает количество удерживаемой насадкой жидкости.

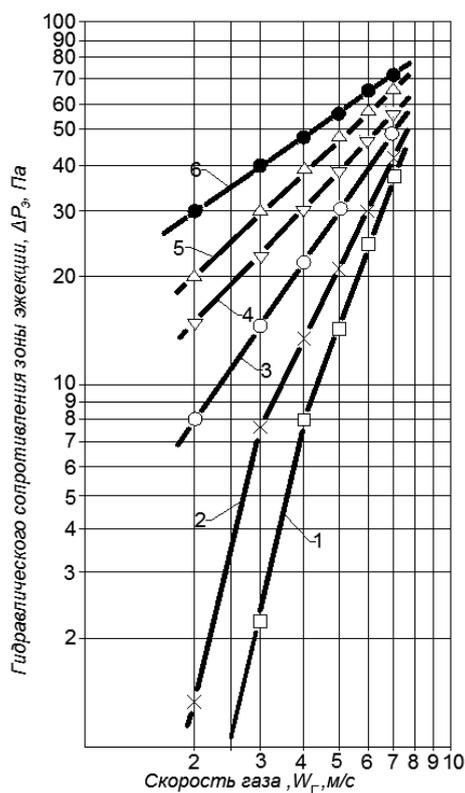
Изменение исходного уровня жидкости h_1 от -0,02 до +0,03 м сдвигает начало капельного режима в сторону меньших скоростей. При скорости газа $W_{\Gamma} \approx 4$ м/св полной мере реализуется механизм вихревого дробления жидкости в насадочной зоне аппарата. Возрастает турбулентность слоя, улучшается однородность распределения потоков по поперечному сечению аппарата.

Величина исходного уровня жидкости h_1 оказывает значительное влияние на границы существования капельного режима и структуру газожидкостного слоя в зоне эжекции. При $h_1 > 0$ влияние скорости газа на гидравлическое сопротивление сильнее, чем при $h_1 \leq 0$. В размерах капель при $h_1 < 0$ преобладают более тонкие фракции (0,8÷1,2

мм), а при $h_1 > 0$ размер эжектируемых капель крупнее (2,0-2,5 мм).

Увеличение скорости газового потока свыше 4 м/с приводит к началу третьего режима – брызгоуноса, который характеризуется значительным ростом гидравлического сопротивления. Происходит значительное накопление жидкости в насадочной зоне и над ней. Кинетическая энергия газового потока достаточна для интенсивного уноса жидкости из аппарата.

Величина исходного уровня жидкости h_1 при положительных значениях ускоряет наступление режима уноса, тогда как отрицательные значения h_1 приводят к тому, что этот режим наступает при $W_{Г} > 4,5$ м/с.



$t_b/b = 2$, $t_p/b = 2$; $b \times b = 40 \times 40$ мм.
 1 - $h_1 = -0,02$ м; 2 - $h_1 = -0,01$ м; 3 - $h_1 = 0$ м;
 4 - $h_1 = +0,01$ м; 5 - $h_1 = +0,02$ м; 6 - $h_1 = +0,03$ м

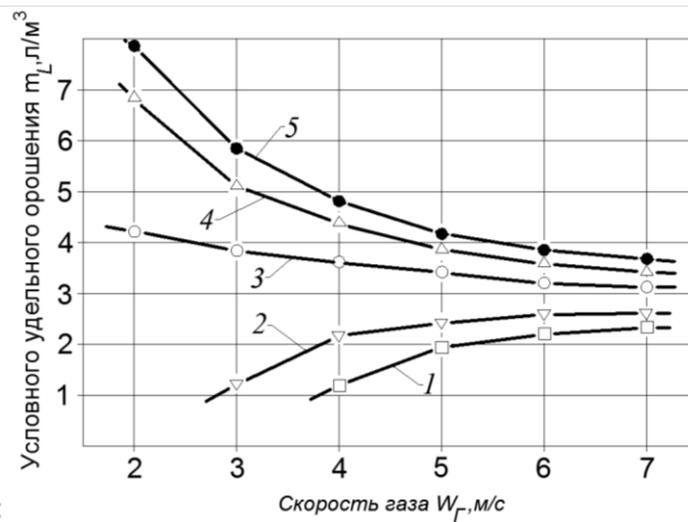
Рисунок 2 - Зависимость гидравлического сопротивления зоны эжекции ΔP_z аппарата УИД с РПН от скорости газа $W_{Г}$

100 Па. Увеличение скорости газа свыше 3,5 м/с приводит к появлению жидкости в насадочной зоне в количестве $m_L = 1 \div 2,5$ л/м³, в связи с чем гидравлическое сопротивление ΔP_z растет (рисунок 2).

В исследуемом диапазоне скоростей газового потока $W_{Г} = 2 \div 7$ м/с зависимость гидравлического сопротивления зоны эжекции ΔP_z в основном определяется скоростью газа (рисунок 2). Изменение исходного уровня жидкости h_1 при малых скоростях газа в наибольшей степени сказывается в диапазоне h_1 от -0,02 м до 0. В этом диапазоне энергия газового потока затрачивается на подъем жидкости из эжекционной в насадочную зону и на ее дробление. При $h_1 > 0$ затраты энергии идут на дробление пленок жидкости на капли.

Изменение характера кривых ΔP_z (рисунок 2) в достаточной степени наглядно может быть объяснено также с помощью величины условного удельного орошения m_L (рисунок 3). Эта величина получена обработкой экспериментальных данных по уравнению [3] с соответствующими преобразованиями.

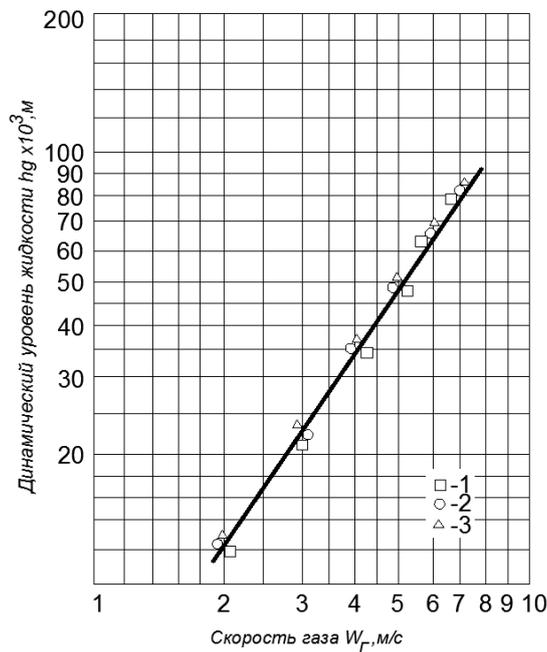
При отрицательных значениях h_1 от -0,03 м вплоть до 0 в диапазоне скоростей газового потока $W_{Г} = 2 \div 3,5$ м/с эжекция жидкости практически отсутствует. В этом случае энергия газового потока в зоне эжекции затрачивается на его поворот, поэтому значения ΔP_z невелики - 10-60 Па (рисунок 2). В насадочной зоне аппарата сопротивление газовому потоку оказывает только сухая насадка и $\Delta P_{ап}$ также имеет низкие значения $\Delta P_{ап} = 50-$



1- $h_1 = -0,03$ м; 2- $h_1 = -0,02$ м; 3 - $h_1 = 0$ м;
 4- $h_1 = +0,02$ м; 5- $h_1 = +0,02$ м

Рисунок 3 - Зависимость условного удельного орошения m_{L0T} от скорости газа $W_{Г}$ при различных исходных уровнях

При значениях h_1 от 0 до $+0,03$ мэжекция жидкости осуществляется во всем диапазоне скоростей газового потока, поэтому увеличение ΔP_s осуществляется пропорционально росту $W_{Г}$.



$t_b/b = 2$; $t_p/b = 2$; $b \times b = 40 \times 40$ мм
 1- $h_1 = -0,03$ м; 2- $h_1 = 0$ м; 3 - $h_1 = +0,03$ м

Рисунок 4 - Зависимость динамического уровня жидкости h_d аппарата УИД с РПН от скорости газа $W_{Г}$ при различных исходных уровнях h_1

И наконец, экспериментальные данные динамического уровня жидкости h_d (рисунок 4) показывают, что значения h_d не зависят от исходного уровня жидкости и определяется скоростным напором газового потока, выходящим из патрубка. При W_{Γ} равной до 3 м/с и величине $h_1 \leq 0,03$ м значения динамического уровня оказываются меньше, чем величина зазора h_1 . Это приводит к выходу газового потока через зазор между срезом патрубка и уровнем жидкости практически без взаимодействия с последней. С увеличением скорости газового потока свыше 3 м/с и независимо от исходного уровня жидкости происходит рост величины h_d (рисунок 4).

Полученные экспериментальные данные хорошо согласуются с результатами, полученными для эжекционного аппарата в диапазоне исследуемых скоростей газового потока и исходных уровней жидкости.

Параметрами, характеризующими гидродинамику аппарата с ударно-вихревым взаимодействием потоков наряду со структурными составляющими газожидкостного потока являются гидравлическое сопротивление аппарата, гидравлическое сопротивление зоны эжекции и насадочной зоны, количество жидкости, удерживаемое в насадочной зоне и газосодержание.

Гидравлическое сопротивление аппарата с ударно-вихревым взаимодействием потоков определяют [1, 2], исходя из аддитивности сопротивлений зоны эжекции и насадочной зоны:

$$\Delta P_{\text{ап}} = \Delta P_3 + \Delta P_L, \quad (1)$$

где ΔP_3 - гидравлическое сопротивление зоны эжекции, Па;

ΔP_L - гидравлическое сопротивление насадочной зоны, Па.

Уравнение для определения гидравлического сопротивления зоны эжекции имеет вид:

$$\Delta P_3 = \lambda \frac{\rho_{\square} \cdot W_{\square\square}^2}{2} + \rho_{\square} g[(1 - \varphi_{\square})\Delta h]. \quad (2)$$

Здесь Δh - количество вытесненной в насадочную зону жидкости, определяемое по формуле:

$$\Delta h = h_1 + h_d, \quad (3)$$

где h_1 - зазор между срезом газового патрубка и зеркалом жидкости, м;

h_d - динамический уровень жидкости, определяемый скоростным напором газового потока, м.

Величину h_d рассчитываем по формуле:

$$h_d = \lambda \frac{W_{\square\square}^2}{2g}. \quad (4)$$

В этой формуле λ - опытный коэффициент, значение которого получено обработкой экспериментальных данных

$$\lambda = \frac{3,15}{\text{Re}_{\square\square}^{0,5}}, \quad (5)$$

здесь $\text{Re}_{\text{nam}} = \frac{W_{\text{nam}} \cdot d_{\text{nam}}}{\nu_2}$ - число Рейнольдса.

Газосодержание в зоне эжекции φ может быть определено по известной зависимости:

$$\varphi_3 = 1 - \frac{1}{1 + \sqrt{Fr}}, \quad (6)$$

где F_r - модифицированное число Фруда:

$$Fr = \frac{\rho_{\square} \cdot W_{\square\square}^2}{2\rho_{\square} \cdot g \cdot \Delta h}. \quad (7)$$

Таким образом, проведены исследования гидродинамических закономерностей зоны эжекции: гидравлического сопротивления, условного удельного орошения и динамического уровня жидкостей в аппарате с ударно-вихревым взаимодействием потоков. Получена расчетная зависимость гидравлического сопротивления зоны эжекции в зависимости от скоростного напора газового потока.

Литература

1. Волненко А.А. Научные основы разработки и расчета вихревых массообменных и пылеулавливающих аппаратов: Докт. дис. ... техн. наук. – Шымкент, 1999. – Т.1. – 300 с.
2. Раматуллаева Л.И., Гидродинамика и улавливание аэрозолей в аппарате с ударно-вихревым взаимодействием потоков: Дис. ... канд. техн. наук. – Шымкент, 2009. – 137с.
3. Волненко А.А., Жубаниязов Б.Т., Мустафина А.И. Улавливание пыли свинцово-молибдатного крона в аппарате с регулярной подвижной насадкой // Малоотходные технологические процессы и сокращение промышленных выбросов в металлургической промышленности: Сб. тез.докл. Респ. научн.-техн. конф. – Запорожье, 1989. – С.115 – 116.

References

1. Volnenko A.A. Nauchnye osnovy razrabotki i rascheta vikhrevykh massoobmennykh i pyleulavlivayushchikh apparatov: Dokt. dis. tekhn. nauk. – Shymkent, 1999. – T.1. – 300 s.
2. Ramatullaeva L.I., Gidrodinamika i ulavlivanie aerorozley v apparate s udarno-vikhrevym vzaimodeystviem potokov: Dis. ... kand. tekhn. nauk. – Shymkent, 2009. – 137s.
3. Volnenko A.A., Zhubaniyazov B.T., Mustafina A.I. Ulavlivanie pyli svintsovo-molibdatnogo krona v apparate s regulyarnoy podvizhnoy nasadkoy // Malootkhodnye tekhnologicheskie protsessy i sokrashchenie promyshlennykh vybrosov v metallurgicheskoy promyshlennosti: Sb. tez.dokl. Resp. nauchn.-tekhn. konf. – Zaporozh'e, 1989. – S.115 – 116.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЯ АППАРАТА СОВМЕЩАЮЩЕГО ПРОЦЕССЫ УДАРНОГО И ВИХРЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОТОКОВ

DUST COLLECTION EFFICIENCY MACHINE COMBINE THE PROCESS OF SHOCK AND VORTEX FLOW INTERACTION

Волненко А.А., Абжапбаров А.А., Раматуллаева Л.И., Шарафиев А.Ш.
Volnenko A.A., Abzhapparov A.A., Ramatullaeva L.I., Sharafiev A.S.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
M.AuezovSouthKazakhstanStateUniversity, Shymkent, Kazakhstan
e.mail: nii_mm@mail.ru

Резюме

На многих промышленных предприятиях для очистки газовых выбросов, содержащих твердые частицы различного дисперсного состава, используются разнообразные конструкции пылеуловителей. Тип используемого газоочистного оборудования напрямую зависит от фракционного состава, и чем меньше размер частиц, тем более сложное оборудование применяется. Нами проведены исследования аппарата с ударно-вихревым взаимодействием потоков, являющегося относительно простым по конструкции аппаратом, однако за счет использования в нем наиболее эффективных механизмов пылеулавливания: ударного и вихревого он является весьма эффективным. Для данного аппарата проведены исследования общей и фракционной эффективности пылеулавливания в зависимости от изменения режимных (скорости газового потока и исходного уровня жидкости) и конструктивных параметров (шагов расположения насадочных элементов в вертикальном и радиальном направлении). Анализ данных общей и фракционной эффективности выявили диапазоны оптимальных значений режимных и конструктивных параметров исследуемого аппарата. Используя известные закономерности ударного взаимодействия газового потока и покоящейся жидкости, а также и диффузионного осаждения мелких частиц, получена инерционно-диффузионная модель для расчета степени очистки.

Abstract

Many industrial plants for cleaning waste gases containing solid particles of different particulate composition, used a variety of construction dust collectors. The type of gas cleaning equipment depends on the fractional composition, and the smaller the particle size, the more sophisticated equipment is used. We have studied the unit from shock-vortex interaction flows are relatively simple in design unit, but by using it in the most effective mechanisms Dust: shock and vortex it is very efficient. With this machine studied overall dedusting and fractional efficiency according to the change of regime (gas flow velocity and the initial level of the liquid) and structural parameters (location steps packing elements in the vertical and radial direction). Data analysis of general and fractional efficiency revealed a range of optimal operating and design parameters of the test apparatus. Using known shock interaction patterns of the gas stream and the liquid at rest, and the diffusion.

Ключевые слова: общая эффективность, фракционная эффективность, режимные параметры, конструктивные параметры, ударный механизм, диффузионный механизм, математическая модель модель

Keywords: overall efficiency, fractional efficiency, operating parameters, design parameters, impact mechanism, diffusion mechanism, mathematical model model

Эффективность очистки газовых выбросов от пыли во многом определяется величиной поверхности контакта между газом и жидкостью (капли, пленки, струйка). Известно большое количество аппаратов, в которых поверхность контакта фаз образуется за счет диспергирования жидкости газом. В последнее время для целей пылеулавливания применяют аппараты ударно-инерционного действия, где используется энергия сплошного потока. Вихревое движение потоков создаваемое за обтекаемыми телами, также приводит к значительной интенсификации процесса пылеулавливания.

Результаты исследований общей эффективности пылеулавливания аппарата ударно-вихревого действия в зависимости от скорости газового потока и исходного уровня жидкости представлены на рисунках 1 и 2.

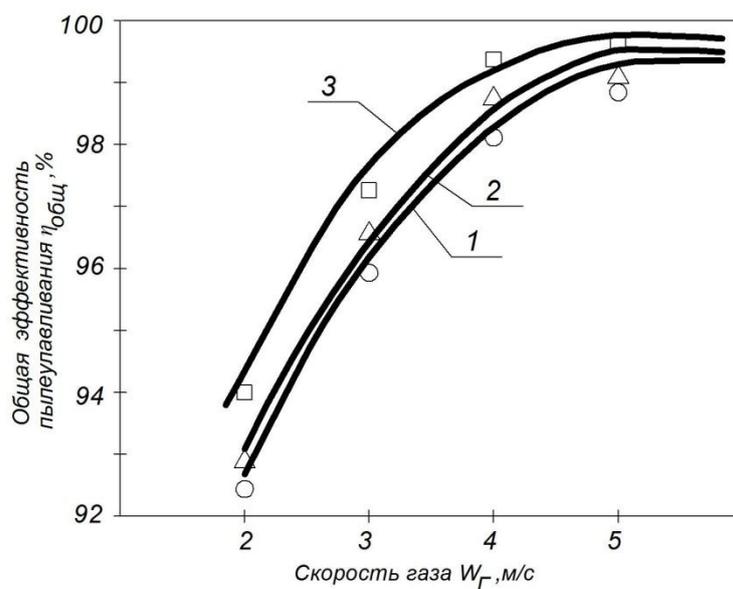
С увеличением скорости газового потока (рисунок 1) общая эффективность возрастает и достигает максимальных значений в капельном режиме, после чего дальнейшее увеличение скорости газа приводит к уносу жидкости из аппарата и эффективность процесса несколько снижается.

Высокие значения степени пылеулавливания обусловлены ростом количества эжектируемой жидкости и вихревым дроблением жидкости в насадочной зоне аппарата. Поскольку частота срыва вихрей с элементов насадки и, соответственно, интенсивность и частота пульсаций увеличиваются пропорционально скорости газа, то при неизменных параметрах насадки это приводит к интенсификации процесса срыва пленки жидкости и последующего ее дробления на более мелкие капли. При этом, естественно, увеличивается поверхность контакта фаз, а в конечном счете, и общая эффективность пылеулавливания.

С увеличением исходного уровня жидкости (рисунок 2) рост общей эффективности пылеулавливания происходит пропорционально количеству эжектируемой в насадочную зону жидкости. При этом количество удерживаемой насадкой жидкости возрастает, увеличивается общее число дробимых капель, что способствует росту межфазной поверхности и степени пылеулавливания.

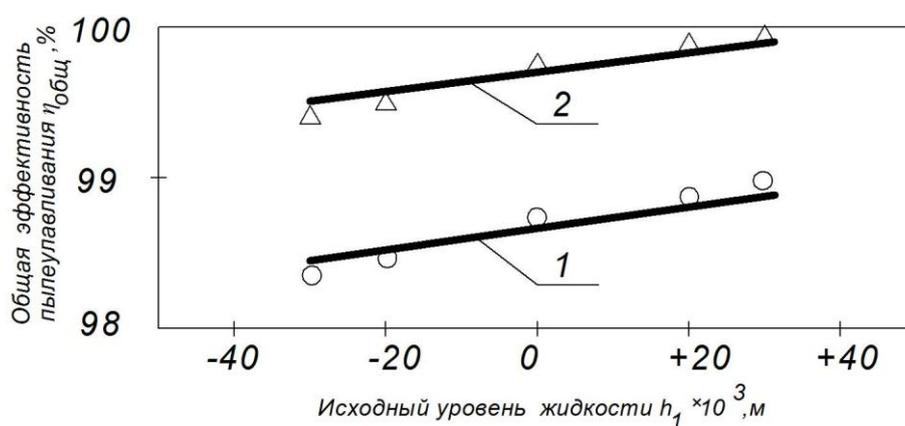
Проведенные также исследования фракционной эффективности аппарата ударно-вихревого действия показали, что с увеличением диаметра улавливаемых частиц эффективность процесса возрастает. Увеличение скорости газа или исходного уровня жидкости также способствуют росту фракционной эффективности.

Указанная закономерность наблюдается для любых фракций пыли. Естественно, что абсолютное значение коэффициента пылеулавливания крупных частиц больше, чем мелких, но степень улавливания последних с повышением скорости газа увеличивается значительно. Объяснением этому служит анализ механизма улавливания частиц [1,2]. Для частиц диаметром $d_p > 5$ мкм преобладающее влияние оказывают силы инерции, а для $d_p < 2$ мкм - силы диффузии. Очевидно, что повышение эффективности улавливания высокодисперсных частиц происходит за счет турбулентной диффузии, величина которой определяется частотой турбулентных пульсаций и степенью увеличения частиц. Основную долю вклада в частоту пульсаций вносит процесс вихревого движения газожидкостного слоя, приводящего к многократному срыву пленки жидкости с насадочных элементов и дроблению ее на мелкие капли. При этом поверхность контакта фаз и эффективность пылеулавливания растут.



$t_b = 2b$; $t_p = 2b$; $b \times b = 40 \times 40$ мм; $d_{\text{ч}} = 5$ мкм
 1,2,3 – $\eta_{\text{общ}}$ при $h_1 = -0,02$ м; 0 м и $+0,02$ м, соответственно
 кривые – расчет; точки – эксперимент

Рисунок 1- Зависимость общей эффективности пылеулавливания $\eta_{\text{общ}}$ аппарата ударно-вихревого действия от скорости газа $W_{Г}$



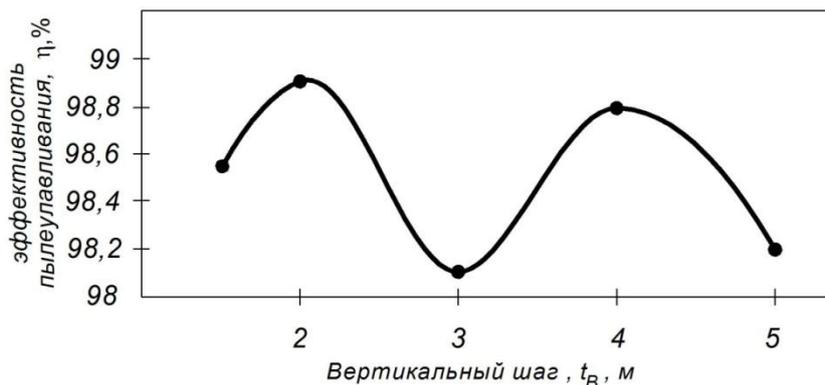
$t_b = 2b$; $t_p = 2b$; $b \times b = 40 \times 40$ мм; $d_{\text{ч}} = 5$ мкм;
 1,2 – $\eta_{\text{общ}}$ при $W_{Г} = 4$ и 5 м/с, соответственно,
 кривые – расчет; точки – эксперимент

Рисунок 2 - Зависимость общей эффективности пылеулавливания $\eta_{\text{общ}}$ аппарата ударно-вихревого действия от исходного уровня жидкости h_1

В качестве конструктивных параметров, наиболее существенно влияющих на процесс пылеулавливания в аппарате ударно-вихревого действия исследовались шаги размещения элементов насадки в насадочной зоне аппарата в вертикальном t_b/b и радиальном t_p/b направлениях (рисунки 3 и 4).

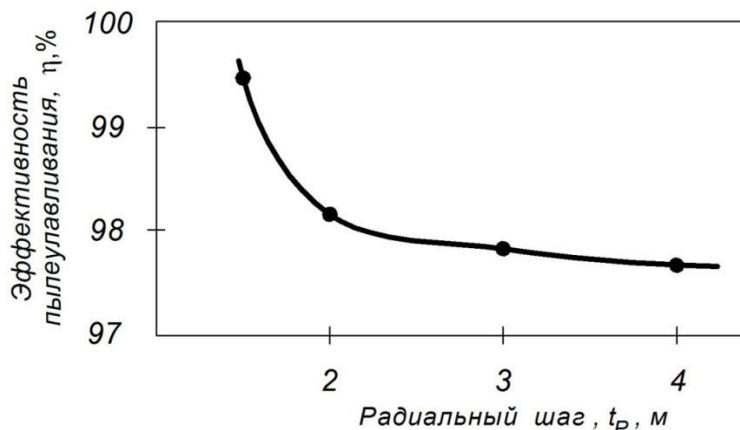
При исследовании эффективности пылеулавливания в зависимости от вертикального шага между насадочными элементами t_b/b (рисунок 3) обнаружены

экстремумы $\eta_{\text{общ}}$, соответствующие $t_b / b = 2$ и 4. Как было установлено при исследовании гидродинамических закономерностей, этим же шагам соответствует повышенное потребление энергии потока газа, связанное с одновременностью вихреобразования за насадочными элементами. Процесс одновременного образования и срыва вихрей за элементами насадки характеризуется воспроизводством максимального количества вихрей и ростом их мощности, что позволяет значительно турбулизовать газожидкостный слой и получить развитую межфазную поверхность за счет интенсивного дробления пленок жидкости и образования большого количества мелкодисперсных капель. Развитая межфазная поверхность способствует достижению высокой эффективности пылеулавливания. Нарушение одновременности вихреобразования приводит к снижению $\eta_{\text{общ}}$ (рисунок 3).



$t_p = 2b$; $b \times b = 40 \times 40$ мм; $d_q = 5$ мкм
 1,2,3 – $\eta_{\text{общ}}$ при $h_1 = -0,02$ м; 0 м и $+0,02$ м, соответственно
 кривые – расчет; точки – эксперимент

Рисунок 3- Зависимость общей эффективности пылеулавливания $\eta_{\text{общ}}$ аппарата ударно-вихревого действия от вертикального шага t_b / b



$t_b = 2b$; $b \times b = 40 \times 40$ мм; $d_q = 5$ мкм
 1,2,3 – $\eta_{\text{общ}}$ при $h_1 = -0,02$ м; 0 м и $+0,02$ м, соответственно
 кривые – расчет; точки – эксперимент

Рисунок 4 - Зависимость общей эффективности пылеулавливания $\eta_{\text{общ}}$ аппарата ударно-вихревого действия от радиального шага t_p/b

Изменение исходного уровня жидкости h_1 от $-0,02$ до $+0,02$ м в исследуемом диапазоне вертикальных шагов t_b / b (рисунок 3) способствует росту общей

эффективности пылеулавливания $\eta_{\text{общ}}$ за счет непрерывного увеличения поверхности осаждения.

Общая эффективность пылеулавливания $\eta_{\text{общ}}$ с увеличением радиального шага между насадочными элементами t_p/b падает (рисунок 4). Характер изменения кривой $\eta_{\text{общ}} = f(t_p/b)$ также связан с механизмом вихреобразования. Как было установлено при гидродинамических исследованиях, при t_p/b от 1,5 до 2 частота срыва вихрей определяется величиной зазора между соседними элементами, а при $t_p/b > 2$ – шириной обтекаемого тела. В первом случае количество образованных вихрей значительно больше, чем во втором. Естественно, что большее количество вихрей позволяет произвести большую работу по дроблению жидкости и получить значения поверхности межфазного контакта и эффективности пылеулавливания. Однако, для $t_p/b < 2$ также характерно значительное потребление энергии, что не всегда оправдано.

Увеличение исходного уровня жидкости h_1 от -0,02 до +0,02 м приводит к некоторому росту эффективности пылеулавливания (рисунок 4), что, по-видимому, связано с накоплением жидкости в насадочной зоне и возрастанием количества капель, участвующих в процессе.

Для расчета эффективности пылеулавливания в аппарате ударно-вихревого действия использована математическая модель инерционно-диффузионного осаждения твердых частиц. С учетом анализа механизмов осаждения исходное уравнение имеет вид:

$$\eta_{\text{общ}} = 1 - (1 - \eta_{Stk})(1 - \eta_D), \quad (1)$$

где η_{Stk} , η_D – эффективность улавливания частиц за счет инерционного и диффузионного осаждения, соответственно.

Основными факторами, влияющими на процесс инерционного осаждения являются диаметр и плотность твердых частиц, скорость их движения относительно поверхности осаждения, размер обтекаемых тел, шаги расположения насадки и расход жидкости. Эффективность осаждения в общем случае связывают с коэффициентом захвата K_3 .

Тогда, эффективность пылеулавливания за счет инерционных сил можно представить в следующем виде [3]:

$$\eta_{Stk} = 1 - \exp(-K_3 Stk), \quad (2)$$

где K_3 – коэффициент захвата; Stk – число Стокса:

$$Stk = \frac{\rho_c \cdot d_c \cdot U_c}{18 \cdot \mu_r} \quad (3)$$

или

$$Stk = \frac{d_c \cdot U_c \cdot \rho_c}{18 \cdot \nu_r \cdot \rho_r} \quad (4)$$

где: d_c – диаметр частиц, м; U_c – скорость частиц, м/с; ρ_c – плотность частиц, кг/м³; ν_r – коэффициент кинематической вязкости газа, м²/с; μ_r – коэффициент динамической вязкости газа, Па·с.

Известно, что коэффициент захвата K_3 зависит от гидродинамической обстановки в аппарате, а именно от процесса взаимодействия твердых частиц с каплями или пленками жидкости. В зависимости от величины физико-химических сил происходит

либо адгезионный захват, либо упругое отталкивание. Когда частица отталкивается, она возвращается в поток, а если произошел захват, то твердая частица внедряется в слой жидкости.

В работе [4] для оценки K_3 получено уравнение для расчета K_3 :

$$K_3 = \frac{Stk^2}{(Stk + 0,25)^2} \cdot \left(e^{-5,1 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{d_k}{d_v}} - e^{-4,5 \cdot \frac{\ell_k}{d_k}} \right) \quad (5)$$

где Stk - число Стокса;

$$l_k = \sqrt{\frac{\sigma}{g(\rho_r - \rho_{ж})}} - \text{капиллярная постоянная, м.}$$

В аппаратах с регулярной структурой насадки реализуется турбулентный режим, характеризующийся вихреобразованием.

Твердые частицы пыли имеют размер значительно меньше масштаба турбулентных пульсаций и поэтому вовлекаются в пульсационное движение газового потока. Причем, степень увлечения также зависит от диаметра и плотности частиц, т.е. от ее инерционности [1]. Следовательно, при расчете эффективности осаждения в интенсивных режимах течения газа необходимо учитывать наряду с инерционным механизмом осаждения и молекулярной диффузией также турбулентную диффузию, которая вносит существенный вклад в эффективность улавливания частиц с размером 1-2 мкм и более [5].

Для определения степени пылеулавливания по диффузионной модели используем подход, описанный в работе [4]. Исследуемый аппарат условно разделим на две зоны: зону эжекции и насадочную зону.

В первой зоне (зоне эжекции) высокоскоростной запыленный газовый поток ударяется о зеркало жидкости с образованием капель. Осаждение твердых частиц в этом случае происходит на поверхности капель, причем вдали от капли на частицы в зависимости от их диаметра и пульсационной скорости воздействуют турбулентные пульсации. Вблизи поверхности осаждения скорость турбулентных пульсаций резко снижается и выброс частицы происходит под действием инерционной силы с расстояния, равного длине свободного инерционного пробега частицы ℓ_i .

Из эжекционной зоны газовый поток попадает в насадочную зону аппарата, где при обтекании насадочных элементов реализуется турбулентный режим течения. Здесь же выброс пыли из турбулентного ядра осуществляется только за счет сил инерции.

С использованием теории о локально-изотропной турбулентности Колмогорова-Обухова получены уравнения для расчета коэффициентов турбулентной диффузии:

для зоны эжекции

$$D'_m = B_1 \cdot (\xi_{nam})^{1/3} \cdot \left(\frac{\rho_z}{\rho_{ж}} \right)^{1/3} \cdot \left(\frac{1}{\Delta h} \right)^{1/3} \cdot d_{k1}^{4/3} \cdot W_{nam} \cdot Stk; \quad (6)$$

для насадочной зоны

$$D''_m = B_2 \cdot (\xi_L)^{1/3} \cdot (1 - \varepsilon_0)^{1/3} \cdot \left(\frac{H}{t_6} \right)^{1/3} \cdot \left(\frac{\rho_z}{\rho_{ж}} \right)^{1/3} \cdot \left(\frac{1}{h_0} \right)^{1/3} \cdot d_k^{4/3} \cdot u_z \cdot Stk. \quad (7)$$

В уравнениях (6) и (7): $B_1 = 4,5 \cdot 10^{-2}$; $B_2 = 8,85 \cdot 10^{-2}$.

Эффективность пылеулавливания каждой из зон определим по формулам:

$$\eta' = B'_k \cdot \left(\frac{W_{nam} \cdot d_{k1}}{D'_m} \right)^{-1/4}, \quad (8)$$

$$\eta'' = B''_k \cdot \left(\frac{W_z \cdot d_k}{D''_m} \right)^{-1/4}, \quad (9)$$

где B'_k, B''_k – опытные коэффициенты, равные соответственно $B'_k = 6,9; B''_k = 3,57$.

Степень пылеулавливания по диффузионной модели рассчитываем по формуле:

$$\eta_D = 1 - (1 - \eta') \cdot (1 - \eta''). \quad (10)$$

Расчетные данные по уравнению (1) с экспериментальными, полученными с изменением режимных и конструктивных параметров расходятся не более чем $\pm 15\%$ (см. рисунки 1-4).

Таким образом, проведены исследования общей и фракционной эффективности пылеулавливания аппарата ударно-вихревого действия в зависимости от режимных и конструктивных параметров и получена инерционно-диффузионная модель для расчета степени очистки.

Литература

1. Шарыгин М.П. Разработка и расчет устройств для разрушения отложений и пылеулавливания с управляемым вихревым потоком: Дис. ... докт. техн. наук. – М.: 1992. – 480с.
2. Волненко А.А., Мустафина А.И., Жубаниязов Б.Т., Пляцук Л.Д. Интенсификация процессов очистки газовых выбросов от пыли // Современные машины и аппараты химических производств: Сб. тез. докл. IV Всес. научн. конф. – Чимкент, 1988, Ч.2. – С.3 – 5.
3. Бекибаев Н.С., Раматуллаева Л.И., Волненко А.А. Моделирование инерционного осаждения твердых частиц в аппарате с ударно-вихревым взаимодействием потоков // Межд. научно-практ. конф. «Химия в строительных материалах и материаловедение в XXI веке», 2008.-С. 68-76.
4. Волненко А.А. Научные основы разработки и расчета вихревых массообменных и пылеулавливающих аппаратов: Докт. дис. ... техн. наук. – Шымкент, 1999. – Т.1. – 300 с.
5. Очистка промышленных газов от пыли /В.Н.Ужов, А.Ю.Вальдберг, Б.И.Мягков, И.К.Решидов. – М.: Химия, 1981. – 390с.

References

1. Sharygin M.P. Razrabotka i raschet ustroystv dlya razrusheniya otlozheniy i pyleulavlivaniya s upravlyaemym vikhrevym potokom: Dis. ... dokt. tekhn. nauk. – M.: 1992. – 480s.
2. Volnenko A.A., Mustafina A.I., Zhubaniyazov B.T., Plyatsuk L.D. Inten-sifikatsiya protsessov ochistki gazovykh vybrosov ot pyli // Sovremennye mashiny i apparaty khimicheskikh proizvodstv: Sb. tez.dokl. IV Vses. nauchn. konf. – Chimkent, 1988, Ch.2. – S.3 – 5.
3. Bekibaev N.S., Ramatullaeva L.I., Volnenko A.A. Modelirovanie inertsiionnogo osazhdeniya tverdykh chastits v apparate s udarno-vikhrevym vzaimodeystviem potokov // Mezhd. nauchno-prakt.konf. «Khimiya v stroitel'nykh materialakh i materialovedenie v XXI veke», 2008.-S. 68-76.

4. Volnenko A.A. Nauchnye osnovy razrabotki i rascheta vikhrevykh massoobmennykh i pyleulavlivayushchikh apparatov: Dokt. dis. ... tekhn. nauk. – Shymkent, 1999. –Т.1.–300 s.

5. Ochistka promyshlennykh gazov ot pyli /V.N.Uzhov, A.Yu.Val'dberg, B.I.Myagkov, I.K.Reshidov. – M.: Khimiya, 1981. – 390s.

УДК66 02.071.7

UDK 66 02.071.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА И ГИДРОДИНАМИКИ ПРИ ТЕЧЕНИИ ВЯЗКИХ И НИЗКОВЯЗКИХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ В ГЛАДКОЙ КРУГЛОЙ ТРУБЕ

HEAT TRANSFER AND HYDRODYNAMICS IN TURNING VISCOUS AND HIGHLY VISCOUS COOLANT IN A SMOOTH CIRCULAR PIPE

**Бекибаев Н.С., Ешанкулов А.А., Сарсенбай С.О.
Bekibaev N.S., Yeshankulov A.A., Sarsenbay S.O.**

Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, г.Шымкент,
Республика Казахстан,
M.O. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan,

Резюме

Экспериментальная установка по изучению гидродинамики и теплообмена представляет собой полупромышленную модель, состоящую из двух горизонтально расположенных экспериментальных участков. Каждый экспериментальный участок представляет собой теплообменник типа «труба в трубе» с автономной системой регулировки и измерения, причем внутренние трубы во всех участках могут быть разными по геометрии, материалам и т.п.

В теплообменниках вязкий теплоноситель и вода двигались в противоположных направлениях. Наружные трубы рабочего участка вместе со стаканами образовывали входную и выходную камеры, в которых выравнивалось давление потока и обеспечивались одинаковые условия для входа в канал. До входа в канал теплообменника и после выхода из него рабочая жидкость проходила через камеры для измерения температуры.

Проверке правильности выбранной методики использованных систем измерений и достоверности полученных экспериментальных данных при исследовании конвективного теплообмена предшествовало изучение теплообмена при течении вязкого теплоносителя и воды в гладкой трубе с круглым поперечным сечением.

Полученные экспериментальные данные по теплообмену при низких числах Рейнольдса вязкого теплоносителя и средних чисел Рейнольдса воды в гладкой круглой трубе хорошо согласуются с литературными данными. Данные по теплоотдаче в гладкой трубе подтверждают правильность выбранной методики и достоверность показаний использованных систем измерений, что дало основание провести исследование на данной экспериментальной установке с использованием предложенной методики, конвективного теплообмена в горизонтальных трубах с поперечными диафрагмами.

Abstract

The experimental setup for the study of fluid flow and heat transfer is a semi-industrial model consisting of two horizontal pilot sites. Each experimental site is a heat exchanger of the "tube in tube" with autonomous adjustment and measurement system, wherein the inner tube in all sections may be of different geometry, materials, etc.

The viscous coolant heat exchangers and water move in opposite directions. The outer tube of the working area with a glass formed inlet and outlet chambers in which pressure equalizing flow and provide the same conditions for entry into the channel. Prior to entering the heat exchanger channel and after output of a hydraulic fluid passes through the chamber for measuring temperature.

Verify the correctness of the chosen method of measurement systems used and the reliability of the experimental data obtained in the study of convective heat transfer was preceded by the study of heat transfer in the viscous flow of coolant and water to a smooth tube with a circular cross-section.

The experimental data on heat transfer at low Reynolds numbers viscous coolant and medium Reynolds numbers of water in a smooth circular pipe are in good agreement with published data. The data on heat transfer in the smooth tube confirm the correctness of the chosen method and the credibility of the measurement systems used, which gave reason to conduct a study on this experimental setup using the proposed method, the convective heat transfer in horizontal pipes with transverse diaphragms.

Ключевые слова: Теплообмен, гидродинамика, теплоотдача, теплоноситель, охлаждения, конвекция, режим, сопротивление, измерение.

Key words: Heat transfer, fluid dynamics, heat transfer, heat transfer fluid, cooling, convection mode, the resistance measurement.

Проверке правильности выбранной методики использованных систем измерений и достоверности полученных экспериментальных данных при исследовании конвективного теплообмена предшествовало изучение теплообмена при течении высоковязкого и низковязкого теплоносителей в гладкой трубе с круглым поперечным сечением.

Теплоотдача изучалась при движении вязкого теплоносителя в круглой трубе в интервале чисел Рейнольдса Re_m приблизительно от 100 до 1050, Прандтля Pr_m от 220 до 245. Исследование производилось в условиях охлаждения вязкого теплоносителя при различных температурах жидкости на входе (от 50 до 60°C), выходе (от 46 до 55°C) и различных температурах стенки (от 28,9 до 53,2°C). Коэффициент теплоотдачи изменялся от 61 до 149 Вт/(м²°C).

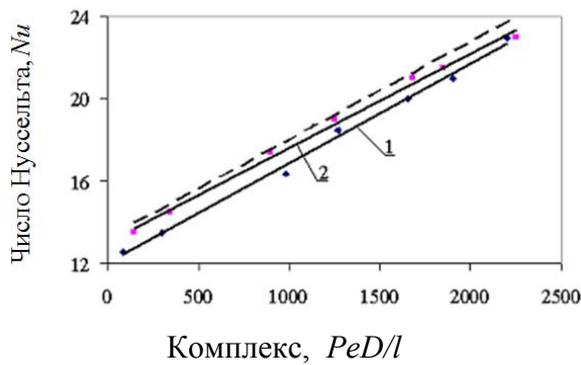
Так как $Re < Re_{кр}$, в соответствии с общепринятой методикой [1-3] для выявления режима течения вычислен комплекс $Gr_r Pr_r$ (т.е. число Рэлея Ra_r), который изменялся в пределах от 1 000 000 до 1139 000.

При этих значениях комплекса $Gr_r Pr_r$ на вынужденное течение вязкого теплоносителя накладываются токи естественной конвекции, и режим можно считать вязкостно-гравитационным.

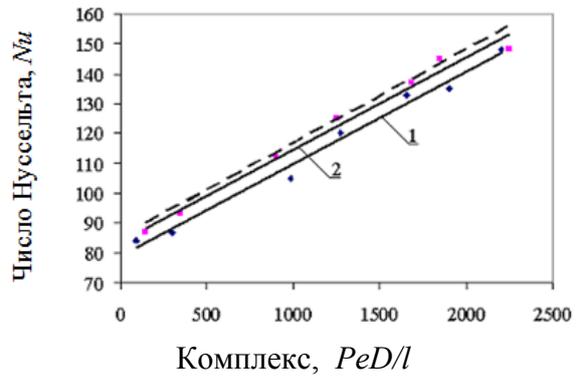
На рисунке 1 представлены результаты расчета и измерений. Nu и $Gr_r Pr_r$ вычислены по формулам (1)

$$Nu_m = 1,6 \left(\frac{\mu_c}{\mu_m} \right)^{-0,14} \sqrt[3]{Pe_m \frac{D}{l} + 0,05 \left(Gr_r Pr_r \frac{D}{l} \right)^{3/4}} \quad (1)$$

где $Nu = \alpha D / \lambda$; $Pe = W_g D / a$; $Gr_m = g \beta D^3 t_m / \nu_m^2$



1 – $GrPr=1240000$; 2 – $GrPr=1100000$.
Рисунок 1 - Число Nu в гладкой круглой трубе.



1 – $GrPr=1400000$; 2 – $GrPr=1000000$.
Рисунок 2 - Коэффициент теплоотдачи в гладкой круглой трубе.

В уравнении (1) физические свойства выбраны при $t_m = 0,5(t'_m + t''_m)$ и оно охватывает область значений $(GrPr)_z$ от $3,5 \cdot 10^5$ до $8,6 \cdot 10^8$, Pr_m от 140 до 15200 и справедливо для значений $Pr_m \cdot d/l$, лежащих вправо от асимптоты.

Пунктирными прямыми на графике нанесена асимптота, отвечающая предельному случаю, когда температура жидкости на выходе из трубы равна температуре стенки. Уравнение асимптоты легко получить из уравнения теплового баланса. Для круглой трубы при отнесении α к средней арифметической разности температур это уравнение имеет вид:

$$Nu_{жс} = \frac{1}{2} Pr_{жс} \frac{D}{l}, \quad (2)$$

если предположить $\frac{\rho_{жс} \cdot c_{жс}}{\rho_2 \cdot c_2} \approx 1$ (индексы «жс» и «2» означают, что физические параметры выбраны соответственно при средней температуре жидкости и средней температуре пограничного слоя).

Как видно из рисунка 1, опытные данные по теплообмену удовлетворительно согласуются с зависимостью Юбенка и Проктора, которая аналогична уравнению Мартинелли и Болтера [2]. Для вывода этого уравнения они использовали решение Левека для круглой или плоской трубы. В случае течения в круглой трубе приближенный теоретический анализ приводит к выражению

$$Nu = 1,63 \sqrt{Pe \frac{D}{l} + 0,09 \left(Gr \cdot Pr \frac{D}{l} \right)^{3/4}}. \quad (3)$$

Коэффициент теплоотдачи в (3) отнесен к начальному температурному напору $t_c - t_o$. Зависимость (3) будет, по-видимому, приближенно верна лишь для короткого отрезка круглой трубы вблизи начала обогреваемого участка. В случае движения в длинных трубах необходимо учитывать изменение температуры жидкости по длине, так как при этом будет изменяться температурный напор, а следовательно, и вклад в теплообмен, обусловленный свободной конвекцией. Чтобы учесть эти обстоятельства, Мартинелли и Болтер применяют анализ, подобный рассмотренному в [2], к элементарным участкам трубы, а затем производят осреднение по длине. Конечно, такой подход приемлем лишь как первое грубое приближение, прежде всего потому, что в основе анализа лежит решение Левека, справедливое только для термического начального участка. В результате вычислений, проведенных таким методом, получено

вышеупомянутое приближенное уравнение (1) для теплоотдачи в круглых горизонтальных трубах.

Из рисунка 1 видно, число Nu возрастает с увеличением PeD/l . Согласно уравнению (3) теплоотдача должна расти и с увеличением $Gr_m Pr_m$, при этом зависимость теплоотдачи от $Pr \cdot D/l$ сравнительно слабая.

Но в наших опытах расслоение Nu по $Gr_m Pr_m$ не наблюдалось, потому что эксперименты проводились в сравнительно узком диапазоне температуры.

Данные по теплоотдаче, приведенные на рисунке 2, отражают особенности движения жидкости в условиях взаимодействия вынужденной и естественной конвекции в горизонтальной трубе. В этом случае в сечении трубы под влиянием естественной конвекции возникает поперечная вязкого теплоносителя восходящие токи в середине и нисходящие у стенки трубы, одновременно с этим происходит движение жидкости вдоль оси трубы [2].

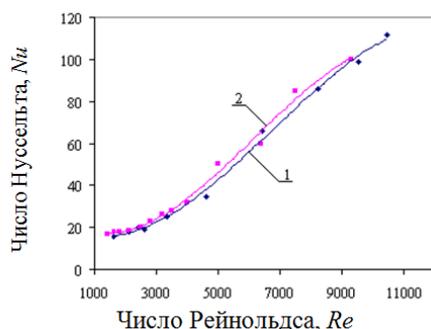
Поэтому результирующее движение жидкости в горизонтальной трубе можно схематически представить как бы происходящим по двум винтовым линиям, причем по одной из них вращение будет происходить слева направо, а по другой - справа налево. Такое движение должно приводить к интенсивному перемешиванию жидкости.

Исследование течение низковязких теплоносителей проводилось при следующих значениях температуры стенки $t_c = 30,4...51^\circ\text{C}$; температуры воды на входе $t_{в'} = 11,4...16,8^\circ\text{C}$ и выходе $t_{в''} = 14...26^\circ\text{C}$; числа Рейнольдса $Re_{в'} = 1600...11800$; коэффициента теплоотдачи $\alpha = 721...5112 \text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ и коэффициента гидросопротивления $\xi = 0,0463...0,0291$.

На рисунках 3 и 4 нанесены опытные точки, характеризующие теплоотдачу от внутренней поверхности гладкой круглой трубы. Несмотря на наличие выпавших точек, расслоение точек по температурным режимам обнаруживается с достаточной четкостью. В области $Re < 2600$ опытные данные хорошо согласуются с выражением (5).

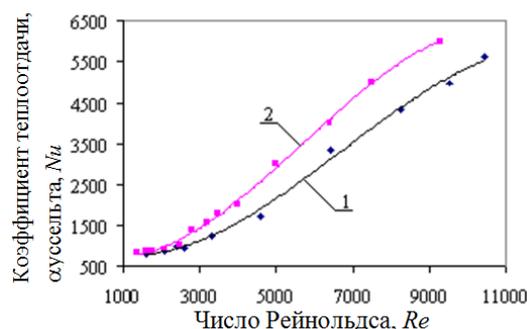
Согласно [4] при $Re_{кр} < 2300$ коэффициент теплоотдачи равняется

$$Nu = 1,85 \left(Pe \cdot \frac{D}{l} \right) \left(\frac{\mu_c}{\mu_{ж}} \right)^{-0,1}, \quad (4)$$



1 – $Pr_{ж}/Pr_c = 1,821$; 2 – $Pr_{ж}/Pr_c = 1,630$.

Рисунок 3 - Число Nu при течении воды в гладкой круглой трубе.



1 – $Pr_{ж}/Pr_c = 1,821$; 2 – $Pr_{ж}/Pr_c = 1,630$.

Рисунок 4 - Коэффициент теплоотдачи от стенки гладкой трубы к воде.

Эта формула справедлива при

$$1,6 \cdot 10^3 \leq \frac{1}{Pe} \cdot \frac{L}{D} \leq 0,03; \quad 0,2 \leq \frac{\mu_c}{\mu_{ж}} \leq 420$$

Опытные точки в области $Re > 2600$ расположились с разбросом $\pm 8\%$ около прямой, которой соответствует уравнению (5) при $Re_{кр} > 10000$

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} Pr^{0,4} \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_c} \right)^{0,1} \quad (5)$$

Таким образом, при $Re \approx 2600$ коэффициенты теплоотдачи и сопротивления изменяются скачком. Следовательно, можно считать, что при этом значении числа Re начинается переход от малых чисел к высоким, характеризующим турбулентный режим.

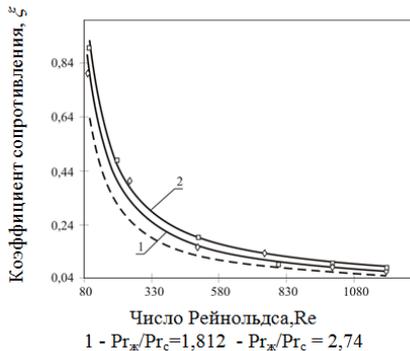


Рисунок 5 - Коэффициент сопротивления при течении высоковязкого теплоносителя в гладкой круглой трубе.

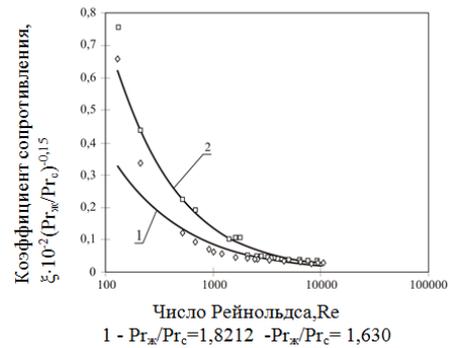


Рисунок 6 - Коэффициент гидросопротивления при течении воды в гладкой круглой трубе.

На рисунке 5 показаны зависимости ξ от Re для гладкой круглой трубы. Отдельные линии на графиках соответствуют определенным температурным режимам, каждый из которых характеризуется примерно одинаковыми значениями температуры жидкости на входе t'_m и температуры стенки. Поэтому для каждого режима отношение $\mu_c/\mu' = 1$ приблизительно постоянно. Пунктирные линии относятся к изотермическому течению ($\mu_c/\mu' = 1$). Из графика видно, что при одинаковых Re коэффициент сопротивления тем больше, чем больше значение $\mu_c/\mu' = 1$.

Согласно [2] прямые для различных режимов в логарифмических координатах должны иметь разный наклон. Такой ход кривых становится понятным, если учесть результаты анализов, приведенных в [2,5]. При $\mu_c/\mu' = 1$ произведение $\xi \cdot Re = const$, поэтому прямые для изотермического течения имеют наклон $n = -1$. При $\mu_c/\mu' \neq 1$ произведение $\xi \cdot Re$ зависит не только от $\mu_c/\mu' = 1$, но и от $Re \cdot D \cdot l$. При этом $\mu_c/\mu' > 1$ (охлаждение высоковязкого теплоносителя) и Re убывает с увеличением $Re \cdot D \cdot l$. Поэтому прямые для охлаждения высоковязкого теплоносителя $n < -1$. Произведение $\xi \cdot Re$ изменяется в зависимости от $Re \cdot D \cdot l$ тем сильнее, чем больше μ_c/μ' отличается от 1. Различие в значениях коэффициента сопротивления по сравнению с изотермическим течением объясняется не только зависимостью вязкости от температуры, но и влиянием свободной конвекции.

Наклон прямых на рисунке 5 изменяется в узких пределах, потому что наши опыты соответствуют более высоким значениям $Re \cdot D \cdot l$ при которых $\xi \cdot Re$ слабо зависит от $Re \cdot D \cdot l$.

Анализ опытных данных показывает, что влияние переменной вязкости на коэффициент сопротивления может быть учтено с помощью параметров μ_c/μ' и $Re \cdot D \cdot l$.

Это приводит к следующей интерполяционной формуле переменным n для среднего коэффициента сопротивления:

$$\frac{\xi}{\xi_0} = \left(\frac{\mu_c}{\mu'} \right)^n \quad (6)$$

Уравнение типа (6), но с постоянным $n=0,33$ предлагалось в [1]. В этой работе вместо μ_c/μ' используется отношение $Pr_c/Pr_{ж}$ которое для большинства жидкостей в обычных условиях лишь немногим отличается от μ_c/μ' .

Сопоставление линий коэффициента гидравлического сопротивления для низких и средних чисел Рейнольдса течений показано на рисунке здесь, линии 1 и 2 соответствуют уравнениям (7) и (8).

При низких числах Рейнольдса, при значениях $Ra_m \leq 15 \cdot 10^6$, сопротивление в гладких трубах рассчитывалось по уравнению, предложенным М.А.Михеевым:

$$\xi = \frac{64}{Re_{жс}} \left(\frac{Pr_c}{Pr_{жс}} \right)^{1/3} \left[1 + 0,22 \left(\frac{Gr \cdot Pr}{Re_{жс}} \right)^{0,15} \right] \quad (7)$$

Сопротивление в гладких каналах для слабо развитых турбулентных течений определялось из формулы [6]:

$$\xi = 0,316 Re^{-1/4} \left(\frac{\mu_c}{\mu_{жс}} \right) \quad (8)$$

Таким образом, при $Re \approx 2600$ коэффициенты теплоотдачи и сопротивления изменяются скачком. Следовательно, можно считать, что при этом значении числа Re начинается турбулентный режим. Полученные экспериментальные данные по теплообмену при низких числах Рейнольдса вязкого теплоносителя и средних чисел Рейнольдса воды в гладкой круглой трубе хорошо согласуются с литературными данными. Данные по теплоотдаче в гладкой трубе подтверждают правильность выбранной методики и достоверность показаний использованных систем измерений, что дало основание провести исследование на данной экспериментальной установке с использованием предложенной методики, конвективного теплообмена в горизонтальных трубах с поперечными диафрагмами.

Литературы

1. Интенсификация теплообмена в каналах / Э.К.Калинин, Г.А.Дрейцер, С.А.Ярхо. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 208с.
2. Петухов Б.С. Теплообмен и сопротивление при ламинарном течении жидкости в трубах. - М.: Энергия, 1967.- 411с.
3. Теплообмен в канале плотной упаковки пучка труб или стержней /В.К. Кошкин, Э.К. Калинин, С.А. Ярхо, А.А. Тер-Мкртчян. // ТВТ. -1967. -Т.5, №2. - С. 317–321.
4. Кошкин В.К. Теплообмен в энергетических установках космических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1975. -272с.
5. Петухов Б.С., Попов В.Н. Теоретический расчет теплообмена и сопротивления при турбулентном течении в трубах несжимаемой жидкости с переменными физическими свойствами. // ТВТ.- 1963. - №1. - С. 85-101.
5. Жукаускас А.А. Конвективный перенос в теплообменниках. – М.: Наука, 1982. - 472 с.

References

1. Enhancement of heat transfer in the channels / E.K.Kalinin, G.A.Dreytser, S.A.Yarho. - 3rd ed., Rev. and add. - M.: Engineering, 1990. – 208 pg.
2. B.S. Petukhov Heat transfer and resistance in laminar flow in pipes. - M.: Energy, 1967.- 411 pg.
3. Heat transfer in a channel close packing bundle or rods /V.K. Cat, EK Kalinin, S.A. Yarkho, A.A. Ter-Mkrtchyan. // TVT. -1967. -Т.5, №2. - 317-321 pg.
4. V.K. Koshkin Heat transfer in power plants spacecraft. - M.: Engineering, 1975. - 272 pg.
5. B.S. Petukhov, VN Popov Theoretical calculation of heat transfer and resistance in turbulent flow of an incompressible fluid in pipes with varying physical properties. // TVT.- 1963. - №1. - 85-101 pg.
6. A.A. Zhukauskas Convective transport of heat exchangers. - M.: Nauka, 1982. -472 pg.

УДК 66.02.071.7

UDK 66 02.071.7

РАСЧЕТ СТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГАЗООЧИСТНОГО АППАРАТА С ТРУБЧАТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ НАСАДКОЙ

CALCULATION OF STRUCTURAL PARAMETERS OF THE GAS CLEANING APPARATUS WITH A TUBULAR CYLINDRICAL NOZZLE INCLUDED

**Бекибаев Н.С., Ешанкулов А.А., Сарсенбай С.О.
Bekibaev N.S., Yeshankulov A.A., Sarsenbay S.O.**

ЮКГУ имени М.Ауэзова, г.Шымкент, Республика Казахстан, www.ukgu.kz
M.O. Aueзов South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan,
www.ukgu.kz

Резюме

Опыт эксплуатации газоочистных аппаратов показывает, что они должны удовлетворять следующим требованиям: высокая интенсивность и эффективность; простота конструкции; универсальность, позволяющая уменьшить число применяемых типов газоочистных аппаратов и тем самым улучшить условия изготовления, ремонта и эксплуатации; нечувствительность к загрязнениям твердыми и жидкими примесями обрабатываемых газов и жидкостей; относительно низкая энергоемкость.

Решение этой сложной проблемы предполагает реализацию комплекса технических и организационных мероприятий на основе глубокого и всестороннего анализа способов и аппаратов, предназначенных для очистки газов в различных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производствах.

Исходя из вихревого взаимодействия газа и жидкости, баланса сил, действующих на структурные составляющие жидкостного потока предложены уравнения для определения диаметра капель и толщины пленки жидкости на поверхности трубчатой насадки газоочистного аппарата, предназначенных для снижения до санитарных норм удельных выбросов загрязняющих вредных веществ в атмосферу.

Abstract

Operating experience gas cleaning devices shows that they must meet the following requirements: high intensity and efficiency; simplicity of design; versatility, allowing to reduce the number of used types of gas-cleaning machines and thus improve the conditions of manufacture, repair and maintenance; insensitivity to dirt solid and liquid impurities of processed gases and liquids; a relatively low power consumption.

The solution to this complex problem requires the implementation of complex technical and organizational measures based on a thorough and comprehensive analysis of the methods and apparatus designed to purify the gases in a variety of chemical, petrochemical and refining industries.

Based on the interaction of a vortex of gas and liquid, the balance of forces acting on the structural components of the liquid flow, are the equations to determine the droplet diameter and the thickness of the liquid film on the surface of the tubular nozzle gas treatment apparatus designed to reduce specific health standards to polluting emissions of harmful substances into the atmosphere.

Ключевые слова: Энергоемкость, массообмен, пылеулавливания, эффективность, аппарат, насадка, газоочистка, вихрь, пленка.

Key words: Energy intensity, mass transfer, dust removal efficiency, machine, tool, gas cleaning, whirlwind film.

Анализ аппаратурного оформления технологических схем очистки газов показывает, что при их компоновке отсутствовали научно-обоснованные критерии выбора. Так, для улавливания одних и тех же компонентов используются различные конструкции массообменных и пылеулавливающих устройств. Причем одни из имеют низкую эффективность (полые, механические и пенные аппараты), вторые – высокую энергоемкость (крупно-дырчатые провальные тарелки, насадочные скрубберы и рукавные фильтры), третьи сложны в изготовлении и эксплуатации, громоздки (электрофильтры, рукавные фильтры и мелкодырчатые провальные тарелки). Многие пылегазоулавливающие устройства (кроме механических распыливающих скрубберов и крупнодырчатых провальных тарелок) не приспособлены для проведения процессов, сопровождающихся образованием концентрированных осадков и шламов. Вследствие этого их элементы часто забиваются твердыми отложениями, что приводит к остановке аппаратов.

Опыт эксплуатации газоочистных аппаратов показывает, что они должны удовлетворять следующим требованиям: высокая интенсивность и эффективность; простота конструкции; универсальность, позволяющая уменьшить число применяемых типов газоочистных аппаратов и тем самым улучшить условия изготовления, ремонта и эксплуатации; нечувствительность к загрязнениям твердыми и жидкими примесями обрабатываемых газов и жидкостей; относительно низкая энергоемкость.

Вышеперечисленным требованиям отвечает газоочистной аппарат с трубчатой цилиндрической насадкой (рисунок 1).

Газоочистной аппарат представляет собой колонну 1 с равномерно размещенном трубчатой цилиндрической насадкой 2, коллектором подвода и отвода охлаждающей жидкости 3, оросители жидкости 4.

В слое трубчатой цилиндрической насадки механизм распада капли жидкости носит сложный характер, так как дробление происходит как из-за деформации капель, так и под действием удара движущихся с большой скоростью капель о насадку и между собой. В зависимости от кинетической энергии соударяющихся частиц и частиц жидкости о элементы насадки, может произойти и распад капель, и прилипание к насадке, и коалесценция частиц жидкости. Такая постоянная и многократная смена актов дробления и слияния приведет к выравниванию размеров капель. Поэтому оценка зависимости среднеинтегрального значения диаметра капель от основных параметров слоя представляет интерес для расчетных уравнений.

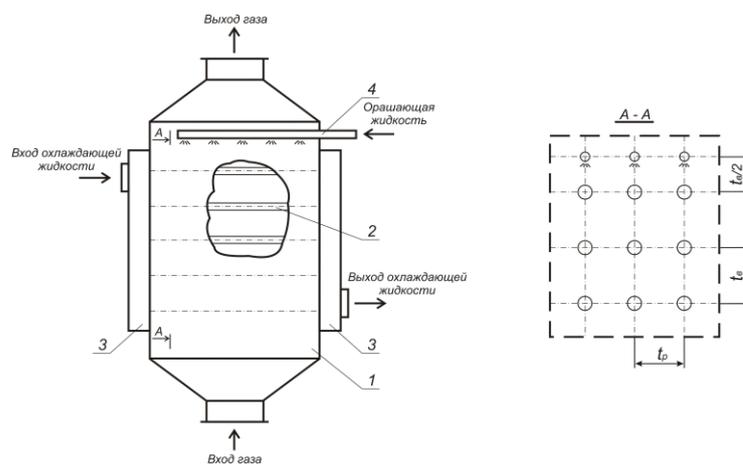


Рисунок 1 – Газоочистной аппарат с трубчатой цилиндрической насадкой

Визуальные наблюдения позволяют представить следующую картину преимущественного образования капель в слое дискретно расположенных цилиндрических элементов насадки. Жидкость стекает по поверхности насадки в виде пленки. Под воздействием вихрей, попеременно образующихся на боковых поверхностях цилиндра, образуется жидкостной валик. Под воздействием пульсаций вихрей жидкостной валик разрывается в колеблющиеся лепестки, которые, закручиваясь, образуют шнур с диаметром равным толщине пленки. Согласно [1] образование капли происходит не у поверхности насадки, а на некотором расстоянии, превышающем толщину пленки. Поэтому нет необходимости учитывать распределение скоростей сплошной фазы в пристенных слоях.

Исходя из изложенного принимаем: образование капель происходит при дроблении пленки под действием вихрей, возникающих при обтекании насадочных тел, вдали от пристенных слоев сплошной среды; капли в момент формирования имеют сферическую форму с однородным поверхностным натяжением; скорости дробления и коалесценции капель одинаковы. Последнее допущение справедливо при последовательном и многократном дроблении образующейся пленки.

При определении размера капли исходили из условия равновесия сил, действующих на каплю.

$$\rho_{жс} (\bar{U}')^2 / 2 = 4\sigma / d_k, \quad (1)$$

где в левой части уравнения – динамический напор, действующий изнутри на поверхность раздела, обусловленный изменением пульсационных скоростей на расстоянии $l = d_k$, а в правой части – капиллярное давление.

Среднюю пульсационную скорость можно выразить согласно закона "двух-третей" следующим образом:

$$\bar{U}' = \mathfrak{E}^{1/3} l^{1/3} = \mathfrak{E}^{1/3} d^{1/3}, \quad (2)$$

где l – масштаб пульсаций, сравниваемый с диаметром капли, т.е. $l \sim d_k$.

Диссипацию энергии в массе жидкости определим как:

$$\mathfrak{E} = \frac{N_b \theta_b}{V_{жс} \rho_{жс}}. \quad (3)$$

здесь N_b – мощность вихря, образующегося при обтекании цилиндра сплошным потоком, Вт; θ_b - коэффициент, учитывающий сдвиг в моментах вихреобразования; $V_{жс}$ - объем жидкости на поверхности насадки, м³; $\rho_{жс}$ - плотность жидкости, кг/м³.

Мощность вихря определяем по уравнению:

$$N_b = C_L \sqrt{\frac{C_L}{C_D}} \rho_r l_{\text{ц}} (d_{\text{ц}} + b) \frac{U_{\Gamma}^3}{2\theta_p}, \quad (4)$$

в котором C_L – коэффициент подъемной силы; C_D – коэффициент сопротивления; U_{Γ} – истинная скорость газового потока, $U_{\Gamma} = W_{\Gamma} / \varepsilon_0 \rho$, м/с; θ_p – коэффициент, учитывающий взаимодействие радиально расположенных вихрей; b – длина лепестков, м:

$$b = U_{\text{нл}} / \omega. \quad (5)$$

Объем жидкости на поверхности насадки:

$$V_{\text{жс}} = l_{\text{ц}} b \delta_{\text{нл}} \quad (6)$$

Подставляя выражение (2-5) в уравнение (1) и решая относительно d_k , получим:

$$d_k = 6,9 \frac{\sigma^{3/5}}{\rho_{\text{жс}}^{1/5} U_{\Gamma}^{6/5}} \left[\frac{b \delta_{\text{нл}} \theta_p}{\lambda (d + b) \rho_r \theta_b} \right]^{2/5}, \quad (7)$$

где $\lambda = C_L \sqrt{\frac{C_L}{C_D}}$.

Сравнение расчетных данных, полученных по уравнению (7) и рассчитанных на основе экспериментальных данных по ПКФ, показывает, что

$$d_k = 8,2 \frac{\sigma^{3/5}}{\rho_{\text{жс}}^{1/5} U_{\Gamma}^{6/5}} \left[\frac{b \delta_{\text{нл}} \theta_p}{(d + b) \rho_r \theta_b} \right]^{2/5} \quad (8)$$

Степени при членах уравнения (8) соответствуют диапазона степеней, полученных ранее различными авторами, а именно $d_k \sim \sigma^{0,3 \pm 0,6}$; $\rho_c^{-(0,2 \pm 0,6)}$; $\rho_g^{-(0,2 \pm 0,4)}$; $U_c^{-(1,0 \pm 1,2)}$; $l^{0,4 \pm 0,5}$, где ρ_c и ρ_g – плотности сплошной и дисперсной фаз. Это подтверждает то, что полученное теоретическое уравнение (8) практически полностью отражает характер влияния на размер капель параметров турбулентного потока.

При определении толщины пленки, полагаем, что отрыв пленки жидкости цилиндра происходит под углом $\varphi = 80 \div 90^\circ$ [2].

Предполагая, что вся орошающая жидкость, поступающая на поверхность цилиндра, стекает в виде пленки со средней скоростью $\bar{U}_{\text{нл}}$, получим:

$$d_{\text{ц}} l_{\text{ц}} U_{\text{жс}} = \frac{3}{2} \delta_{\text{нл}} l_{\text{ц}} \bar{U}_{\text{нл}}. \quad (9)$$

Откуда толщина пленки:

$$\delta_{\text{нл}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{d_{\text{ц}} U_{\text{жс}}}{\bar{U}_{\text{нл}}}, \quad (10)$$

где $d_{\text{ц}}$ – диаметр цилиндра, м; $U_{\text{жс}} = \frac{L}{3600(1 - \varphi)}$ – истинная скорость жидкости в слое, м/с.

Считается, что при противоточном движении фаз, в случае, если скорость газа $W_{\Gamma} < 0,9 W_{\text{захл}}$, то касательные напряжения на свободной поверхности пленки и градиент давления незначительны. Скорость захлебывания противоточных аппаратов с подвижной насадкой $W_{\text{захл}} \leq 5,0 - 7,0$ м/с. Поэтому на свободной поверхности пленки при $y = \delta$ (касательные напряжения) $\tau_{\Gamma\text{жс}} \ll \tau_{\text{Тжс}}$. При $y = 0$:

$$\tau_{\text{Тжс}} = g \rho_{\text{жс}} \delta_{\text{нл}}, \quad (11)$$

где $\tau_{\Gamma\text{жс}}$ и $\tau_{\text{Тжс}}$ – касательные напряжения на поверхностях раздела фаз газ-жидкость и твердое тело-жидкость, соответственно, м/м². Тогда:

$$\mu_{жс} \frac{\partial U_{пл}}{\partial y} = g \rho_{жс} \delta_{пл}. \quad (12)$$

Учитывая, что при $y \rightarrow \delta_{пл}, U_{пл} \rightarrow U_{пл}^{\max}$, получим:

$$U_{пл}^{\max} = \frac{g \rho_{жс} \delta_{пл}^2}{\mu_{жс}} = \frac{g \delta_{пл}^2}{\nu_{жс}}, \quad (13)$$

в котором $\mu_{жс}$ и $\nu_{жс}$ - динамический (нс/м²) и кинематический (м²/с) коэффициенты вязкости жидкости.

С учетом зависимости (10) уравнение (13) примет вид:

$$U_{пл}^{\max} = \frac{4}{9} \cdot \frac{g d_{II}^2 U_{жс}^2}{\nu_{жс} \bar{U}_{пл}^2}. \quad (14)$$

Учитывая, что диаметр насадки невелик, на поверхности стенок не должно возникать волн. По данным Н.Н.Кулова [3], длина крупной волны 110÷140 мм, а мелких 19 мм. Поэтому можно считать, что течение пленок ламинарное и для него можно принять $\frac{U_{пл}^{\max}}{\bar{U}_{пл}} = 1,5$.

С учетом этого уравнение (14) преобразуется к следующему виду:

$$\bar{U}_{пл} = 0,666 \left(\frac{g}{\nu_{жс}} \right)^{1/3} U_{жс}^{2/3} d_{II}^{2/3}. \quad (15)$$

Тогда толщина пленки жидкости на поверхности цилиндра:

$$\delta_{пл} = \left(\frac{U_{жс} d_{II} \nu_{жс}}{g} \right)^{1/3}. \quad (16)$$

Анализ литературных данных [1] по определению толщины пленки показывает, что показатели степени при членах уравнения (16) соответствуют диапазону изменения этих показателей, полученных авторами для систем с различными физико-химическими свойствами и аппаратов различных конструкций.

Таким образом, исходя из вихревого взаимодействия газа и жидкости, баланса сил, действующих на структурные составляющие жидкостного потока предложены уравнения для определения диаметра капель и толщины пленки жидкости на поверхности трубчатой насадки газоочистного аппарата, предназначенных для снижения до санитарных норм удельных выбросов загрязняющих вредных веществ в атмосферу.

Литературы

1. Балабеков О.С. Гидродинамика, массообмен и пылеулавливание при противоточных и прямоточных двухфазных капельных и пленочных течениях в слое подвижной насадки. Дис. ... докт.техн. наук.- М., 1985.-т.1., 430с.
2. Жукаускас А.А., Жюгжда И.И. Теплопередача цилиндра в поперечном потоке жидкости. – Вильнюс: Мокслас, 1979. – 240с.
3. Кулов Н.Н. Гидродинамика и массообмен в нисходящих двухфазных пленочно-дисперсных потоках. Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М., 1984. – 45с.

References

1. Balabekov O.S. Hydrodynamics, mass transfer and dust removal in the two-phase countercurrent and co-current and drop in a layer of film flow of the mobile nozzle. Dis. Dr. tech. sciences.- М., 1985, v.1., 430 pg.
2. Zhukauskas A.A., I.I. Zhyugzhda Heat transfer cylinder in cross-flow fluid. - Vilnius: Mokslas, 1979. – 240 pg.
3. Kulov N.N. Hydrodynamics and mass transfer in a downward two-phase film-dispersed flows. Author. Dis. ... Dr. tech. sciences. - М., 1984. – 45pg.

МУНАЙ ГАЗ ІСІ
НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО
OIL AND GAS BUSINESS

УДК 620.193
UDK 620.193

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТВЕРЖДЕНИЯ НА
АДГЕЗИОННУЮ ПРОЧНОСТЬ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ**

**STUDY EFFECT OF TEMPERATURE CURING ADHESIVE STRENGTH OF
MODIFIED COATING**

**Сырманова К.К.^{1,3}, Тлеуов А.М.¹, Калдыбекова Ж.Б.¹, Негим Э.-С.², Чарыев
Ю.Т.¹, Ибрагимов Б.Б.¹
Syrmanova K.K.^{1,3}, Tuleuov A. M.¹, Kaldybekova Zh.B.¹, Negim El-Sayed²,
Charyev Y.T.¹, Ibragimov B.B.¹**

¹Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауэзова

²Faculty of Science and Engineering, University of Wolverhampton, Wolverhampton, UK

³Университет Мирас

¹M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

²Faculty of Science and Engineering, University of Wolverhampton, Wolverhampton, UK

³Miras University. Shymkent, Kazakhstan

E-mail: syrmanova.kulash@mail.ru

Резюме

Возрастание объема переработки сернистых и высокосернистых нефтей и газовых конденсатов и появившаяся в последние годы необходимость защиты от коррозии оборудования и установок на период останова и последующей консервации на длительный период требуют особого внимания к вопросам борьбы с коррозией.

Специфика применения полимерных покрытий в нефтегазовой отрасли заключается в многообразии одновременно выполняемых функций. Поэтому создать покрытие с требуемым комплексом свойств на основе одного материала сложно и возникает необходимость в конструкциях из различных материалов, каждый из которых формирует определенные свойства покрытия. Направленно изменяя конструкцию покрытия, можно получать требуемое сочетание свойств на основе серийно выпускаемых материалов

Изучено влияние температуры отверждения на адгезию модифицированных покрытий, отвержденных при различных температурах. Результаты испытаний показывают, что наибольшей адгезией при адгезионном характере отрыва обладают составы с вермикулитом и слюдой в качестве наполнителей. Величина адгезий этих покрытий при 80°C возрастает почти до 10 МПа.

По данным изменения внешнего вида и массы, физико-механических свойств и адгезии, а также электросопротивления и наличия подпленочной коррозии после экспонирования образцов в агрессивных средах производилась оценка защитных свойств разработанных покрытий.

Для этого проведены исследования защитных свойств модифицированных эпоксикислитановых покрытий в воде при различной температуре. Исследование защитных свойств модифицированных эпоксикислитановых покрытий показали их высокие защитные свойства как при 25°C, так и при 60°C.

Abstract

The increase in processing volume of sulfur and high-sulfur crude oil and gas condensates and appeared in recent years, the need for protection against corrosion of equipment and installations for the period of the stop and subsequent preservation for a long period require special attention to the fight against of corrosion.

The specifics of the application of polymer coatings in the oil and gas industry is the variety of simultaneous functions. Therefore, to create a coating with the desired combination of properties on the basis of hard material and there is a need in the designs of different materials, each of which forms a part of the coating. Directed by changing the design of the coating can be obtained the desired combination of properties, based on commercially available materials

The effect of curing temperature on adhesion modified coatings cured at different temperatures. The test results show that the highest adhesion with the adhesive nature of the separation has a composition with vermiculite and mica as a filler. The amount of adhesion of the coating at 80 ° C, increasing to almost 10 MPa.

According to the changes in appearance and weight, physical and mechanical properties and adhesion, as well as the electrical resistance and the presence of podplenochnoy corrosion after exposure of samples in aggressive environments to rate the protective properties of the coating developed.

For this studied protective properties moditsirovannyhepoksiksilitanovyh coatings in water at different temperatures. Investigation of the protective properties of the coatings showed modified epoksiksilitanovyh their high protective properties both at 25 ° C and 60 ° C.

Ключевые слова: коррозия, адгезионная прочность, покрытия, температура, влажность, нефтегазопровод

Keywords: corrosion, adhesive strength, coating, temperature, humidity, gas pipelines

Высокая агрессивность эксплуатационных сред является одной из основных причин отказа нефтяного и газового оборудования, их преждевременного разрушения. Низкий ресурс работы оборудования в агрессивных средах заставляет увеличивать его массу и габариты, снижать допустимые нагрузки, производить частые ремонты, что повышает затраты на изготовление и обслуживание оборудования, сдерживает рост производительности труда, повышает себестоимость продукции.

Решение проблемы антикоррозионной защиты оборудования нефтеперерабатывающих заводов невозможно без проведения детального анализа особенностей и причин коррозионного поражения металла нефтегазопроводов, установок первичной и вторичной переработки нефти при эксплуатации как в регламентных, так и отличающихся от регламентных режимах.

Экономические потери, связанные с коррозией металлов, определяются не столько стоимостью прокорродировавшего металла, сколько стоимостью ремонтных работ, убытками за счет временного прекращения функционирования инженерных систем, затратами на предотвращение аварий, в некоторых случаях абсолютно недопустимых с точки зрения экологической безопасности. Оценки затрат, связанных с коррозией приводят к выводу, что общие годовые расходы на борьбу с последствиями коррозии составляют 1,5-2% валового национального продукта. Часть этих затрат неизбежна; было бы нереально полностью исключить все коррозионные разрушения[1].

Особенности состава и свойства ржавчины в различных условиях эксплуатации зачастую не учитываются при выполнении антикоррозионных работ, в частности при выборе способа подготовки поверхности, а продукты коррозии металла, образовавшиеся в различных условиях эксплуатации имеют различный фазовый и химический состав. Продукты коррозии, образовавшиеся на поверхности металлов могут замедлить или ускорить коррозионный процесс, это зависит от их химического состава, структуры и адгезии.

Постоянно возрастающий объем работ, дефицит технических средств и производственных возможностей для подготовки поверхности металла под окраску механическими и химическими методами, недостаточный объем производства антикоррозионных грунтовок, содержащих дорогостоящие пассивирующие пигменты и их экологическая вредность обуславливают поиск новых антикоррозионных материалов и методов защиты прокорродировавшей стали.

Качественная подготовка поверхности изделия под покрытие является одним из основных условий, обеспечивающих получение покрытия с высоким защитными свойствами и длительной работоспособностью[2-3]. Известно, что в основном два фактора определяют антикоррозионные свойства лакокрасочных покрытий: изоляция металла от внешней среды и взаимодействие стальной подложки металла с лакокрасочной пленкой. Причем, значение адгезии к металлу очень велико, поскольку если адгезия нарушается, происходит потеря защитного действия лакокрасочного покрытия, несмотря на ее другие свойства.

Специфика применения полимерных покрытий в нефтегазовой отрасли заключается в многообразии одновременно выполняемых функций. Поэтому создать покрытие с требуемым комплексом свойств на основе одного материала сложно и возникает необходимость в конструкциях из различных материалов, каждый из которых формирует определенные свойства покрытия. Направленно изменяя конструкцию покрытия, можно получать требуемое сочетание свойств на основе серийно выпускаемых материалов[4-5].

Изучения влияния температуры отверждения на адгезию модифицированных эпоксисилитановых покрытий проводилось на образцах, отвержденных при температуре 20,30,40,50,60,80 и 100°C. Результаты испытаний, представленные на (рисунок 1) показывают, что наибольшей адгезией при адгезионном характере отрыва обладают составы с вермикулитом и слюдой в качестве наполнителей. Величина адгезий этих покрытий при 80°C возрастает почти до 10МПа, после чего ее рост прекращается и даже отмечается снижение.

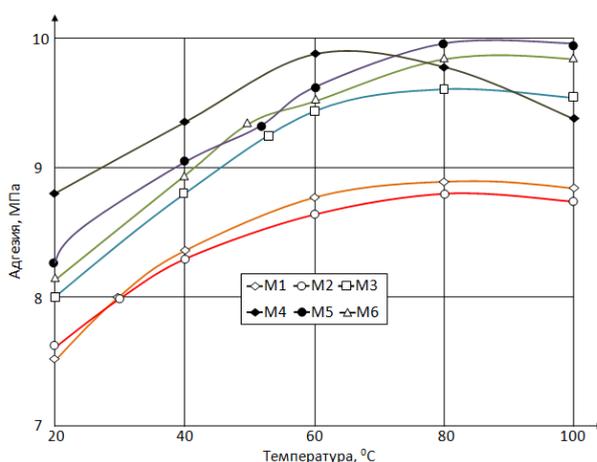


Рисунок – 1 Влияние температуры отверждения эпоксисилитанового покрытия величину адгезии.

Изменение величины адгезии со временем представлены на (рисунки 2-5). Образцы с покрытием из различных композиций выдерживались при температурах 25 и 60°C и влажности воздуха 30и 80% до 30 дней. У всех композиций отмечалось наибольшее падение адгезионной прочности в районе 3-5 дня и после этого темп падения адгезионной прочности замедлялся, а в дальнейшем падение практически прекращалось. Однако при сравнении результатов исследований необходимо отметить, что увеличение влажности с 30% до 80% снижает адгезионную прочность исследуемых композиций при температуре 25°C (рисунок4 и рисунок2) больше чем при температуре 60°(рисунки5 и3).

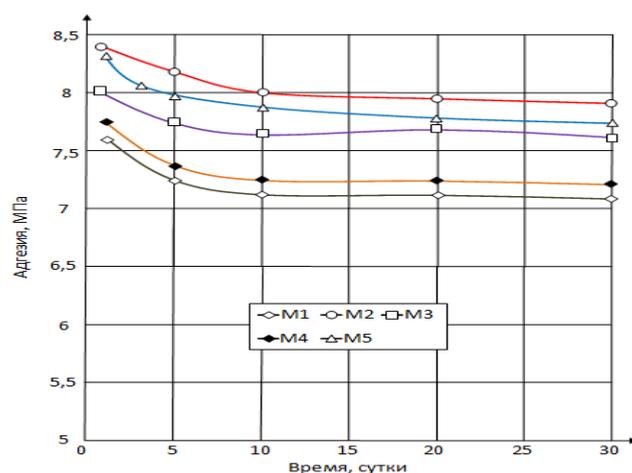


Рисунок – 2 Зависимость величины адгезии модифицированных эпоксисилитановых покрытий от времени при температуре 25⁰С и влажности 30%.

Исследование защитных свойств модифицированных эпоксисилитановых покрытий проводили в некоторых агрессивных средах, таких как 3% раствор NaCl, имитатор нефтепродуктов (50% изооктана по ГОСТ 4095-75, 30% ксилола по ГОСТ 9949-76 и 20% толуола по ГОСТ 9880-76) и вода техническая, растворы которых имеют контакт с наиболее обширными площадями оборудования и трубопроводов, нуждающихся в защите.

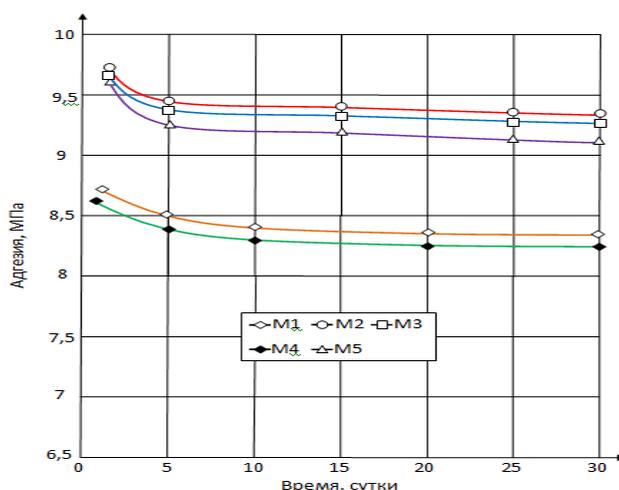


Рисунок – 3 Зависимость величины адгезии модифицированных эпоксисилитановых покрытий от времени при температуре 60⁰С и влажности 30%.

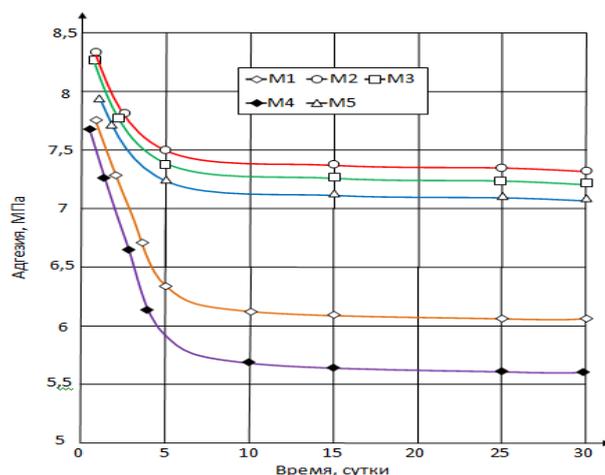


Рисунок – 4 Зависимость величины адгезии модифицированных эпоксисилитановых покрытий от времени при температуре 25⁰С и влажности 80%.

Оценка защитных свойств производилась по данным изменения внешнего вида и массы, физико-механических свойств и адгезии, а также электросопротивления и наличия подпленочной коррозии после экспонирования образцов в агрессивных средах.

Для этого проведены исследования защитных свойств модифицированных эпоксисилитановых покрытий в воде при различной температуре. Исследование защитных свойств модифицированных эпоксисилитановых покрытий показали их высокие защитные свойства как при 25⁰С, так и при 60⁰С.

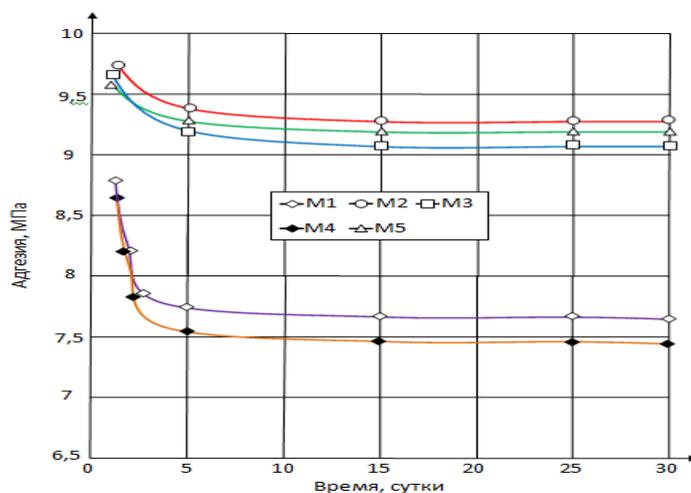


Рис.5 Зависимость величины адгезии модифицированных эпоксисилитановых покрытий от времени при температуре 60⁰С и влажности 80%.

Литература

1. Кесельман Г.С. Экономическая эффективность предотвращения коррозии в нефтяной промышленности. М.: Недра, 2008,169с.
2. Розенфельд И.Л., Рубинштейн Ф.И. Антикоррозионные грунтовки и ингибированные лакокрасочные покрытия. М.: Химия, 2000,346с.
3. Яковлев А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий. Л.:Химия,2001,312с
4. Абзалова Д.А., Накипбекова Г.Б., Наушабекова А.Е, Ключин Д.В., Сырманова К.К. Новые покрытия с низким содержанием летучих органических соединений Журнал

«Наука и образование Южного Казахстана», серия «Химия и хим. технология. Процессы и аппараты, 2007, № 5-6(64-65), с.103-105

5. K.K. Syrmanova, El-Sayed M. Negim A. M. Tuleuov, G.Sh.Erkebayeva. The development of composite polymer materials for anti-corrosion protection of oil and gas pipelines Труды международной конференции «Application of Efficient & Renewable Energy Technologies in Low Cost Buildings and Construction». International Conference & Exhibition. Анкара, Турция, 2013, с. 486-490.

References

1. Kesel'man G.S. Ekonomicheskaya effektivnost' predotvrashcheniya korrozii v neftyanoy promyshlennosti. M.: Nedra, 2008, 169s.

2. Rozenfel'd I.L., Rubinshteyn F.I. Antikorrozionnye gruntovki i ingibirovannye lakokrasochnye pokrytiya. M.: Khimiya, 2000, 346s.

3. Yakovlev A.D. Khimiya i tekhnologiya lakokrasochnykh poriytiy. L.: Khimiya, 2001, 312s

4. Abzalova D.A., Nakipbekova G.B., Naushabekova A.E, Klyuzhin D.V., Syrmanova K.K. Novye pokrytiya s nizkim sodержaniem letuchikh organicheskikh soedineniy Zhurnal «Nauka i obrazovanie Yuzhnogo Kazakhstana», seriya «Khimiya i khim. tekhnologiya. Protsessy i apparaty, 2007, № 5-6(64-65), s.103-105

5. K.K. Syrmanova, El-Sayed M. Negim A. M. Tuleuov, G.Sh.Erkebayeva. The development of composite polymer materials for anti-corrosion protection of oil and gas pipelines Trudy mezhdunarodnoy konferentsii «Application of Efficient & Renewable Energy Technologies in Low Cost Buildings and Construction». International Conference & Exhibition. Ankara, Turtsiya, 2013, s. 486-490.

УДК 541.138

UDC 541.138

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦИОННОГО АППАРАТА ДЛЯ ЭКСТРАЦИИ ЖИРНЫХ КИСЛОТ RESULTS OF APPLICATION OF ROTOR-PULSATION VEHICLE FOR ЭКСТРАЦИИ OF FAT ACIDS

**Голубев В.Г., Бондаренко В.П., Джусенов А.У., Кутжанова А.
Golubev V. G., Bondarenko V. P., Guseinov A.U., Kutzhanova A.**

Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
M.Aueзов South-Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
golubev_50@mail.ru

Резюме

В настоящей работе предлагается информация по исследованию роторно-пульсационного аппарата в процессе экстракции жирных кислот, используемых в качестве составляющих триботехнических и смазывающих добавок при проведении буровых работ. Предложена конкретная конструкция аппарата, описан принцип его функционирования и исследованы его конструктивные и режимные параметры, позволяющие использовать данную конструкцию для максимального извлечения жирных кислот. Определено влияние таких конструктивных параметров, как ширина прорезей ротора, длина зоны рифления на степень экстракции ЖК. Определено влияние

длины зоны рифления на остаточное содержание ЖК в жировой смеси и степень экстракции примесей, влияние соотношения «смесь компонентов – экстрагент» на степень экстракции и чистоту ЖК, зависимость степени экстракции ЖК и посторонних примесей от полезной мощности РПА, влияние продолжительности гидромеханического воздействия на степень экстракции ЖК и посторонних примесей. Установлено, что увеличение степени экстракции ЖК и посторонних примесей наблюдается до значений ширины прорезей 10 мм. При ширине прорезей ротора 12 мм для ЖК показатели не меняются, а количество экстрагируемых примесей увеличивается. Кроме того, наблюдается резкое увеличение полезной мощности на конечной стадии экстрагирования, когда требуется достичь максимальной степени экстракции.

Abstract

In the present work provides information on research rotor - pulsation apparatus in the process of extraction of fatty acids used as components of tribological and lubricating additives in drilling operations. Proposed specific design of the apparatus described the principle of its operation, and explored its design and operating parameters, allowing the use of this design for maximum extraction of the fatty acids. The influence of these positive parameters, as the width of the slits of the rotor, the length of the zone of the corrugations on the degree of extraction of the LCD. The influence of the length of the zone of the corrugations on the residual content of FA in the fat mixture and the degree of extraction of impurities, the effect of the ratio "a mixture of components – extractant" on the degree of extraction and the purity of the LCD, the degree of extraction of LCD and impurities from the useful capacity of the RPA, the effect of the duration of the hydromechanical effects on the degree of extraction of LCD and impurities to the observed widths of the slits 10 mm. When the width of the slits of the rotor 12 mm for LCD indicators do not vary, and the amount of extractable impurities increases. In addition, there has been a sharp increase in the net power at the final stage of the extraction when you want to reach the highest level of extraction.

Ключевые слова: жирные кислоты, аппарат, исследования, конструкция, параметры, экстракция, процесс, воздействие, степень, зависимость.

Key words: fatty acids, apparatus, research, design, parameters, extraction, process, impact, degree, dependence.

Для производства химических реагентов и для стабилизации свойств буровых растворов используется сырьевая база промышленности органического синтеза, включающая в себя следующие источники сырья: сырье растительного и животного происхождения, твердые горючие ископаемые, нефть и природный газ [1-3].

Сырьевым источником растительного и животного происхождения могут являться жиры и масла, которые состоят из смешанных триглицеридов жирных кислот (ЖК). Растительные жиры используются в пищевой промышленности, в производстве пленкообразователей, для изготовления мыла, ПАВ, для жирования кож, изготовления лекарственных препаратов. Однако, отходы, которые образуются при их производстве, также можно использовать для производства ряда ценных продуктов с большой экономической выгодой.

ЖК из растительного и животного сырья в промышленности получают гидролизом жиров, нагревая их с водой до 200-225°C при повышенном давлении (безреактивный способ) или нагреванием при нормальном давлении в присутствии сульфокислот. Для получения ЖК используют также соапстоки - побочный продукт, образующийся при щелочной рафинации растительных масел и содержащий водный раствор мыл (продуктов нейтрализации щелочью свободных ЖК), масло, соединения фосфора (фософолипиды), красящие вещества, механические примеси и др. [4]. Другим источником получения ЖК могут служить фосфатиды или фосфолипиды, также являющиеся побочными продуктами производства растительных масел. Еще

более перспективным представляется использование ЖК госсиполовой смолы – отхода переработки хлопкового масла, содержание которых в смоле достигает 50-60%. Проблема утилизации госсиполовой смолы является актуальной и требует решения, тем более эффективно ее использование стабилизации свойств буровых растворов. Поэтому предприняты попытки применения в качестве исходных продуктов смесей ЖК, получаемых из других источников [3].

Как было установлено ранее, при проведении процесса в смесительно-отстойном экстракторе периодического действия удастся извлечь за четыре ступени экстракции (в течение 800 с) 93% относительно чистых ЖК из жировой смеси ГС. Для интенсификации процесса экстракции необходимо увеличить поверхность контакта фаз, при этом уменьшение размера капель обеспечит улучшение условий массоотдачи от поверхности капель к экстрагенту. Важно не просто увеличить относительную скорость движения фаз, сколько обеспечить участие в процессе всей поверхности частиц. Одним из способов интенсификации массопереноса в гетерогенных системах жидкость - жидкость является проведение процесса в режиме гидродинамической неустойчивости межфазной поверхности, что при определенных условиях приводит к образованию поверхностных вихревых структур. Вследствие интенсивной мелкомасштабной конвекции вблизи межфазной границы происходит ускорение массопереноса как раз в области, которая обычно лимитирует процесс переноса вещества. Одним из возможных и перспективных вариантов экстракций может явиться использование роторно-пульсационного аппарата-РПА[3-4].

На основании проведенных исследований установлен режим для экстракции свободных ЖК из исследуемой смеси бензином: объемное соотношение «смесь:бензин» - 1:8, температура – 60 °С, интенсивность перемешивания – $Rem=4000$, время экстракции – 300 с для каждой ступени экстракции, однако число ступеней экстракций для достижения указанных выходов ЖК (до 95%) должно быть выше 4 и при этом в состав ЖК перейдет до 9% примесей из смеси жировых компонентов госсиполовой смолы. Поэтому в дальнейших исследованиях предполагается интенсифицировать процесс экстракции путем увеличения движущей силы процесса и уменьшения сопротивления его протеканию. Одним из возможных и перспективных вариантов экстракций может явиться способ, основанный на бензиновой обработке влажной смеси компонентов госсиполовой смолы в РПА[4]. В РПА реализуется метод дискретного, многофакторного воздействия на химико- технологические процессы, принцип работы которых основан на нестационарности потоков вещества, энергии и импульса. Низкая энергоемкость РПА обусловлена тем, что обрабатываемая среда является одновременно и источником, и объектом гидромеханических колебаний. В данных аппаратах отсутствуют промежуточные трансформаторы энергии, механическая энергия непосредственно преобразуется в акустическую и кавитационную энергию, благодаря чему коэффициент полезного действия аппарата достаточно высок [3]. В аппаратах такого класса обрабатываемые продукты подвергаются активному гидродинамическому воздействию, которое обеспечивается большими знакопеременными нагрузками, кавитацией, сдвиговыми напряжениями в радиальном зазоре между поверхностями рабочих органов аппарата и т.п. Кроме того, частицы обрабатываемого сырья при прохождении через прерыватель аппарата подвергаются дополнительному измельчению, что положительно отражается на скорости извлечения целевого продукта.

Экстрагирование с помощью РПА основано на циркуляции обрабатываемой среды при различной кратности твердой и жидкой фаз.

РПА состоит из корпуса 1, в котором концентрично размещены статор 2 и ротор 3, установленный на валу 4. Рабочие органы ротора 3 и статора 2 имеют несколько конических кольцевых перфорированных выступов 5. Дистанционные кольца 6 для регулировки зазора устанавливаются в месте крепления статора 2 к корпусу 1 и в месте

упора ротора 3 при посадке его на вал 4. Ротор 3 устанавливается на валу 4 с использованием шпонки 7, срезающейся при превышении значения крутящего момента заданной величины (рис.1).

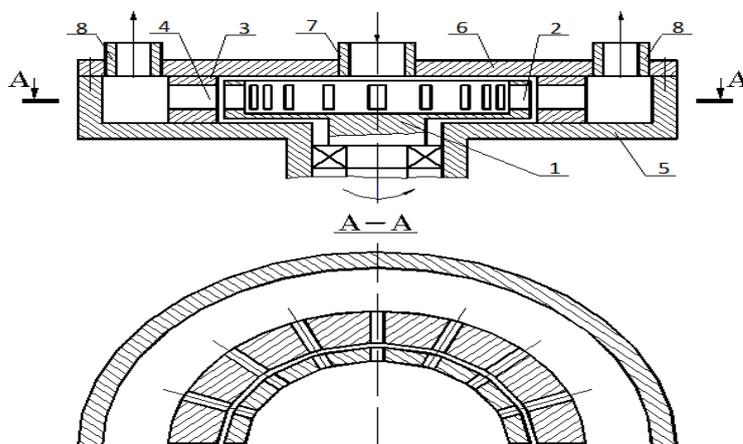


Рисунок 1 – Роторно-пульсационный аппарат

Аппарат работает следующим образом. Обрабатываемая среда поступает в центральную часть аппарата и под действием центробежных сил проходит в зазор между ротором 3 и статором 2. За счет удара частиц об образованные прорезями зубья ротора 3 и статора 2, а также сдвиговых напряжений, возникающих в зазоре, происходит их дробление. Пройдя рабочую зону 8, смесь попадает во внешнюю камеру 9 и выводится из аппарата. Изменяя число или толщину колец 6 можно регулировать величину осевого и радиального зазора между кольцевыми перфорированными выступами 5 рабочих органов ротора 3 и статора 2. Шпонка 7 срезается при попадании посторонних предметов в рабочую зону и превышении значения крутящего момента заданной величины.

В качестве параметров, характеризующих эффективность процесса экстракции, выбраны: ширина прорезей ротора и статора. Ширина прорезей ротора исследована в четырех значениях – 4, 6, 8 и 10 мм; ширина прорезей статора была зафиксирована на уровне 10 мм; зазор между ротором и статором составлял 2 мм. Предварительные исследования процесса экстракции проводили при следующих параметрах: отношение смесь: бензин–1:8, продолжительность экстракции – 5 мин.

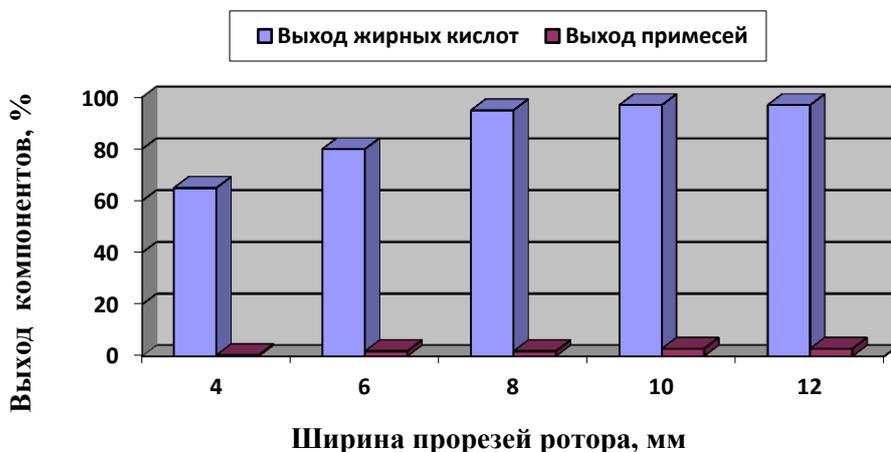
На рис. 2. представлена зависимость степени экстракции ЖК и посторонних примесей при различной ширине прорезей ротора. Увеличение степени экстракции ЖК и посторонних примесей наблюдается до значений ширины прорезей 10 мм. При ширине прорезей ротора 12 мм для ЖК показатели не меняются, а количество экстрагируемых примесей увеличивается.

Аналогичные зависимости получены при исследовании ширины прорезей статора, поэтому в основной серии опытов ширина прорезей статора и ротора составляла 10 мм.

Наряду с этими были проведены исследования по влиянию длины зоны рифления на степень экстракции. На рисунке 3 представлены зависимости остаточного содержания ЖК в жировой смеси и степени экстракции примесей из неё от основных геометрических параметров ротора и статора аппарата.

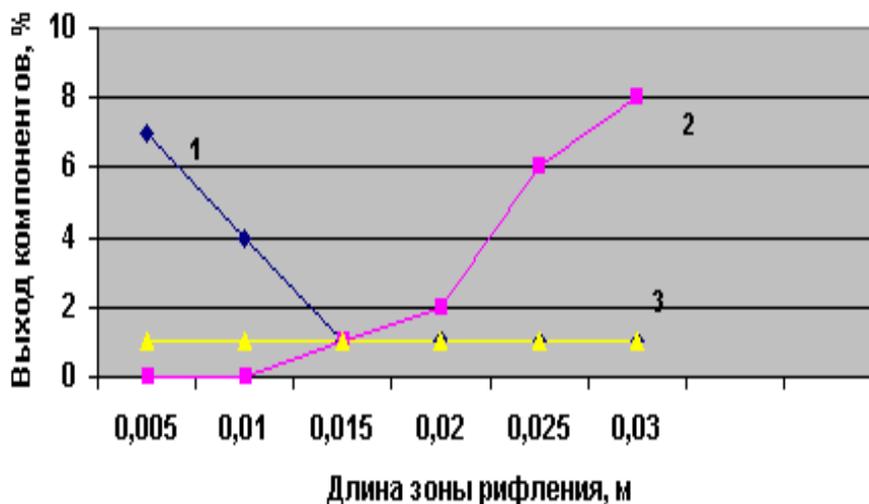
Установлено, что увеличение угловой скорости вращения ротора более 50 с⁻¹ нецелесообразно, так как это связано с большими затратами энергии. При частоте вращения ниже 30 с⁻¹ для обеспечения требуемого режима диспергирования необходимо либо увеличить число выступов ротора и статора, количество которых ограничено по аналогии с дисковыми мельницами, либо увеличить длину зоны

рифления, которая определяется разницей между диаметром ротора и входным патрубком насоса, на базе которого изготовлен РПА.



Условия: диаметр ротора 0,125 м, отношение смесь : бензин – 1 : 5, продолжительность экстракции – 5 мин, ширина прорезей статора – 10 мм; зазор между ротором и статором – 2 мм.

Рисунок 2 - Влияние ширины прорезей ротора на степень экстракции ЖК (1) и посторонних примесей (2)



Условия: диаметр ротора 0,125 м, температура – 20оС, отношение смесь : бензин – 1 : 5, продолжительность экстракции – 5 мин, частота вращения ротора - 40 с⁻¹; 1 - остаточное содержание ЖК в жировой смеси, 2 - степень экстракции примесей, 3 – допустимое содержание компонентов.

Рисунок 3 - Влияние длины зоны рифления на остаточное содержание ЖК в жировой смеси и степень экстракции примесей

Дальнейшие экспериментальные исследования были проведены с целью определения влияния соотношения реакционной смеси : бензин на степень экстракции.

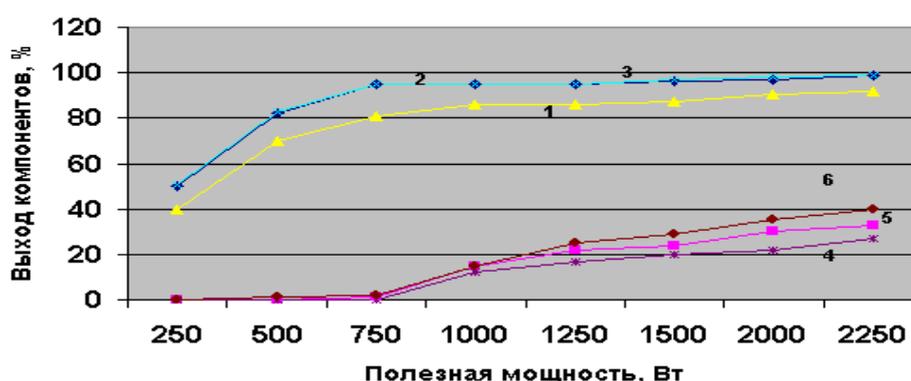
В таблице 1 представлены результаты исследования влияния соотношения «смесь компонентов – экстрагент» на степень экстракции и чистоту ЖК.

Таблица1 Влияние соотношения «смесь компонентов – экстрагент» на степень экстракции и чистоту ЖК*

Компонент	Степень экстракции ЖК и посторонних примесей, %							
	Соотношение реакционная смесь : бензин							
	1:1	1:3	1:5	1:6	1:8	1:9	1:10	1:12
Жирные кислоты	45	88	96	97	97	97	98	98
Госсипол и его производные	следы	следы	2	5	7	9	9	9
Неидентифицированные примеси	следы	следы	2	2	4	5	7	8

*Условия: диаметр ротора 0,125 м, продолжительность экстракции – 5 мин, ширина прорезей ротора –10 мм; ширина прорезей статора – 10 мм; зазор между ротором и статором – 2 мм.

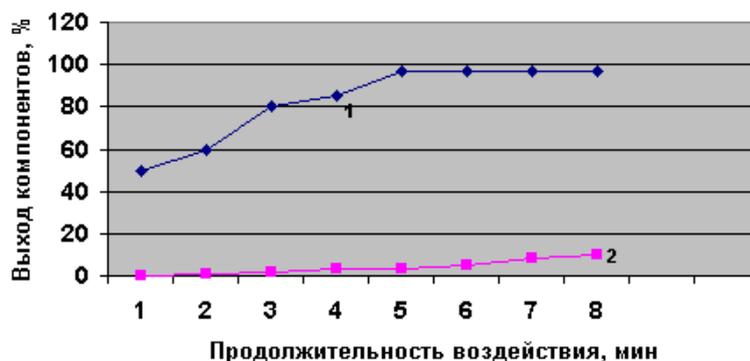
Полученные данные свидетельствуют о значительном влиянии используемого метода экстракции на конечный результат: происходит интенсификация процесса (по сравнению с смесительно-отстойным экстрактором), уже при соотношении «смесь компонентов – экстрагент», равном 1 : 5, степень экстракции и чистота ЖК максимальны, а при увеличении этого соотношения до 1 : 6 и выше в бензин начинают переходить госсипол, его производные и неидентифицированные примеси, загрязняя целевой продукт. Поэтому в дальнейшем использовали соотношение «смесь компонентов – экстрагент», равное 1 : 5, что позволило сократить расход экстрагента и уменьшить расходы на его отгонку и регенерацию. Содержание примесей при этом достаточно высоко, поэтому необходимо исследовать и другие факторы, влияющие на процесс. Исследовалось влияние полезной мощности РПА и времени гидромеханического воздействия на степень экстракции ЖК и посторонних примесей. На рисунке 4 представлен график зависимости степени экстракции ЖК и посторонних примесей от полезной мощности РПА. Анализ кривых показывает, что с увеличением полезной мощности РПА степень экстракции ЖК и посторонних примесей увеличивается. Проведённые экспериментальные исследования в РПА с различными геометрическими параметрами ротора и статора позволяют утверждать об их влиянии на степень экстракции. Наблюдается резкое увеличение полезной мощности на конечной стадии экстрагирования, когда требуется достичь максимальной степени экстракции.



Условия: диаметр ротора 0,125 м, отношение смесь : бензин – 1 : 5, продолжительность экстракции – 1,4 - 3 мин; 2,5 – 5 мин, 3,6 – 6 мин; ширина прорезей ротора –10 мм; ширина прорезей статора – 10 мм; зазор между ротором и статором – 2 мм. 1,2,3 – ЖК, 4,5,6 – примеси.

Рисунок 4 - Зависимость степени экстракции ЖК и посторонних примесей от полезной мощности РПА

Также проведены исследования по влиянию продолжительности гидромеханического воздействия на степень экстракции ЖК и посторонних примесей (рис.5).



Условия: диаметр ротора 0,125 м, отношение смесь : бензин – 1 : 5, продолжительность экстракции – 5 мин, ширина прорезей статора – 10 мм; зазор между ротором и статором – 2 мм.

Рисунок 5 - Влияние продолжительности гидромеханического воздействия на степень экстракции ЖК (1) и посторонних примесей (2)

Наряду с этими были проведены исследования по влиянию длины зоны рифления на степень экстракции. На рисунке 6 представлены зависимости остаточного содержания ЖК в жировой смеси и степени экстракции примесей из неё от основных геометрических параметров ротора и статора аппарата.

Установлено, что увеличение угловой скорости вращения ротора более 50 с⁻¹ нецелесообразно, так как это связано с большими затратами энергии. При частоте вращения ниже 30 с⁻¹ для обеспечения требуемого режима диспергирования необходимо, либо увеличить число выступов ротора и статора, количество которых ограничено по аналогии с дисковыми мельницами, либо увеличить длину зоны рифления, которая определяется разницей между диаметром ротора и входным патрубком насоса, на базе которого изготовлен РПА.

Таким образом, полученные результаты позволили получить объективные данные, характеризующие эффективность процесса экстракции в роторно-пульсационном аппарате и рекомендовать его использование с полученными конструкционными и режимными параметрами.

Литература

1. Чичинадзе А.В., Браун Э.Д., Буше Н.А. и др. Основы трибологии (Трение, износ, смазка) Учебник для технических вузов.-2 изд. перераб. и доп. – М.:Машиностроение,2001. – 644с.
2. Тетюльников В. Н., Науменко П.В., Товбин И.М., Фанчев Г.Г. Технология жиров. - М.: Пищевая пром-сть, 1970. - с. 121
3. Freedomia group "Corrosion inhibitors bloom". – Chem. Week. – 2008. – 160. – № 2. – Р.23.
4. Орлов, С.Е. Исследование эффективности роторно-пульсационного аппарата в процессе экс-тракции лигнина из недревесного растительного сырья / С.Е. Орлов, В.В. Будаева, А.А. Кухленко, А.Г. Карпов, М.С. Василишин, В.Н. Золотухин // Ползуновский вестник. – 2010. – № 4-1. – С. 183-188.
5. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии: 2-е изд., перераб. и доп. / Г.Д. Кавецкий, Б.В.Васильев. - М.: Колос. - 1999. - 551 с.

References

1. Chichinadze A.V., Braun E.D., Bushe N.A. i dr. Osnovy tribologii (Trenie, iznos, smazka) Uchebnik dlya tekhnicheskikh vuzov.-2 izd. pererab. i dop. – M.: Mashinostroenie, 2001. – 644s.
2. Tetyunnikov V. N., Naumenko P.V., Tovbin I.M., Fanchev G.G. Tekhnologiya zhиров. - M.: Pishchevaya prom-st', 1970. - s. 121
3. Freedomia group "Corrosion inhibitors bloom". – Chem. Week. – 2008. – 160. – № 2. – P.23.
4. Orlov, S.E. Issledovanie effektivnosti rotorno-pul'satsionnogo apparata v protsesse eks-traktsii lignina iz nedrevesnogo rastitel'nogo syr'ya / S.E. Orlov, V.V. Budaeva, A.A. Kukhlenko, A.G. Karpov, M.S. Vasilishin, V.N. Zolotukhin // Pol- zunovskiy vestnik. – 2010. – № 4-1. – S. 183-188.
5. Kavetskiy G.D. Protssesy i apparaty pishchevoy tekhnologii: 2-e izd., pererab. i dop. / G.D. Kavetskiy, B.V. Vasil'ev. - M.: Kolos. - 1999. - 551 s.

ӘОЖ 665.6;665:77

UDC 665.6;665:77

МҰНАЙБИТУМ ЖЫНЫСТАРЫНАН ОРГАНИКАЛЫҚ МАССАСЫН БӨЛҮДІҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫН МОДЕЛЬДЕУ

SIMULATION TECHNOLOGY FOR ISOLATION OF THE ORGANIC OF THE BITUMEN ROCK

**Есиркепова М.М., Бейсенбаев О.К., Шакирова А.Б., Карабаев Ж.А.
Yessirkerova M.M., Beisenbaev O.K., Shakirova A.B., Karabaev Zh.A.**

М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент,
Қазақстан

M.Auezov South Kazakhstan State university, Shymkent, Kazakhstan

Түйіндеме

Мақалада мұнайбитумжыныстарынан органикалық массасын бөлудің технологиясы келтірілген және сол технологияны моделдеу жасалынған. Бұл мәселе қазіргі таңда көкейкесті болып табылады. Мақалада органикалық массасын бөлудің жаңа технологиялық сызбасы келтірілген. Кинетикалық модель бөліну процесінің барысын дұрыс сипаттайды. Сонымен бірге бұл күрделі процестің химиялық тәсілі және алынған есептік тәуелділік формальды түрде жаман емес нәтижелер береді. Қатты бөлшектерден тұратын қоспадан мұнай өнімдерін шығарудың кинетикасын сипаттау үшін мұнай өнімі мен сілтілік жұмыс ерітіндісінің химиялық өзара әрекеттесуінің маңыздылығына сүйене отырып алынған математикалық моделін ұсындық.

Summary

This article describes the technology of isolation of the organic mass of rocks neftebituminoznyh and modeling technology. The problem at the moment is urgent. The article describes the process flow diagram separation of the organic mass. As surface active agents used and uniflok NaOH. The kinetic model describes the process of separation. At the same time, the methods of a complex chemical process, and the resulting dependence with good results. To describe the kinetics of release of oil from a mixture consisting of solid particles using chemical linkages schelechnyh solutions and the mathematical model.

Кілттік сөздер: мұнайбитум жынысы, органикалық масса, беттік белсенді заттар, битум, унифлок, флотация, модельдеу.

Keywords: bitumen rock, organic mass, surface active substances, bitumen, uniflok, flotation, simulation.

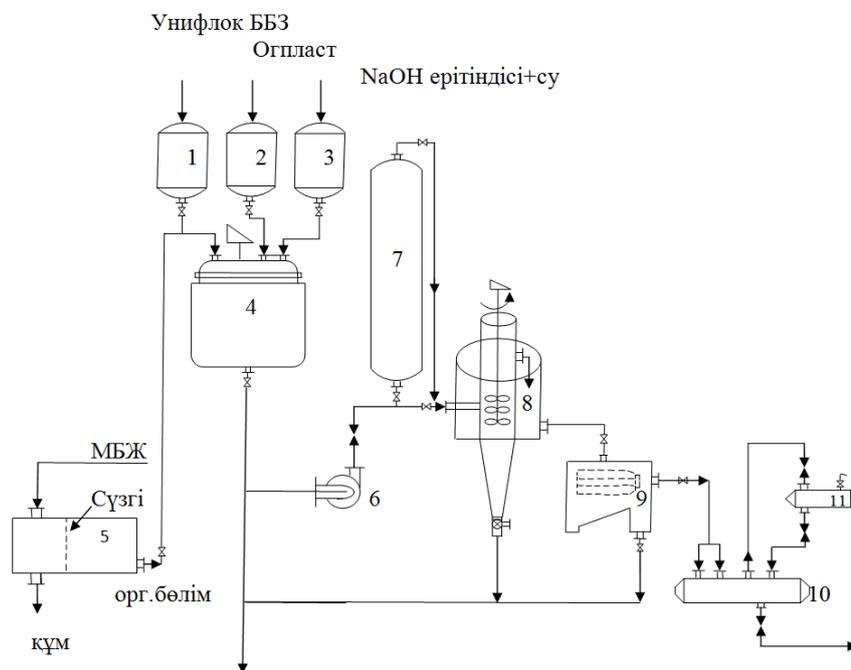
Мұнайбитумды жыныстардан органикалық бөлігін, минералды бөлігінен ажырату, қазіргі таңда күрделі өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Қазіргі таңда бұл мәселені шешуде бірнеше тәсілдер қолданылды, олар бензолда мұнайбитум жыныстардың органикалық бөлігін еріту арқылы бөліп алу, сілтімен өңдеу нәтижесінде беттік белсенді заттар өткізу арқылы ажырату радиациялық, ультрадыбыстық және т.б. Бұл процестің тиімділігін арттыру мақсатында мұнайбитум жыныстар комплексті тиімді тәсілдерді құрастыру қажет. Себебі келешекте дүние жүзінде мұнайдың сарқылу көмір, сланец және мұнайбитум жыныстарды өңдеу арқылы отын, битум алу процесін оңтайландыру жолдарын қарастыруда. Осыған орай қазіргі таңда мұнайбитум жыныстарда өңдеудің тиімді және оңтайлы әдісінің бірі, ол мұнайбитум жыныстардан минералды бөлігін органикалық бөлікті ажырату үшін біріншіден оның адгезиялық қасиетін төмендету, екіншіден оның органикалық бөлігін, яғни мұнайды беттік белсенді заттармен өңдеу арқылы, флотацияға бейімділігін артыру болып табылады. Үшіншіден флотациялық бөлімге кавитация мен акустикалық ағыстар әсері арқылы, яғни ультрадыбысты қолданып ажырату тиімді. Осыған орай процесстердің тиімділігін арттыру мақсатында оңтайлы комплексті технологиялық сызбасы құрастырылды (1 сурет).

4 реактордың араластырғышын қосып, мұнайбитум жыныстар оған NaOH ерітіндісі (3), унифлок (1), беттік белсенді заттар ерітінділері (2) қосылады. Реактор араластырғыш, бу немесе немесе ыстық су берілетін желдемшемен унифлок және беттік белсенді заттар ерітінділерін жабдықталған мұнайбитум жыныстарға қосу одан минералды бөлігін бөліп алуын үдетеді. Реактордағы (4) қоспаларды 10-15 минут араластырып беріледі. Сүзгінің жиімділігін арттыру үшін сүзгілеп берілетін қоспа сыйымдылықтың жоғарғы жағынан беріледі. 5 сүзгіге (5) мұнайбитум жыныстарды берген уақытта топырақ, құм және басқа да жыныстарды бөліп алғыш төмендегі кран жабық тұрады, оның белгілі бір мөлшері жиналғанда ғана кран ашылады. Органикалық масса (4) реакторға беріледі. Минералды бөліктік (құм, топырақ) бөлшектері беттік белсенді заттар унифлок және ультрадыбыс көмегімен 5 реактордан (5) соң ортадан тепкіш сеператоры (8) (цилиндрлі - конусты) қондырғыда ажыратылады.

Унифлок және беттік белсенді заттар (огпласт) әсерінен органикалық масса, біршама полимермен капсулаланып өзінің адгезиялық қасиетінен айырылады. Сол себепті ортадан тепкіш-сеператорда (8) ажыралған органикалық бөлікті тұндырғыш – центрифугаға беріледі. Онда толығымен минералды жыныстар ажыратылады. Минералды жыныстардан тазаланған органикалық масса сыйымдылықта (10) сақталады одан өңдеуге жіберілді.

Мұнайбитум жынысын пайдалануы бойынша құрылыстық, шатыр жасауға және жол жасауға арналған деп бөлінеді. Мұнайбитум жынысының топтық құрамы сапаның шартты көрсеткіштермен бейнеленуі нәтижесінде оның техникалық қасиеттерін алдын ала анықталады. Бұл көрсеткіштердің ең маңыздысы болып – пенетрация (иненің мұнайбитумға ену тереңдігі, жұмсартылу және балқу температуралары, мұнайбитумның созылу ерекшелігі). Дүниежүзілік тәжірибе көрсеткендей мұнайбитум көптеген жерлерде қолданылады: а) жол-құрылысында және өнеркәсіптің құрылыс салаларында жабынды материалдарын өндіру үшін тұтастырғыш компонент ретінде, гидротехникалық ғимараттарды оқшаулау үшін және т.б. ә) синтетикалық мұнай, сұйытылған газ, газойль және отын - энергетикалық өнеркәсіптің басқа да көмірсутектік шикізатының өнімдерін алу үшін; б) ванадий, никель және басқа да құнды металдарды өндіру кезінде; в) лак-бояғыш және электротехникалық өнеркәсіпте электротехникалық материалдар, коррозияға қарсы жабындыларға арналған

термотұрақты лактар және т.б. үшін [1-2]. Табиғи мұнайбитумның қолдану мүмкіндігінің кең спектрі өнеркәсіпте оның кешенді өндірумен өңдеуін болжайды. Мұнайбитумның маңызды босалқы қорлары Батыс Қазақстан территориясында Атырау, Ақтөбе және Ақтау облыстарында табылған, онда таушайыржынысының 100 астам кен орны тіркелген.



Сурет 1 - Мұнайбитум жыныстардан органикалық бөлігін бөлудің технологиясының сызбасы

Қатты бөлшектерден тұратын қоспадан мұнай өнімдерін шығарудың кинетикасын сипаттау үшін мұнай өнімі мен сілтілік жұмыс ерітіндісінің химиялық өзара әрекеттесуінің маңыздылығына сүйене отырып алынған математикалық моделін ұсындық. Нәтижесінде алынған экспоненциалды тәуелділік гетерогендік қоспадан жұмыс ерітіндісінің бетіне шығатын алынатын заттың шығу заңдылықтарын көрсету дәрежесі қанағаттанарлықтай. Осы тұста тәжірибелік мәліметтермен салыстыру көрсетіп отырғандай сілтілік ерітінді (мысалы жуылу реакциясы бойынша: $R-COOH + NaOH = R-COONa + H_2O$) еритін беттік белсенді заттар түзілу кинетикасын көрсететін k_1 жылдамдығының константасы автокатализаторлық реакция жылдамдығының k_2 константынан әлде қайда аз. Сондықтан, автокатализаторлық реакция бастала салысымен жоғары жылдамдыққа жұмыс жасайды.

Битумның айтарлықтай жақсы шығуын қамтамасыз ететін беттік белсенді заттар минималды концентрациясы $C = 0,005$ мас. %, яғни, 1 л жұмыс ерітіндісіне 50 мг. беттік белсенді заттар түзілуіне арналған органикалық қышқылдың эквимолярлық мөлшері жоғарыда көрсетілген реакция бойынша, шамамен 350-400 мг құрайды (молекулалық салмақ шамамен 300-дей болғанда) [1-3]. Битумдалған күм мен ерітіндінің қатынасы 1:5 болған кезде бір литр ерітіндіге 25-30 г битумнан келеді. Осылайша, битум құрамында 1,5 % мкарбон және нафтен қышқылдары болса, 0,04 мас.%-ға дейінгі концентрацияда тиісті беттік белсенді заттардың түзелуі үшін жеткілікті. Сілтінің орнына жұмыстық ерітіндіге 0,04 мас.% жасанды беттік белсенді заттар салып жүргізген арнайы тәжірибе көрсеткендей, осындай мөлшердегі беттік белсенді заттар жыныстан 90 %-дан астам битум шығуына негіз болады.

Тәжірибелік нәтижелермен сәйкестігі қанағаттанарлық болатындығына қарамастан, химиялық өзара әрекеттестіктерге негізделген модель көп фазалық жүйеде

болып жатқан процестердің физикалық мәнісін көрсетпейді, атап айтар болсақ, компоненттердің масса алмасуымен байланысты процестердің. Химиялық реакциялар жылдамдығының екі константасы да k_1 және $k_2 > 0$ болғандықтан, онда химиялық моделге сәйкес, мұнай өнімі бөліну процесінің бірінші минутынан бастала беруі керек. Алайда әртүрлі мұнай өнімдері шығуының тәжірибелік жолмен алынған қисықтарының ерекше тұсы аздаған иілу бұрышы бар бастапқы учаскенің азды немесе көпті дәрежеде көрініс беруі болып табылады. Бұл осы кезде бөліну жылдамдығы ойдағыдай білдіреді. Жылы жұмыс ерітіндісімен жүргізілген тәжірибелерде бұл кезең бөліну жағдайларына байланысты 1-ден 10-минутқа дейін созылуы мүмкін (бөлме температурасында одан да ұзағырақ). Оның ұзақтығы ультрадыбыстың қуаттылығы мен сілтілік қоспалардың концентрациясына қатты тәуелді (ең қысқа кезең – қуатты реакторда және натрий силикатының 6% ерітіндісінде).

Мұндай кідіріс механизмінің химиялық немесе физика-химиялық табиғаты бар. Бірінші жағдайда ол сонохимиялық реакциялар нәтижесінде битум компоненттері мен беттік белсенді қасиеттерге ие аралық өнімдердің жұмыстық ерітіндісінің түзілуіне тәуелді [4-7]. Түзілген беттік белсенді заттар битум тамшыларының үзілуіне және қоспаның бөлінуіне ықпал етеді. Ерітіндіде беттік белсенді заттардың жинақталуына байланысты бөліну процесі жылдамдайды, және кинетикалық қисықтың иілу бұрышының тангенсі жылдам артады.

Екінші жағдайда кідіріс бастапқы кезеңде жаңа жұмыс ерітіндісінде битумның бір бөлігінің еріп кетуімен (шынайы ерітіндінің немесе өте төзімді, ерітінді тәріздес микроэмульсияның тзілуімен) байланысты болуы мүмкін. Осындай ерітінді қаныққан соң ғана екінші кезең басталады да оның бетіне битум шығады. Жұмыс ерітіндісіндегі сілтілік қоспалардың әртүрлі концентрациясымен алынған тәжірибелік мәліметтер көрсеткендей, ерітіндінің түсі қаныққан сайын және оптикалық тығыздығы артқан сайын битумның шығуы соншалықты төмендей береді. Битумның қаншалықты көп бөлігі ерітіндіге айналған сайын, бастапқы кезеңнің ұзақтығы да соншалықты ұзара түседі. Бірінші және екінші механизм де ерітіндіні қайтадан пайдаланған кезде бастапқы кезеңде битум шығуының жылдамдығы артқанын түсіндіреді (бірінші жағдайда екінші рет пайдаланылып отырған ерітіндіде бірінші пайдаланғанда ақ түзілген беттік белсенді заттар болған, екінші жағдайда ол бірінші сатыда битуммен қаныққан).

Жаңа ерітіндіне және химиялық әрекеттесудің нәтижесінде беттік белсенді заттар түзеліп қойған өңделген, пайдаланылған жұмыс ерітіндісінің тәжірибелері нәтижесін салыстыра келе байқағанымыздай, олардың түзілуі үшін бірнеше минуттардай-ақ уақыт қажет. Соған сәйкес, бөлінудің біршама ұзақ процесінде (бір сағатқа дейін және одан да ұзақ) мұнай өнімі шығуының заңдылықтары гетерогенді жүйе компоненттерінің кинетикасымен анықталады. Осыған байланысты, бөлінетін жүйедегі масса ауысу процестерінің лимиттеуші рөліне негізделген басқа модель эзірленді.

Алдымен мұнай өнімдері компоненттері мен беттік белсенді заттардың түзілуіне жауапты сілтілік ерітінді арасындағы химиялық процестердің маңызды рөліне негізделген модельдің шешімі алынды.

Бұдан бұрын айтып кеткеніміздей, жүргізілген экспериментте битум шығуының кинетикалық қисығы жаратылатын реагент мөлшерінің автокатализаторлық реакцияға тән уақытқа тәуелділігін сипаттайтын S –тәріздес формада болды. Мұндай реакцияның битумды ажырату процесіне қолданылатын дифференциалды кинетикалық теңдеуі төмендегідей болады:

$$\begin{aligned} dm/dt &= k_1(m_0 - m) + k_2(m_0 - m)m && \text{немесе} \\ dM/dt &= k_1(1 - M) + k_2(1 - M)M, && (1) \end{aligned}$$

бұл жердегі: $M = m/m_0$, m – шыққан битумның мөлшері, m_0 – өңделетін қоспадағы битумның жалпы мөлшері, k_1 және k_2 – реакция жылдамдығының константтары. Кинетикалық теңдеудің оң жағындағы бірінші қосынды бірінші қатардағы қарапайым

рекцияны білдіреді. Екіншісі – екінші константаның туындысы ретінде берілген автокатализаторлық реакцияны білдіреді, мұнай битумдалған жыныстағы қалған битумның мөлшері ($m_0 - m$) және шыққан битумның мөлшері m . Жиіктік шарттар $t = 0$ болған жағдайда $m = 0$, және $t \rightarrow \infty$ болғанда $m \rightarrow m_0$. Бұл теңдеудің анализдік шешуі мұнай өнімі шығуы үшін келесі тәуелділік түрінде алынды:

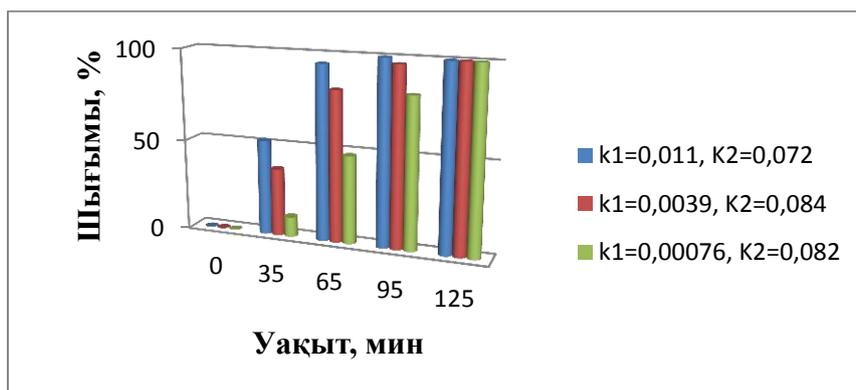
$$M = \frac{\exp(k_1 + k_2)t - 1}{\exp(k_1 + k_2)t - 1 + (k_1 + k_2)/k_1} \quad \text{немесе}$$

$$M = [\exp(kt) - 1]/[\exp(kt) - 1 + k/k_1], \quad (2)$$

Бұл жерде: $k = k_1 + k_2$.

k_1 шамасы беттік белсенді заттар түзілуінің жылдамдығын анықтайды және сәйкесінше, уақыттың бастапқы кезеңінде кинетикалық қисықтың $M = f(t)$ иілу бұрышына көбірек әсер етеді, ал k_2 шамасы процестің ортасында автокатализаторлық реакция үшін эксперименталдық қисықтың иілу бұрышын арнықтайды. Егер бастапқы учаскеде иілу бұрышы айтарлықтай аз болса, яғни, $k_1 \ll k_2$ онда беттік белсенді заттар түзілу жылдамдығы айтарлықтай төмен және оның жылдамдығының шамасы k_1 бүкіл процестің кинетикасын лимиттейді.

2 суретте мұнай өнімі шығуы тәуелділіктерінің графиктері $M = f(t)$ пайыздық шамамен берілген, бұл шама k_2 жылдамдығы константалары тұрақты, ал k_1 мәндері әртүрлі болған кезде (2) теңдеу бойынша құрылған.

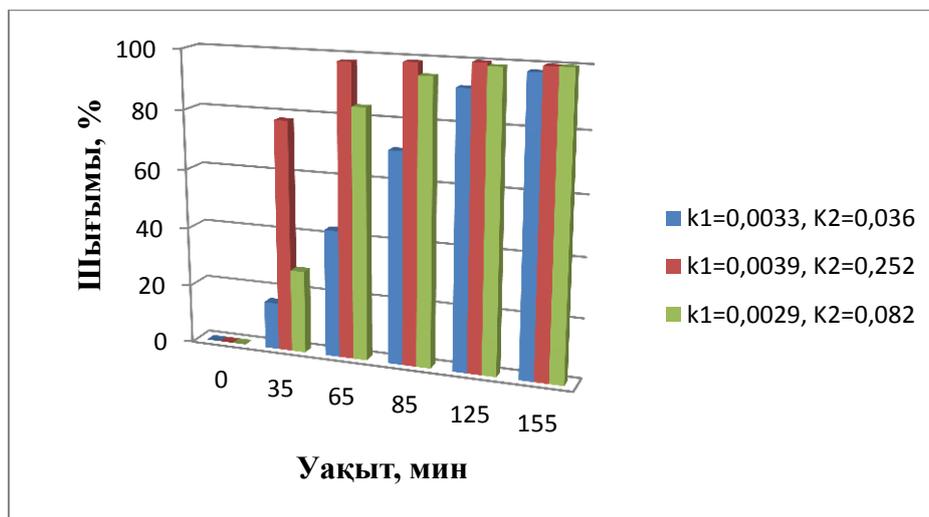


Сурет 2 – $k_2 = 0,08$ болғанда k_1 шамасы өзгерісінің мұнай өнімі шығуының динамикасына ықпал етуі

Суретте көргеніміздей, беттік белсенді заттар түзілуі жылдамдығы константаларының азаюы бастапқы кезеңде мұнай өнімі шығуының жылдамдығын қатты өзгертеді, және соған сәйкес, бүкіл процестің уақытын ұзартады (k_1 0,03-ден 0,008-ге дейін өзгерген кезде уақыттың бастапқы кезеңі шамамен 30 минутқа дейін ұзарады, және бүкіл процестің ұзақтығы дәл сонша шамаға ұзарады). Процестің ортасында $k_2 = \text{const}$ болған кезде барлық кинетикалық қисықтардың иілуі шамамен бірдей.

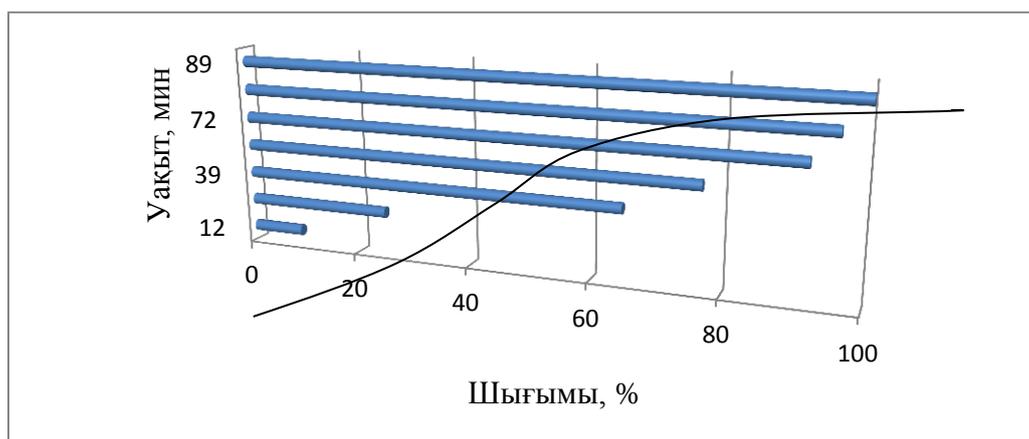
3 суретте k_1 жылдамдығы константаларының мәні тұрақты, ал k_2 мәні әртүрлі болған кездегі мұнай өнімі шығуы тәуелділіктерінің графиктері көрсетілген. Көріп тұрғанымыздай, k_2 мәнінің азаюы орта облыста кинетикалық қисық иілуінің қатты төмендеуіне және бүкіл процестің едәуір ұзаруына алып келеді ($k_2 = 0,24$ болғанда 24 минуттан $k_2 = 0,004$ болғанда 165 минутқа дейін).

Битумдалған құмнан битумның шығу кинетикасы жөніндегі есептік кинетикалық қисықтарды тәжірибелік мәліметтермен салыстырса екеуінің сәйкестігі қанағаттанарлық бағаны беріп тұр.



Сурет 3 – $k_1 = 0,003$ болғанда k_2 мәні өзгеруінің мұнай өнімінің шығу динамикасына әсері

Мысалы 4 суретте $T = 65$ °C-та 6 мас. % концентрациядағы натрий силикатын жұмыс ерітіндісіне салып, ультрадыбыстық өңдеу кезінде битум шығуы бойынша теориялық және тәжірибелік мәліметтердің нәтижелері салыстырылған.



Сурет 4 – $k_1 = 0,004$ және $k_2 = 0,09$ болған кезде (1,2) теңдеудегі есеп бойынша битумдалған құмнан битум шығу жөніндегі тәжірибелік мәліметтерді салыстыру

Жүйелік ауытқулар процестің соңына қарай байқалады, өйткені, модель өнімнің 100% шығуы есебіне құрылған, ал тәжірибеде ылғи да кейбір жоғалулар орын алады және өнімнің максималды шығуы әдетте 95-96% -дан аспайды.

Сонымен, тұтас алғанда, кинетикалық модель бөліну процесінің барысын дұрыс сипаттайды. Сонымен бірге бұл күрделі процестің химиялық тәсілі және алынған есептік тәуелділік (2) формальды түрде жаман емес нәтижелер беруі мүмкін (әсіресе, беттік белсенді заттар түзілетін химиялық өзара әрекеттестіктердің рөлі маңызды бастапқы учаскіде), алайда жалпы бөлінудің тиімділігіне келгенде ауысу құбылысының физикалық маңыздылығы мен рөлін көрсете алмайды.

Әдебиет

1. Бажиров Т.С., Мясников С.К., Бескенов Н.Б., Есиркепова М.М. Межфазные явления в разделяемой гетерогенной системе при извлечении битума из битуминозного

песка//Международная научно-практическая конференция «Ауезовские чтения-11». Шымкент, 2012.-С. 32-37.

2. Якубов М.Р., Романов Г.В., Якубова С.Г. Возможности использования углеводородных растворителей для добычи тяжелых нефтей и природных битумов // Интервал. -2007. -№10. -С. 42-45.

3. Промтов М.А. Кавитационная технология улучшения качества углеводородных топлив // Химическое и нефтегазовое машиностроение. -2008. -№2. -С. 6-8.

4. Муллакаев М.С., Абрамов В.О., Печков А.А. Ультразвуковое оборудование для восстановления продуктивности нефтяных скважин // Химическое и нефтегазовое машиностроение. -2009. -№3. -С. 12-17.

5. Кузнецов О.Л., Симкин Э.М., Чилингар Дж. Физические основы вибрационного и акустического воздействий на нефтяные пласты.-М.: Мир, 2001. -260 с.

6. Кучернюк А.В., Кучернюк В.А., Давыденко С.М., Сова В.М., Максимчук М.Ю. Ударно-волновая технология интенсификации добычи нефти и газа// Нефтепромысловое дело. -2006. -№ 5. -С. 42-46.

7. Мовсумзаде Э.М., Мастобаев Б.Н., Дмитриева Т.В. Первый опыт использования химических реагентов (ББЗ) для транспорта высоковязких и высокозастывающих нефтей и нефтепродуктов//Трансп. и хранение нефтепродуктов. -1999. -№12. -С. 9-12.

References

1. Bazhirov T.S., Mjasnikov S.K., Beskenov N.B., Esirkepova M.M. Mezhfaznye javlenija v razdeljaemoj geterogennoj sisteme pri izvlechenii bituma iz bituminoznogo peska//Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Auevovskie chtenija-11». Shymkent, 2012.-S. 32-37.

2. Jakubov M.R., Romanov G.V., Jakubova S.G. Vozmozhnosti ispol'zovanija uglevodorodnyh rastvoritelej dlja dobychi tjazhelyh neftej i prirodnyh bitumov // Interval. -2007. -№10. -S. 42-45.

3. Promtov M.A. Kavitationnaja tehnologija uluchshenija kachestva uglevodorodnyh topliv // Himicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie. -2008. -№2. -S. 6-8.

4. Mullakaev M.S., Abramov V.O., Pechkov A.A. Ul'trazvukovoe oborudovanie dlja vosstanovlenija produktivnosti nefjtjanyh skvazhin // Himicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie. -2009. -№3. -S. 12-17.

5. Kuznecov O.L., Simkin Je.M., Chilingar Dzh. Fizicheskie osnovy vibracionnogo i akusticheskogo vozdejstvija na nefjtjanye plasty.-M.: Mir, 2001. -260 s.

6. Kuchernjuk A.B., Kuchernjuk V.A., Davydenko S.M., Sova V.M., Maksimchuk M.Ju. Udarно-volnovaja tehnologija intensivikacii dobychi nefti i gaza// Neftepromyslovoe delo. -2006. -№ 5. -S. 42-46.

7. Movsumzade Je.M., Mastobaev B.N., Dmitrieva T.V. Pervyj opyt ispol'zovanija himicheskikh reagentov (BBZ) dlja transporta vysokovjazkih i vysokozastyvajushhih neftej i nefteproduktov//Transp. i hranenie nefteproduktov. -1999. -№12. -S. 9-12.

МҰНАЙЛЫ ҚҰМНАН МҰНАЙДЫ АЖЫРАТЫП АЛУ ДИНАМИКАСЫНА ЖҰМЫС ТЕМПЕРАТУРАСЫНЫҢ ЖӘНЕ МҰНАЙ ТҰТҚЫРЛЫҒЫНЫҢ ӘСЕРІ

INFLUENCE OF OPERATING TEMPERATURE AND OIL VISCOSITY ON THE DYNAMICS OF SEPARATION OF OIL FROM OIL SANDS

Есиркепова М.М., Бейсенбаев О.К., Шакирова А.Б., Карабаев Ж.А.
Yessirkepova M.M., Beisenbaev O.K., Shakirova A.B., Karabaev Zh.A.

М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент,
Қазақстан
M.Auezov South Kazakhstan State university, Shymkent, Kazakhstan

Түйіндеме

Мақалада мұнайлықұмнан мұнайды ажыратып алудың динамикасына жұмыс температурасының және мұнай тұтқырлығының әсері жазылған. Температура мен тұтқырлықтың (мұнай өнімі табиғатын) ықпалын зерттеу нысаны ретінде табиғи және жасанды мұнайлы құмдар пайдаланылды: битумдалған құм және мұнайдың, мазуттың арнайы даярланған қоспалар құммен бірге дәл сол фракциялық құрамнан. Ол үшін бірінші тәжірибелерде битумнан тазартылған битум мұқият жуылып мұнай және мазутты модельдік қоспаларды даярлау үшін пайдаланылды. Мұнай мен мұнай өнімдерін ажыратып алу процесінің кинетикасына жұмыстық ерітіндінің температурасы айтарлықтай ықпал етеді. Температура жоғарылаған сайын әртүрлі мұнай құрамдағы қоспалардан мұнай ажыратып алу жылдамдығы экспоненциалды заң бойынша артады. 75°C болған кезде битумның максималды мөлшерде шығу уақытының мөлшері 35°C болған кездегіден төмен. Температура $T = 60-62^\circ$ кезінде тұтқырлығы аз мұнай жаңадан дайындалған құмды қоспадан бірінші минутта- ақ оңай бөлініп шығады. Сол сұрыпты тұтқырлығы жоғары мазут дәл осы температурада, сол қоспада және сол сұрыпта 3-4 минутта бөлініп шығады, ал битумдалған құмнан алынатын битум 7-8 минутта бөлініп шығады.

Summary

The objects of study of the effect of temperature and viscosity (ie the nature of oil) have been used oil sands of natural and artificial origin: tar sands and specially prepared mixture of oil and oil sand the same fractional composition. For this experiment purified in a first bitumen from the sand was thoroughly washed and used to prepare a model of mixtures of oil and fuel oil. Significant influence on the kinetics of the extraction process of oil and oil products has a temperature of the working solution. As the temperature increases the rate of extraction from various oily mixtures increases exponentially. When 75°C time value to achieve maximum yield bitumen almost an order of magnitude lower than with 35°C. Low-viscosity oil at $T = 60-62^\circ\text{C}$ easily stands out from the freshly mixed with sand in the first minute. More viscous oil under the same conditions derived from the aged mixture with the sand of the same grade for 3-4 minutes, and bitumen from tar sands - 7-8 minutes.

Кілттік сөздер: мұнайбитум жынысы, тұтқырлық, беттік белсенді заттар, битум, технология, мұнай, полиакриламид.

Keywords: bitumen rock, viscosity, surface active substances, bitumen, technology, oil, polyacrylamide.

Табиғи битум, мұнай кенорнына жақын жерде құралады. Бірақ, табиғи битум – таза түрінде сирек кездеседі. Ол шөгінді таужыныстарында жиірек орын алады. Асфальтты жыныстар дегеніміз – битум сіңген шөгінді кеуекті таужыныстары: әктас, доломит, саз, құм. Бұл жыныстардан битум шығарылып алынады немесе олар майдаланып, асфальт ұнтағы ретінде пайдаланылады. Жасанды немесе мұнайлы битум жеңіл мұнай фракцияларының кейінгі қалдықтарынан, яғни мұнайды қайнатып, одан бензин мен керосинді және майлардың біраз бөлігін шығарғаннан кейін қалатын гудрон, крекинг қалдықтарынан алынады. Табиғи битум сирек кездесетіндіктен, құрылыста негізінде осы мұнайлы битум қолданылады. Жолдық мұнайлы битумдар тек бірақ қасиеті – қаттылығы арқылы ғана маркаланады, яғни бұл битумдардың маркасында көрсетілген сандар, оның тек қаттылығын сипаттайды*. Мысалы, БНД – 200/300 деп таңбаланған марка – қаттылығы 201 – 300 пенетрометр градусы аралығындағы жолдық мұнайлы битум.

Битумның қатты бөлігінің молекулалық массасы – 1000 – 5000 аралығында, тығыздығы бірден жоғары. Битумның бұл бөлігін – асфальтендер деп атайды. Оның құрамына асфальтеннен басқа, тек төрт хлорлы көміртегінде (CCl₄) еритін карбендер, ұшқыш еріткіштер мен майлар, ерімейтін карбонаттар және қатты көмірсутектер, парафиндер кіреді. Битумның шайырлар тобының молекулалық массасы – 500-1000 аралығында, тығыздығы 1 шамасында, түсі қара қоңыр, аморфты зат. Битумның майлы фракцияларының молекулалық массасы – 100-500 аралығында, ал тығыздығы 1-ден кіші. Битумның түрлеріне – органикалық байланыстырғыш затта табиғи түрінде кездесетін немесе асфальтты жыныстардан өндірілетін битумдар мен мұнайдан өндірілетін жасанды битум жатады. Табиғи битум – жабысқақ тұтқыр сұйық немесе қатайған көмірсутектер мен олардың метал емес туындыларынан, атап айтқанда, көмірсутектер мен күкірттің (S), оттегінің (O) және азоттық (N) қосылыстарынан құралған зат. Табиғи битумдар – кәдімгі жаратылыс жағдайда мұнай – өзінің ұшқыш фракцияларынан өте баяу айырылады, бірте-бірте қатты немесе тұтқыр битумға айналады.

Мұнайбитумды жыныстардан органикалық бөлігін, минералды бөлігінен ажырату, қазіргі таңда күрделі өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Қазіргі таңда бұл мәселені шешуде бірнеше тәсілдер қолданылды, олар бензолда мұнайбитумды жыныстардың органикалық бөлігін еріту арқылы бөліп алу, сілтімен өңдеу нәтижесінде беттік белсенді заттар өткізу арқылы ажырату радиациялық, ультрадыбыстық және т.б. Бұл процестің тиімділігін арттыру мақсатында МБЖ комплексті тиімді тәсілдерді құрастыру қажет. Себебі келешекте дүние жүзінде мұнайдың сарқылу көмір, сланец және мұнайбитумды жыныстарды өңдеу арқылы отын, битум алу процесін оңтайландыру жолдарын қарастыруда. Осыған орай қазіргі таңда мұнайбитумды жыныстарда өңдеудің тиімді және оңтайлы әдісінің бірі, ол мұнайбитумды жыныстардан минералды бөлігін органикалық бөлікті ажырату үшін біріншіден оның адгезиялық қасиетін төмендету, екіншіден оның органикалық бөлігін, яғни мұнайды беттік белсенді заттармен өңдеу арқылы, флотацияға бейімділігін артыру болып табылады.

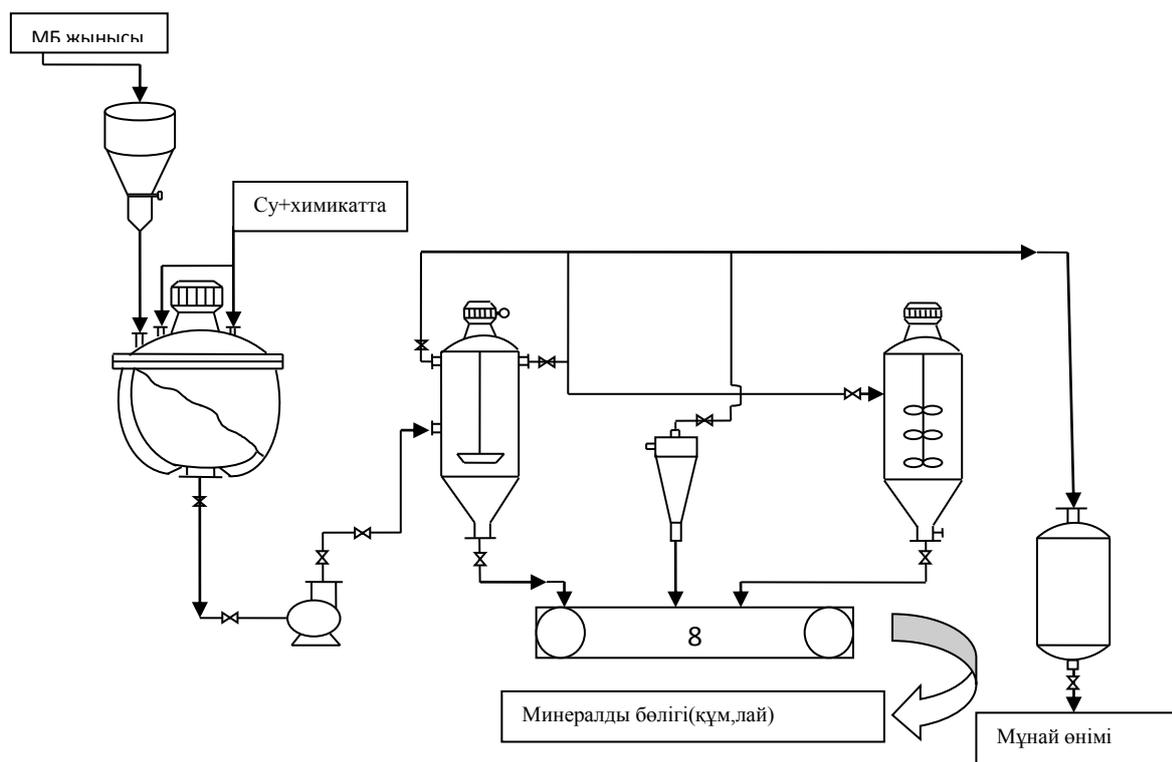
Мұнайбитумды жыныстар ерітіндісіне «Унифлок» препаратын қосу нәтижесінде агрегаттау процесі жүреді және жыныстардың шөгу процесін арттырады. Ал сілтіні қосу органикалық бөліктегі қосылыстарды гидролиздеу процесін үдетеді және олардың белгілі бір мөлшерін айналуын көмегін тигізеді. Қорыта келе бұл комплексті процестерді қолдану органикалық бөліктен минералды бөлігін ажыратуда өз тиімділігін арттырады. 1 суретте мұнайбитум жыныстарынан органикалық бөлігін бөліп алудың сызбасы келтірілген.

Температура мен тұтқырлықтың (мұнай өнімі табиғатын) ықпалын зерттеу нысаны ретінде табиғи және жасанды мұнайлы құмдар пайдаланылды: битумдалған құм және мұнайдың, мазуттың арнайы даярланған қоспалар құммен бірге дәл сол

фракциялық құрамнан. Ол үшін бірінші тәжірибелерде битумнан тазартылған битум мұқият жуылып мұнай және мазутты модельдік қоспаларды даярлау үшін пайдаланылды.

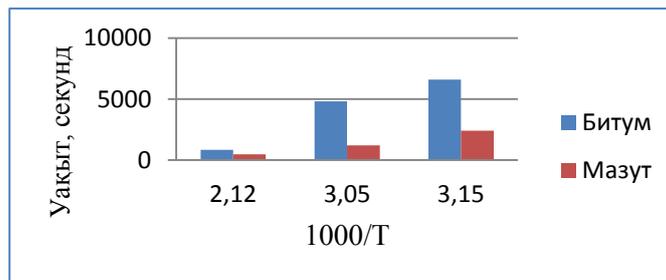
Өзіміз күткендей-ақ мұнай мен мұнай өнімдерін ажыратып алу процесінің кинетикасына жұмыстық ерітіндінің температурасы айтарлықтай ықпал етеді. Температура жоғарылаған сайын әртүрлі мұнай құрамдағы қоспалардан мұнай ажыратып алу жылдамдығы экспоненциалды заң бойынша артады. 75°C болған кезде битумның максималды мөлшерде шығу уақытының мөлшері 35°C болған кездегіден төмен. Битумдалған құм мен мазуттан максималды битум шығаруға жету уақытының температураға тәуелділігі 2 суретте көрсетілген. Ондағы температура да тұтқырлықтың температуралық тәуелділігіндегідей, $t = A \exp(B/T)$. Осы ретте B коэффициентінің мәні мазуттағымен салыстырғанда тұтқыр битумда жоғарылау.

Тұтқырлық, тығыздық сияқты қасиеттер температураға ғана емес, мұнайдың табиғаты мен мұнай өнімінің түріне де байланысты. Тұтқырлық тығыздыққа қарағанда көбірек өзгереді. Мысалы мұнай тәжірибесінде пайдаланылған мұнайдың тұтқырлығы битумды құмнан алынған битумның тұтқырлығынан үш есе кем. Соған сәйкес, құмды қоспадан оның шығу жылдамдығы да айтарлықтай жоғары болуы керек. Мұнайлы қоспадағы компоненттер қасиетінің процесс кинетикасына ықпал етуін зерттеу тәжірибелерін ультрадыбыстық реакторда жүргізді. C = 6 мас. % полиакриламид ерітіндісімен өңдей отырып парафині жоғары мұнай мен мазуттың модельдік қоспалары мен битумдалған құмды бөліп алу нәтижелері 3 суретте көрсетілген. Көріп тұрғанымыздай, температура T = 60 – 62° кезінде тұтқырлығы аз мұнай жаңадан дайындалған құмды қоспадан бірінші минутта – ақ оңай бөлініп шығады.



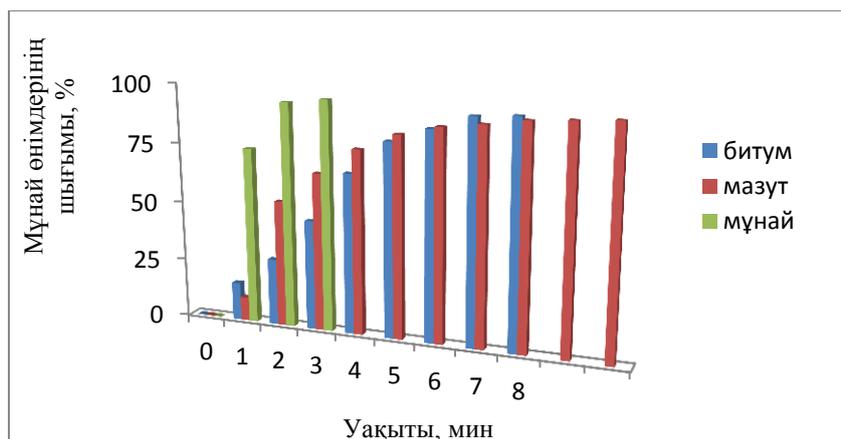
Сурет 1 - Мұнайбитум жыныстарынан органикалық бөлігін бөліп алудың сызбасы

Сол сұрыпты тұтқырлығы жоғары мазут дәл осы температурада, сол қоспада және сол сұрыпта 3-4 минутта бөлініп шығады, ал битумдалған құмнан алынатын битум 7-8 минутта бөлініп шығады.



Сурет 2 – Битум мен мазуттың шығуы мен олардың құмды қоспасының жұмыс ортасы температурасына тәуелділігі

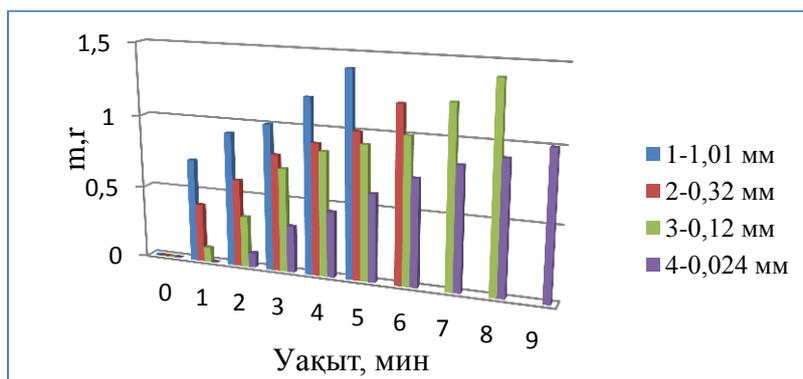
Қатты фаза дисперстілігінің гетерогендік қоспалардан мұнай өнімдерін алу кинетикасы мен тиімділігіне ықпал етуін зерттеу кезінде, процестің жұмыс жағдайлары мен мұнай өнімдері табиғатынан бөлек бөліну процесінің тиімділігіне қатты фазаның дисперстілігі де айтарлықтай ықпал ететіні байқалады. Егер орташа диаметрлі d , бөлшектерінің формасы сфералық болатын құмды қабылдайтын болсақ, онда белгіленген суммалық массаның барлық бөлшектерінің жалпы беті олардың өлшемі азайған сайын $1/d$ шамасына пропорционалды түрде артады. Соған сәйкес, қатты бөлшектердің ұстағыш қабілеті оларды қоршап тұрған адгезияның беттік күші әрекеті нәтижесінде пайда болатын тұтқыр сұйықтықтың қатынасына өзгереді [1].



Сурет 3 – Әртүрлі мұнай компоненттері бар құм қоспаларын бөлу кинетикасы (бөлшектердің орташа өлшемі $d \approx 0,256$ мм)

Сонымен қатар, бөлшектер өлшемі өзгеруімен жыныс кесектерінде орын алатын микросызаттар мен саңылаулардың ені азаяды, сөйтіп, олардың ішіне ультрадыбыстық энергия мен реагент ерітіндісі енуін қиындатады. Сондықтан да қатты бөлшектер өлшемдері азаюымен бөліну тиімділігі де азаюы керек. Қатты фазаның дисперстілігі әртүрлі болатын гетерогенді қоспалардың бөлінуін ультрадыбыстық ванна мен реакторда жүргізді. Зерттеу нысаны ретінде битумды құм және арнайы дайындалған мазут пен құмның қоспалары пайдаланылды. Қоспалар бөлшектерінің орташа өлшемдерін 1 ден 0,02 мм-ге дейін өзгертті. Соңғы жағдайда ірілеу құмдарды жіңішке фракция алғанға дейін мұқият үккіштен өткізді. Оған қоса майланған окалинді прокатты станнан және минералды майы бар диатомит қоспаларын бөлу әрекеттері жасалынды. Құмы бар мазут қоспасына арналған тәжірибелер нәтижелері 4 суретте көрсетілген. Мұнай өнімдері шығуының бірдей жағдайлардағы жылдамдығы қатты бөлшектердің табиғаты мен өлшемдеріне байланысты болатыны анықталды. Реакторда

өзен құмының қоспасынан мазутты толық алу жағдайы 3 минутта орын алды. Ал құмның диаметрі $d = 0,02 - 0,03$ мм болғанда 10 – 12 минутта алынды (3 сурет).



Сурет 4 – Мазуттың құмды қоспадан құм бөлшектерінің өлшемдеріне байланысты шығу кинетикасы

Мұндай күшті η -дан d – ға дейінгі тәуелділік бөлшектері ұсақ қоспалардан тұтқыр мұнай өнімдерін алу қиын болатындығын көрсетеді. Егер битумды құм қоспасы үшін жойылатын битумның үлесі d шамасы 1,05 тен 0,25 мм – ге дейін төмендеген кезде 95 тен 92 пайызға дейін төмендесе, онда майланған темір окалин үшін d шамасы 0,2-ден 0,01; 0,02 мм болған кездегі жойылатын майдың үлесі 80-нен 10 пайызға дейін тез төмендейді. Майланған темір окалиннің бөлшектері өлшемдер бойынша таралу спектрі айтарлықтай үлкен. Окалин үлгілерінде бірнеше микроннан бірнеше миллиметрге дейінгі бөлшектер болады. Бөлшектер өлшемдерінің арасындағы мұндай айырмашылық қатты бөлшектердің біршама тығыз оралуына ықпал етеді (ұсақ бөлшектер ірі бөлшектер арасындағы қуысты толтырады), сөйтіп майды ажырату процесін қиындатады. Қатты бөлшектерінің орташа өлшемдері әртүрлі фракцияларға бөлу арқылы алынған окалиндағы минералды майдың қалдықтық құрамы туралы тәжірибелік мәліметтер ұсақ бөлшектердің ұстау қабілетінің жоғары болатындығы туралы тұжырымды растайды. Осы фракциялардың сараптамасы көрсетіп отырғандай, ұсақ бөлшектер ірі бөлшектермен салыстырғанда майды бірнеше есе көп ұстайды. Қатты бөлшектердің бетінен ластануларды тиімді жою үшін кавитациялық микросызықтарға тән өлшем бөлшектер диаметрінен төмен болмауы тиіс. 20 кГц жиілік кезіндегі диаметрлері 100 мкм болатын көбіктердің коллапсында микросызықтардың өлшемдері ондаған микрондарға бағалануы мүмкін. Қатты бөлшектердің минималды өлшемдері де осы диапазонда болады. Олардың бетін тазарту үшін ультрадыбысты пайдаланудың тиімділігі зор. Біршама ұсақ бөлшекті фракциялар гидромеханикалық әдіс (циклондар, центрифугалар) арқылы жойылуы мүмкін. Сосын оларды органикалық еріткіштермен (гексан, фреон) өңдеп, дистилрлеу арқылы регенерациялайды да процеске қайтарады. Осылайша, дихлорометанның көмегімен окалиндегі майдың құрамын массаның 1 пайызына дейін төмендетуге мүмкіндік туды. Сосын оны аглодомен өндірісі үшін құрамында темір жоғары шикізат ретінде пайдаланса болады [2-5].

Битум – құрамы күрделі материал, компоненттері молекулалық салмағы, химиялық құрылымы және гидрофильді-литофильді тепе-теңдік шамасы бойынша бір-бірінен айырмашылықтары көп. Битумның өзіне тән ерекшелігі сол, ол амфотерлік сипатқа ие және беттік-белсенді қасиеттерге ие көптеген компоненттерден (асфальтендер, шайырлар, карбоксильді қышқылдар) тұрады. Осы полярлық жалғаулар иондаушы топтарымен бірге битумдалған құм-жұмыс ерітіндісі жүйесіндегі фазааралық қасиеттерді анықтайды және бірқатар параметрлердің (мысалы фазааралық

тартылыс) су ерітіндідегі рН мәні мен электролиттер концентрациясына тәуелділігінің сызықтық емес сипатын негіздейді. Битум-қатты бөлшектер-су гетерогенді жүйесінің бөліну процесінде фазааралық қасиеттер маңызды рөл атқарады. Фазааралық тартылыстар, фазааралық беттердің (мұнай-су, мұнай-қатты) реологиялық және электрлік қасиеттері сілтілік сулы ортада жүргізіліп жатқан бөліну процесінің тиімділігіне күшті әсер етеді.

Полиакриламид әсерінің мүмкін болатын факторлары: тиісті ерігіш тұздар формасындағы табиғи беттік белсенді заттар түзе отырып органикалық қышқылдарды бейтараптандыру, натрий катиондарының рН ортасы мен концентрациясының артуы, ерітінді компоненттерінің иондалуы, жүйенің фазааралық бетіндегі электр зарядтарының өзгеруі. Дәрежесі төмен болағандағы бұл факторлардың оң ықпалы битум мен кварцы құм арасындағы адгезия күшінің төмендеуіне, итерілудің электрлік күшінің артуына, құм бөлшектерінен битум бөлінуіне және оның сулы ерітіндінің бетіне шығуына әсер ететін болады. Ультрадыбыстық өрісте беттік белсенді заттар ерітінділермен битумдалған құмды өңдеу кезінде жұмыс ерітіндісінің түсі бірден қарайып, битум шығуы минималды мәндерге дейін төмендеуі битумның эмульгациялануын (бәлкім бір бөлігі ерігендігін) білдіреді. Беттік тартылысты өлшеуді тамшыларды есептеу (сталагмометриялық әдіс) әдісімен жүргізді. Битумдалған құмды өңдеу кезінде белгілі-бір интервалдан кейін ультрадыбыстық ваннаны өшіріп отырды. Жұмыстық ерітіндінің бір бөлігін колбаға құйып алды, сүзгіден өткізді және шприцпен сынамаларды іріктеп алды. Шприцтен сынама аққан кезде тамшылардың санын есептеді. Шприц ойығының радиусы 1 мм. Ал олардың массасын электрондық таразымен өлшеді. 5 суретте берілген өлшемдердің нәтижелері көрсетіп отырғандай, беттік тартылыс гетерогенді жүйені ультрадыбыстық өңдеу барысында түседі. Бұл жаңа беттік активті заттардың түзілуін білдіреді. Координаттар осінде беттік тартылыстың ультрадыбыстық өңдеу басталмай жатып – битумдалған құмы бар жұмыс ерітіндісінің қызуы кезінде төмендегі бағдармен көрсетілген.



Сурет 5 – Ультрадыбыстық өңдеу барысында «жұмыс ерітінді-ауа» шекарасында беттік тартылыстың өзгеруі

Байқап отырғанымыздай, битумдалған құмның жаңа порциясын бөлу үшін өңделген жұмыс ерітіндісін қайтадан пайдалану битумның алғашқы тамшылары шыққанға дейін индукциялық кезеңді төмендетеді, алудың бастапқы жылдамдығын арттырады және соңғы өнім шығуын аздап жоғарылатады. Бұл өңделген ерітіндінің құрамында сілтілік қоспаның битумның органикалық компоненттерімен өзара әрекеттесуі кезінде түзілген беттік белсенді заттар болатындығының тағы бір дәлелі. Құрамында мұнайы бар қоспаларды бөлу процесінде сұйық мұнай немесе битум мен жұмыс ерітінді шекарасындағы фазааралық тартылыс әлдеқайда маңызды рөл атқарады. Фазааралық тартылыс шамасын бағалау үшін шприцпен жұмыс ерітіндісіне төгілетін мұнай өнімі тамшыларының диаметрін өлшеуге мүмкіндік беретін әдіс ұсынылды. Процесс барысында іріктелген көлемі 15 мл термостатталған ыдысты

тығынмен герметикалы етіп жапты, тығын арқылы мұқият 50-60°C-қа дейін қыздырылған (тұтқырлықты төмендету үшін) шприцтің инесін салады. Бір тамшысын жұмыс ерітіндісіне тамызады. Тамшының диаметрін ол иненің ұшынан үзілген кезде оптикалық құрал – катетометрдің көмегімен өлшенді.

Әдебиет

1. Надиров Н.К., Тервартанов М.А., Елькин В.Н. и др. Нефтебитуминозные породы: Тяжелые нефти и природные органические вяжущие. -Алма-Ата, 1983. -240 с.
2. Надиров Н.К., Браун А.Е., Трохименко Н.С. и др. Нефтебитуминозные породы Казахстана: проблемы и перспективы. - Алма-Ата: изд.,1985.-376 с.
3. Надиров Н.К. Нефть: вчера, сегодня, завтра.-Алма-Ата: Казахстан, 1983. -214 с.
4. Абрамов В.О., Абрамов В.О., Артемьев В.В., Градов О.М., Коломеец Н.П., Приходько В.М., Эльдарханов А.С. Мощный ультразвук в металлургии и машиностроении.- М.: Янус-К, 2006. -688 с.
5. Кузнецов О.Л., Симкин Э.М., Чилингар Дж. Физические основы вибрационного и акустического воздействий на нефтяные пласты.-М.: Мир, 2001. -260 с.

References

1. Nadirov N.K., Tervartanov M.A., El'kin V.N. i dr. Neftebituminoznye porody: Tyazhelye nefiti i prirodnye organicheskie vyazhushchie. -Alma-Ata, 1983. -240 s.
2. Nadirov N.K., Braun A.E., Trokhimenko N.S. i dr. Neftebituminoznye porody Kazakhstana: problemy i perspektivy. - Alma-Ata: izd.,1985.-376 s.
3. Nadirov N.K. Neft': vchera, segodnya, zavtra.-Alma-Ata: Kazakhstan, 1983. -214 s.
4. Abramov B.O., Abramov B.O., Artem'ev V.V., Gradov O.M., Kolomeets N.P., Prikhod'ko V.M., El'darkhanov A.S. Moshchnyy ul'trazvuk v metallurgii i mashinastroenii.- M.: Yanus-K, 2006. -688 s.
5. Kuznetsov O.L., Simkin E.M., Chilingar Dzh. Fizicheskie osnovy vibratsionnogo i akusticheskogo vozdeystviy na neftyanye plasty.-M.: Mir, 2001. -260 s.

**МҰНАЙ ҚҰРАМДАС ГЕТЕРОГЕНДІ ЖҮЙЕЛЕРГЕ АРАЛАС ХИМИКАЛЫҚ
УЛЬТРАДЫБЫСТЫҚ МЕХАНИЗМНІҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ****STUDY OF COMBINED ULTRAZVUKOVYH OILY MECHANISM ON
HETEROGENEOUS SYSTEMS****Есиркепова М.М., Бейсенбаев О.К., Шакирова А.Б., Карабаев Ж.А.
Yessirkeпова M.M., Beisenbaev O.K., Shakirova A.B., Karabaev Zh.A.**

М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент,
Қазақстан
M.Auezov South Kazakhstan State university, Shymkent, Kazakhstan

Түйіндеме

Мақалада мұнай құрамдас гетерогенді жүйелерге аралас химиялық ультрадыбыстық механизмнің әсерін зерттелінді. Ультрадыбыстың әсер етуінен сұйықтықтағы қатты бөлшектерде беттік мұнай қабыршақтарының бұзылуы кавитацияның және акустикалық ағыстардың әсерінен орын алады. Кавитация мен акустикалық ағындардың мөлшері мен жылдамдығы, сондай-ақ радиациялық қысымның мәні дыбыстық өрістің жиілігі мен қарқындылығына, сұйықтықтың физикалық қасиеттеріне, әсіресе оның температурасына тәуелді. Ультрадыбыстық лас қабыршақтардың бұзылуы, бөлінуі немесе аздап еруінің себебі, сұйықтықта акустикалық өрістің жатуы салдарынан пайда болатын химиялық белсенді орта мен факторлардың бірлескен әсері туралы жазылған. Адгезиясы әлсіз жіңішке қабыршақтарды жою кезінде пульс жасайтын көпіршіктердің әсерінен жоюдың басқа механизмі былай сипатталады: беттерде орын алмастырып жүрген пульстеуші көпіршік «тазартылған ашытқылар» қалдырады. Аталған ашытқылардың бағыты көпіршіктердің қозғалу траекториясымен сәйкес келеді. Бұл жағдайдағы кавитациялық көпіршіктердің жойқын әсерін ірі тұрақсыз көпіршіктердің ұсақ көпіршіктерге бөлінуі кезінде үлгінің бетіндегі сұйықтық сызықтарының соққыларымен түсіндіруге болады. Пульс жасайтын көпіршіктер бетке әлсіз адгезиялы қабыршақтарды бұза отырып, тазартылып жатқан бетпен тығыз байланысқан қабыршақтарға ешқандай әсер етпейді.

Summary

The paper studied the effect of combined ultrasonic mechanisms oily heterogeneous systems. The destruction of the oil film on the surface of solid particles in the liquid by ultrasound and cavitation occurs due to acoustic flow, magnitude and velocity, as well as radiation pressure value depends on the frequency and intensity of the sound field, the physical properties of fluids and in particular - on its temperature. Destruction, partial dissolution and separation of impurities in the film ultrasonic cleaning is due to the combined action of chemically active environment and factors arising in the liquid due to the imposition of the acoustic field.

Another failure mechanism under the influence of pulsating bubbles by removing thin films with low adhesion to the surface: a pulsating bubble, moving on the surface of leaves "cleared the track", the direction of which coincides with the trajectory of the bubble. In this case, the destructive action of cavitation bubbles can be attributed to blows jets of fluid against the surface of the sample by dividing large unsustainable bubbles into smaller ones. Pulsating bubble destroying film with poor adhesion to the surface, do not have almost no effect on the film is firmly connected with the surface to be cleaned.

Кілттік сөздер: мұнайбитум жынысы, органикалық бөлік, беттік белсенді заттар, битум, технология, мұнай, ультрадыбыс.

Keywords: bitumen rock, organic part, surface active substances, bitumen, technology, oil, ultrasound.

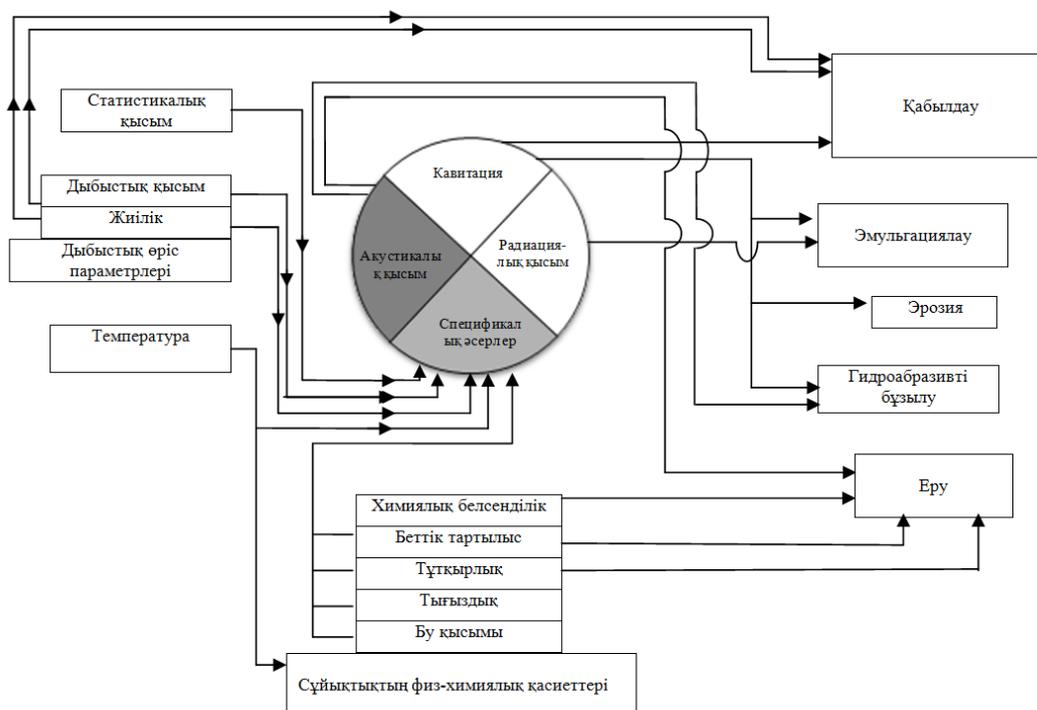
Мұнай құрамдас гетерогендік қоспаларды бөлу процестерін модельдеудің қиын міндеттері бөлу процесінде ультрадыбыстық әсерді пайдалану кезінде одан бетер қиын. Себебі, ультрадыбыстық әсердің механизмі толық анықталмаған. Кавитациялық көпіршіктердің жарылуы кезіндегі қуатты ультрадыбыстық әсер арнайы микрокөлемдердегі температура мен қысымның мәні өте жоғары мәндерге дейін жоғарлатуы мүмкін және соның салдарынан бөлінетін қоспа құрамы мен қасиеттерінің өзгеруіне себеп болуы мүмкін. Осы жағдайлар жуықтық сандық шешімдерді алу үшін эвристикалық тәсілдер мен интуитивтік әдістерді жеткілікті дәрежеде пайдалану қажеттіліктерін тудырады. Әлуан түрлі қоспалар үшін алынған және компоненттер қасиеті мен процестің жұмыстық шарттарының бөліну тиімділігіне ықпал етуін анықтауға мүмкіндік беретін ауқымды эксперименталдық мәліметтер негізінде ғана мүмкін. Модельдік тәжірибелердің нәтижелерін сосын нақты технологиялық процестің заңдылықтарын болжау үшін пайдалануға болады. Битум шығуының көптеген тәжірибелік зерттеулерде, басқа да зерттеушілердің еңбектеріндегі алынған кинетикалық қисықтары S-тәріздес түрде болғандықтан, тапсырма қайсыбір дәрежеде жеңілдей түседі. Кинетикалық қисықтардың мұндай түрі көптеген диффузиялық және химиялық процестерге тән. Өртүрлі мұнай өнімдері шығуының тәжірибелік жолмен алынған қисықтарының негізгі ерекше тұсы иілу бұрышы кішкентай бастапқы жер телімінің үлкен немесе кіші мәнде бой көрсетуі. Бұл сол кезеңде бөліну жылдамдығының аз болғандығын білдіреді. Кейбір жағдайларда ультрадыбыстық өңдеудің мұнай өнімінің бірінші тамшысы шыққанға дейін қажет болатын аздаған индукциялық кезеңі байқалады. Ең ұзақ бастапқы кезең қоспасы жоқ, қуаты төмен ультрадыбыстық ваннада сулы ортада битумдалған құмды бөлу кезінде байқалады, ал ең қысқа бастапқы кезең полиакриламид қосылған жұмыс ерітіндісі бар қуатты ультрадыбыстық реакторда байқалған.

Битум мен мұнайдың шығуының мұндай кідіруінің механизмі тасымалдау құбылысымен байланысты химиялық, физика-химиялық табиғатқа ие. Бірінші жағдайда ол сонохимиялық реакция нәтижесінде түзілетін битум компоненттері мен беттік қасиеттері (май қышқылы тұздары) жақсы аралық өнімдердің түзілуімен байланысты. Түзілетін беттік белсенді заттар жыныс бөлшектерінен мұнай өнімі пленкасының үзілуіне, битум тамшыларының түзілуіне жән шығуына ықпал етеді. Ерітіндіде беттік белсенді заттардың жиналуы мөлшеріне байланысты бөліну процесі жылдамдайды (автокатализатор реакциясының механизмі жұмыс жасайды) және кинетикалық қисықтың майысу бұрышының тангенсі жылдам артады. Кідіру сондай-ақ бастапқы кезеңде сілтілік жұмыс ерітіндісінде битумның бір бөлігінің еруімен (шынайы ерітінді немесе коллоидтті лақап ерітінді – микроэмульсиялардың түзілуімен) байланысты болуы мүмкін. Осындай ерітінді қаныққан соң ғана битум оның бетіне шығып, екінші кезең басталады. Жұмыс ерітіндісіндегі полиакриламидтың концентрациясы әртүрлі болған кездегі алынған тәжірибелік мәліметтер көрсетіп отырғандай, ерітіндінің түсі қаншалықты қаныққан болса, оның оптикалық тығыздығы соншалықты артады және битум шығуы соншалықты аз болады. Битумның және мұнайдың қаншалықты көп бөлігі ерітіндіге өтсе, бастапқы кезеңнің ұзақтығы да соншалықты көп болады. Бірінші және екінші механизм де (бірінші жағдайда екінші рет пайдаланылған ерітіндіде түзілген беттік белсенді заттар болады, ал екінші жағдайда – ол битуммен қаныққан) өңделген ерітіндіні қайтадан пайдалану кезінде бастапқы кезеңде битумның шығу жылдамдығы артатындығын түсіндіреді. Битумды және мұнайды ажыратып алу процесінің бақыланып отырған кинетикасының басқа да түсіндірмесі бар, барлығы көп жағдайда ауысу құбылысымен байланысты.

Бұл жағдайда кинетикалық қысықтардың өзіне тән ерекшеліктерін ескеретін және процестің негізгі режимдік параметрлерінің әсерін (битум алу механизмінің детальдеріне байланысты емес) көрсететін процестің математикалық сипаты мен тәуелділіктерді алға ұсыну керек еді.

Ультрадыбыстың әсер етуінен сұйықтықтағы қатты бөлшектерде беттік мұнай қабыршақтарының бұзылуы кавитацияның және акустикалық ағыстардың әсерінен орын алады. Кавитация мен акустикалық ағындардың мөлшері мен жылдамдығы, сондай-ақ радиациялық қысымның мәні дыбыстық өрістің жиілігі мен қарқындылығына, сұйықтықтың физикалық қасиеттеріне, әсіресе оның температурасына тәуелді. Ультрадыбыстық лас қабыршақтардың бұзылуы, бөлінуі немесе аздап еруінің себебі, сұйықтықта акустикалық өрістің жатуы салдарынан пайда болатын химиялық белсенді орта мен факторлардың бірлескен әсері. Ультрадыбыстық механизмге әртүрлі факторлардың ықпал етуін төмендегі сызба түрінде көруге болады (1 сурет).

1 суреттегі бағдарлардың бағыты беттік қабыршақтардың бұзылу процесіне әрбір фактор қалайша әсер ететіндігі көрсетеді. Жоғарғы қатарында ультрадыбыстық әсер механизмінің мүмкін болатын бес нұсқасы көрсетілген, қатты фаза бетінің ластану табиғатына байланысты, тазарту кезінде әртүрлі процестер маңызды рөл ойнауы мүмкін [1, 2]. Мысалы, әлсіз өзара байланысқан бұзылыстар негізінен пульстік кавитациялық көпіршіктердің әсерінен болады. Мұнайлы немесе басқа да ластаушы қабыршақтардың жиектерінде көпіршіктер қарқынды тербеле отырып, пленканың қабыршақтың бетпен ілінісу күшін жояды, пленканың астына енеді, бұзып, оны қабаттайды. Радиациялық қысым және дыбыс капиллярлық әсер жұмыс ергіндісінің микротесіктерге, ақауларға және бос арналарға енуіне ықпал етеді. Акустикалық ағыс беттерде ластанулардың жылдам жойылуына әрекет жасайды. Егер ластықтар бетпен берік байланыста болса, онда оларды бұзып, жою үшін бетте микросоққылық әсер тудыратын атылатын кавитациялық көпіршіктердің болуы шарт.



Сурет 1 – Ультрадыбыстық өрісте беттік мұнай қабыршақтарының бұзылу сызбасы

Кавитациялық көпіршіктер пульс жасаған кезде мұнайлы немесе басқа да ластаушы бетке динамикалық жүктемелер әсер етеді. Кавитациялық көпіршіктер қабыршақтың бетін микросоққымен бұзады. Микросоққылық жүктемелердің қысымы белгілі-бір шамаға дейін бірден артады, содан кейін жүктеме қайтадан лезде азаяды. Осындай жүктемелерден туындаған кернеу локаль және бірыңғай болмағандықтан, қабыршақта ластанулардың, сызаттардың, сондай-ақ эрозия пайда болады. Пульс жасаушы көпіршіктер сұйықтық-қатты дене шекарасында айтарлықтай микросоққылық жүктемелер тудырмайды. Пульстеуші кавитациялық көпіршіктердің беттік қабыршақтарды бұзуы мүмкін үш механизмі бар: қабатталу, сызықтықталу және эмульгациялау.

Қабатталу механизмі келесіге негізделген: пульстеуші көпіршік қатты фазаның бетіне және қабатталған қабыршақтың ішкі бетіне «жабысады».

Көпіршіктің тербелісі қарқынды болған кезде қабыршақтың бетінде оны қабыршақтың бетінен үзіп жіберетін күштер әсер ете бастайды. Егер қабыршақтың бетпен ілінісу күштері қабыршақтың беріктігінен асып түсетін болса, онда оның бос кесегі үзіледі. Егер қабыршақтың беріктігі ілінісу күшінен асып кететін болса, қабыршақ бетпен қабатталады. Көп рет пульстен кейін кейбір көпіршіктер үлкен жылдамдықпен жарылады және ластану қабыршағы кавитациялық көпіршік үшін қарастырылған жағдайға ұқсас бұзылады.

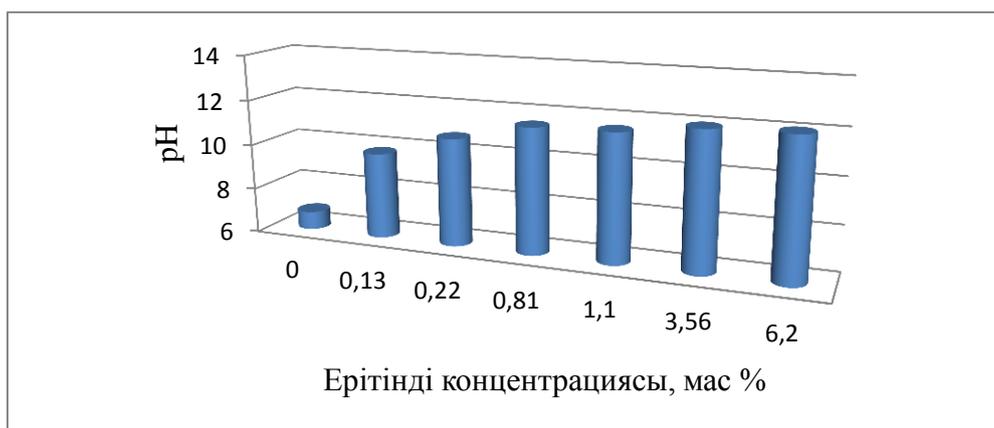
Адгезиясы әлсіз жіңішке қабыршақтарды жою кезінде пульс жасайтын көпіршіктердің әсерінен жоюдың басқа механизмі былай сипатталады: беттерде орын алмастырып жүрген пульстеуші көпіршік «тазартылған ашытқылар» қалдырады. Аталған ашытқылардың бағыты көпіршіктердің қозғалу траекториясымен сәйкес келеді. Бұл жағдайдағы кавитациялық көпіршіктердің жойқын әсерін ірі тұрақсыз көпіршіктердің ұсақ көпіршіктерге бөлінуі кезінде үлгінің бетіндегі сұйықтық сызықтарының соққыларымен түсіндіруге болады. Пульс жасайтын көпіршіктер бетке әлсіз адгезиялы қабыршақтарды бұза отырып, тазартылып жатқан бетпен тығыз байланысқан қабыршақтарға ешқандай әсер етпейді.

Эмульгациялау кезінде қабыршақтың бұзылу механизмі келесідей негізделген: өңделетін жыныс пен мұнайлық фазадағы газ көпіршіктері дыбыстық өрісте пульс жасап және акустикалық ағыстардың әсерінен орын ауыстыра отырып, өзін қоршаған заттардың бір бөлігін өзіне ілестіреді. Массалардың орын ауыстыруы мұнай қабыршақтарының үзілуіне түрткі болды. Кавитациялық көпіршіктер газ көпіршігін талшықтайтын қабыршақтың бетіндегі судың ұсақ тамшыларын шашады. Пульс жасаушы көпіршік ультрадыбыстық тербелістердің көзі болатындықтан, оның беткі тамшылары жерге түсіп, соғылып, ультрадыбыстық сәулелендіргіштің бетіндегі сұйықтықтың жіңішке қабатының ұшып кетуін еске түсіреді. Газ көпіршіктері өз кезегінде екіжақты рөл атқарады: микроағыстардың есебінен тамшыларды өзіне тартып алады, сосын оларды соққылайды сөйтіп олардың бетіне түскен тамшыларды жіңішке дисперсті эмульсиялар түзе отырып шашыратады. Тамшылардың қалыңдыққа ену дәрежесіне байланысты мұнай қабыршағының физика-механикалық қасиеттері айтарлықтай өзгереді және оның бетпен ілінісуінің беріктігі азайғандықтан, қабыршақтың жойылуы оңайлайды. Қабыршақ беттік қабаттан бастап жойыла бастайды, оның қабаты қаншалықты қалың болса, қабыршақтың жойылуы да соншалықты қиын болады, өйткені ақауға оңай ұшырайтын төменгі қабаттар кавитациялық көбіктердің пленканың бұзуына кедергі жасайтын демпфердің қызметін атқарады. Қабыршақ өте жұқа болса да оның беттен жойылуы қиын болады, өйткені қалған ластанулар мөлшері аз болғандықтан оның тамшыларының түзілуіне жағдай болмайды. Ерімейтін ластықтарды жою кезінде химиялық бейтарап ерітінділерде тазалау жылдамдығы ультрадыбыстық кавитацияның қарқындылығына тәуелді. Ерігіш ластарды жою кезінде акустикалық ағыстар айтарлықтай маңызды орын алады, әсіресе,

қатты дененің бетіне жаңа еріткіштердің келуін жандандыратын шекаралық қабатта пайда болатын құйындық микро ағыстар [1-5].

Қатты денемен шекаралас жатқан ламинарлы қатпар қабатының қалыңдығының азаюы механикалық араластырудың кез-келген әдісіндегі сұйықтық араласуының басты ерекшелігі болып табылады. Мұнайлы жыныстардан мұнай немесе битумның бөлінуі сілтілік жұмыс ерітіндісі мен ультрадыбыстық өрістің бірлескен әрекетінің арқасында орын алады. Ультрадыбыстық әсер етудің сілтілік ерітінді мен мұнай өнімі компоненттерімен өзара әрекеттестікке негізделген химиялық әсерлердің үйлескен факторлары бөліну процестерін жандандырып, мұнай өнімдерінің бір бөлігінің трансформациясын (сонохимиялық әсер) тудыруы мүмкін.

Битумдар – көмірсутектер мен олардың азотты, оттекті, күкіртті және металды туындыларының қоспасы болып табылатын қатты немесе шайыр тәріздес өнімдер. Битумдар суда ерімейді, тығыздығы 0,96-1,50 г/см³ құрайтын толуолда, бензолда, хлороформда, күкіртті көміртеkte және тағы органикалық толығымен немесе жартылай ериді. Табиғи битумдар – бастапқы негізі көмірсутек болып табылатын шығу тегі органикалық пайдалы қазбалар. Оларға химиялық және биохимиялық қышқылдану нәтижесінде мұнай қабаттары бұзылған кезде пайда болған табиғи туынды мұнайлар жатады. Бастапқы мұнайлардың құрамына байланысты болып келетін құрамы бойынша битумдар бірнеше санатқа жіктеледі, олар: мальттар, асфальттар, асфальтиттер, кериттер және антракосолиттер. Олар негізінен карьерлік немесе шахталық тәсілмен өндірілетіні белгілі (битумдық құмдар).



Сурет 2 – Полиакриламидтің рН мәнінің оның концентрациясына тәуелділігі

Битум – құрамы күрделі материал, компоненттері молекулалық салмағы, химиялық құрылымы және гидрофильді-липофильді тепе-теңдік шамасы бойынша бір-бірінен айырмашылықтары көп. Битумның өзіне тән ерекшелігі сол, ол амфотерлік сипатқа ие және беттік-белсенді қасиеттерге ие көптеген компоненттерден (асфальтендер, шайырлар, карбоксильді қышқылдар) тұрады. Осы полярлық жалғаулар иондаушы топтарымен бірге битумдалған құм-жұмыс ерітіндісі жүйесіндегі фазааралық қасиеттерді анықтайды және бірқатар параметрлердің (мысалы фазааралық тартылыс) су ерітіндідегі рН мәні мен электролиттер концентрациясына тәуелділігінің сызықтық емес сипатын негіздейді. Битум-қатты бөлшектер-су гетерогенді жүйесінің бөліну процесінде фазааралық қасиеттер маңызды рөл атқарады. Фазааралық тартылыстар, фазааралық беттердің (мұнай-су, мұнай-қатты) реологиялық және электрлік қасиеттері ортада жүргізіліп жатқан бөліну процесінің тиімділігіне күшті әсер етеді. Полиакриламид әсерінің мүмкін болатын факторлары: тиісті ерігіш тұздар формасындағы табиғи беттік белсенді заттар түзе отырып, органикалық қышқылдарды

бейтараптандыру, натрий катиондарының рН ортасы мен концентрациясының артуы, ерітінді компоненттерінің иондалуы, жүйенің фазааралық бетіндегі электр зарядтарының өзгеруі.

Ультрадыбыстық өрісте битумдалған құмды полиакриламидпен өңдеу кезінде битумның шығуы минималды мәнге дейін төмендеп кетіп, сонымен қатар жұмыс ерітіндісінің қарайып кетуі битумның эмульсификациясын білдіреді. Минимум шығу әдетте полиакриламидтің концентрациясы облысында байқалады 0,05-0,10 М. Біз пайдаланған полиакриламид қоспасы жұмыс ерітіндісінің рН мәніне қатты әсер етеді. рНметрдің көмегімен өлшенген рН мәнінің полиакриламидтің концентрациясына тәуелділігі 2 суретте көрсетілген.

рН мәндердің 11-12 –ге дейін артуы жұмыстық ерітіндідегі табиғи беттік белсенді заттардың жаңа формалары концентрациясының артуына, соған сәйкес, фазааралық тартылыстың төмендеуіне, битумдық беттер арасындағы итеру күшінің күшеюіне (бұл факторлар мен ультрадыбыстық әсерлер битумның эмульгациялануына алып келеді, олар тамшылар өлшемін төмендетіп, эмульсиялар төзімділігін артуына әсер етеді) ықпал етеді. Мұндай жағдайларда эмульгациялау тіпті табан астында өтуі мүмкін, ал мицелтүзілудің концентрациясы әлсіз болғанда микроэмульсиялардың түзілуі мүмкін.

Әдебиет

1. Агранат Б.А. Ультразвуковая технология.- М.: Metallurgiya, 1974.-245с.
2. Мэйсон Т.,Линдли Дж. Химия и ультразвук.- М.: Мир,1993.-244 с.
3. Голямина И.П. Ультразвук.- М.: Советская энциклопедия, 1979.-876 с.
4. FengD., LorenzenL., AldrichC., Mare P.W. Exsitu diesel contaminateds oil washing with mechanical methods//Minerals Engineering.-2001.-№14.-P.1093–1100.
5. MasonT.J., Collings A., Sumel A. Sonic and ultrasonic removal of chemical contaminants from soilin the laboratory andon a large scale//Ultrasonics Sono chemistry.- 2004.-№11. –P. 205-210.

References

1. Agranat B.A. Ul'trazvukovaya tekhnologiya.- М.: Metallurgiya, 1974.-245s.
2. Meyson T.,Lindli Dzh. Khimiya i ul'trazvuk.- М.: Mir,1993.-244 s.
3. Golyamina I.P. Ul'trazvuk.- М.: Sovetskaya entsiklopediya, 1979.-876 s.
4. FengD., LorenzenL., AldrichC., Mare R.W. Exsitu diesel contaminateds oil washing with mechanical methods//Minerals Engineering.-2001.-№14.-R.1093–1100.
5. MasonT.J., Collings A., Sumel A. Sonic and ultrasonic removal of chemical contaminants from soilin the laboratory andon a large scale//Ultrasonics Sono chemistry.- 2004.-№11. –R. 205-210.

**НОВЫЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТРАБОТАННЫХ ОТБЕЛЬНЫХ ГЛИН
МАСЛОЖИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**NEW EFFICIENT MATERIALS FOR THE OIL AND GAS INDUSTRY WITH THE
USE OF SPENT BLEACHING CLAY OIL INDUSTRY**

**Надиров К.С., Есимхан Б.К., Сақыбаев Б.А., Бидасов Ж.М.
Nadirov K.S., Yesimkhan B.K., Sakibaev B.A., Bidasov Z.M.**

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

Резюме

В результате анализа научно-технической и патентно-лицензионной литературы по вопросам использования одного из отходов масложировой промышленности – отбеленной глины - намечено несколько направлений использования отработанных отбеленных глин для получения эффективных и дешевых композиционных материалов для защиты нефтепромыслового оборудования и нефтегазопроводов

Abstract

An analysis of the scientific, technical and patent-licensing literature on the use of waste oil industry - bleaching earth - identified several uses of spent bleaching clay for effective and cheap composite materials for the protection of oil and gas pipelines and oil field equipment

Ключевые слова: нефтегазовая отрасль, отходы масложировой промышленности, отбеленные глины, самовоспламенение, днища нефтепромысловых резервуаров, наполненные композиты, цементно-песчаный строительный раствор, антикоррозионные консервационные составы

Keywords: oil and gas branch, waste oil industry, bleaching earth, spontaneous combustion, oilfield bottom tanks, filled composites, sandy cement building misalignment, anticorrosive compositions conservation.

Главной задачей современной промышленности нашей республики является повышение качества продукции при одновременной экономии сырья, материалов и снижении себестоимости готового продукта. Одним из путей решения этих задач является использование вторичного сырья. В масложировой промышленности Казахстана при использовании многокомпонентного сырья растительного происхождения образуется около 150 тыс. тонн вторичного сырья и отходов ежегодно. Основными видами вторичных сырьевых ресурсов масложировой промышленности являются: подсолнечная лузга, хлопковая шелуха, жмыхи и шроты, фосфатидные концентраты, soapstочные жиры, гудроны, отработанные отбеленные глины и катализаторы. Наряду с экономическим аспектом использования вторичных сырьевых ресурсов имеется экологический аспект. В результате неиспользования производственных отходов и неконтролируемого выброса в воду, воздух и почву увеличивается антропогенная нагрузка на окружающую природную среду, что ведет к дисбалансу в экологических системах. Основными традиционными направлениями инновационного технологического и технического развития масложировой отрасли с учетом макропрогноза являются:

– создание технологий переработки масличных семян и продуктов из них с улучшенными технико-экономическими показателями, обусловленными использованием традиционных и нетрадиционных физических, тепловых, силовых, каталитических (химических и биотехнологических) способов;

– разработка научных основ экструзионных процессов и технологий с их использованием;

– разработка теоретических принципов создания новых экономических технологий и биологически полноценных видов продуктов, отвечающих современным требованиям науки о питании, с целью обеспечения различных групп населения разнообразными сбалансированными пищевыми продуктами [1].

В ЮКГУ им. М. Ауэзова в течение ряда лет проводятся научные исследования по комплексной переработке семян и масла хлопчатника, утилизации отходов, в том числе отбельной глины, по нетрадиционному направлению: для разработки технологий получения доступных, экономически выгодных, импортозамещающих композиционных химических реагентов и интенсификации процессов бурения, добычи, транспортировки и переработки углеводородного сырья из отходов масложировой промышленности.

В данной статье намечены пути использования отработанных отбельных глин масложировой промышленности для получения эффективных и дешевых композиционных материалов для защиты нефтепромыслового оборудования и нефтегазопроводов от коррозии в агрессивных высокоминерализованных средах.

Для осветления растительных масел и жиров используют активированные отбеливающие глины, получаемые путем кислотной обработки природных бентонитовых глин – алюмосиликатов, в состав которых входят щелочные и щелочноземельные металлы (4-10%) [2]. В отработанных отбельных глинах остается значительное количество жира, поэтому предложено несколько способов дополнительного его извлечения. При использовании метода флотации отработанные отбельные глины обрабатываются горячим 5 %-ным раствором соды в течение 3-4 ч. Затем в них добавляют 20 %-ный раствор поваренной соли и перемешивают 30 мин. После отстаивания смеси (6-8 ч) образуются три слоя. Верхний слой, который состоит из жира, используется для технических целей, средний в виде раствора используется повторно, а нижний (обезжиренные отбельные глины) вывозится на свалку. При использовании экстракционного метода глины обрабатываются бензином или другим растворителем, а также горячей водой [3]. Следует отметить, что на масложирокомбинатах, как правило, отработанные отбельные глины не обезжиривают и достаточно ценный продукт вывозится на свалку. В зависимости от качества масла и его назначения расходуются различные количества адсорбента, в среднем его норма составляет 1 %) массы отбеливаемых масел и жиров. Количество отработанного адсорбента на крупном маслоперерабатывающем предприятии может достигать десятка тонн в сутки. В зависимости от аппаратурного оформления процесса очистки и качества исходного адсорбента отработанный материал содержит до 40% рафинированного жира, и относится к IV классу опасности. Поэтому обезвреживание и утилизация маслосодержащих отходов, получаемых в процессе очистки растительных масел и гидрированных жиров, является весьма актуальной задачей для предприятий масложировой отрасли пищевой промышленности [4]. В литературе имеются данные по использованию отходов адсорбционной рафинации в различных областях промышленности. Показана возможность их эффективного применения в качестве кормовых добавок, при выработке мыльных паст, в качестве технологической смазки на метизных заводах, полировочной пасты для шлифовки прецизионной оптики. Также отработанные отбельные земли могут добавляться в растительные отходы для образования компоста, использоваться для производства строительных материалов (кирпича, керамзита, цемента, газобетона), в качестве добавки в магнезиальное

вяжущее, закладочные смеси, дорожные битумы. Обзор и критический анализ существующих в настоящее время технологий обезвреживания и утилизации отбельных глин приведен в работе [4]. Способы утилизации можно разделить на три основных направления.

1. Захоронение. При относительно невысокой энергоемкости процесса, незначительных затратах труда и невысокой стоимости оборудования полигона твердых бытовых отходов существует множество недостатков. При доступе кислорода воздуха на развитой поверхности бентонитов и диатомитов начинается интенсивное окисление растительных масел, приводящее к самопроизвольному возгоранию (как результат повышения температуры и выделения метана в ходе микробиологических и химических процессов), которое невозможно или очень сложно потушить. Происходит неконтролируемое горение отходов с выбросом в атмосферу значительного объема вредных веществ.

2. Использование. Возможно изготовление на основе отходов бытовых чистящих паст и моющих средств. Однако при вводе в рецептуру мыла более 2% отработанной глины наблюдается специфическое изменение внешнего вида. Использование в производстве строительных материалов целесообразно в экологическом плане, но не востребовано по экономическим соображениям. Использование в качестве кормовых добавок в количестве 3% от сухого веса рациона увеличивает продуктивность животных и снижает затраты кормов, но опять же не вызывает коммерческого интереса у животноводов.

3. Восстановление и регенерация. Обработка отработанных отбельных глин раствором соды под давлением или с использованием органических растворителей дает возможность повторно использовать адсорбент (сохраняется до 80% начальной активности), но требует создания полноценного химического производства, которое в свою очередь является экологически опасным. Самым простым методом восстановления является управляемое выжигание содержащихся в отходах маслосодержащих компонентов, и использование полученного тепла для технологического процесса. Как показывают расчеты, в результате замены части топлива - природного газа - замавленной глиной с содержанием масла ~ 40% в котельной масложирового комбината при выходе на полную проектную мощность будет обеспечиваться экономия около 2 млн.м³/год природного газа. Кроме того, сокращение эмиссии парниковых газов только в пересчете на CO₂, даже без учета возможного выделения метана на свалках замавленных глин, составит до 4 тыс. тонн в год.

Информация о применении обработанных отбельных глин для получения новых эффективных материалов для нефтегазовой отрасли отсутствует, несмотря на то, что данные технологии также могут обеспечить определенный экономический и несомненный экологический эффект.

На первом этапе исследований нами изучена возможность обезвреживания отбельной глины обработкой ПАВ с целью устранения таких опасных свойств глины, как самовоспламенение. Известно, что все отработанные отбельные глины способны самовозгораться, что следует учитывать при складировании, фасовке и хранении. Нами был исследован процесс самовозгорания глин в лабораторных условиях, определен механизм самовоспламенения и предложены пути ингибирования реакции термического окисления. Реализация этих мероприятий позволит существенно снизить пожароопасность в процессе изготовления товарных продуктов с использованием зажиренных сорбентов. Обработанные ПАВ глины можно использовать по нескольким направлениям. В результате анализа научно-технической и патентно-лицензионной литературы намечены четыре направления использования отработанных отбельных глин для получения эффективных и дешевых

композиционных материалов для защиты нефтепромыслового оборудования и нефтегазопроводов:

1. Разработка способов противокоррозионной защиты днищ нефтепромысловых резервуаров путем формирования модифицированного глиноцементного барьерного слоя, предотвращающего попадание сульфатовосстанавливающих бактерий (СВБ) на стальную поверхность резервуара вследствие полной непроницаемости барьерного слоя для СВБ и гибели последних в процессе контакта с бактерицидом – госсиполовой смолой, а также сокращение расхода состава за счет обеспечения высоких барьерных свойств отвердевших глинистых растворов. Разработки в этом направлении показали, что состав достаточно эффективен и позволяет защитить внутреннюю поверхность днища резервуара от локальной микробиологической и сероводородной коррозии; он заключается в нанесении на днище резервуара толстослойного покрытия на глинистой основе. В состав покрытия предполагается ввести, мас. %: бентонитовая глина 30,0 - 40,0; тампонажный цемент 8,0 - 10,0; неионогенное поверхностно-активное вещество - оксиэтилированные жирные кислоты госсиполовой смолы – 5,0-10,0, нативная госсиполовая смола – 15,0-20,0, отработанные отбельные глины – 10-12 и вода - остальное. Способ эффективен, прост и технологичен, позволяет увеличить межремонтный срок службы днищ резервуаров.

2. Разработка технологии получения составов, наполненных композитов, которые будут использованы в качестве наружного слоя трехслойного покрытия для защиты нефтепроводов от коррозии, полностью отвечающего требованиям, предъявляемым к полимерным материалам для защиты нефтепроводов по ГОСТ Р 52568-2006 и ТУ 1390-003-11928001-01 «Трубы стальные с наружным антикоррозионным покрытием на основе экструдированного полиэтилена, и превышающего свойства исходного полиэтилена по основным показателям.

3. Получение растворов для кладочных и штукатурных работ с повышенной прочностью. Предварительные исследования показали хорошие эксплуатационные свойства цементно-песчаного строительного раствора следующего состава, мас. %: цемент - 25,0 - 30,0; песок - 50,0 – 60; отработанная отбельная глина – до 10 -15.

4. Создание антикоррозионных консервационных составов на масляной основе для временного хранения техники и запасных частей. Потребность в защитных составах для снижения воздействия атмосферной коррозии металлоизделий, запасных частей и деталей, находящихся в процессе межоперационной обработки, удовлетворяется на 12 - 15 %. Частично дефицит покрывается за счет импортных материалов, которые не только в 5 – 6 раз дороже существующих отечественных продуктов, но и характеризуются неизвестным химическим составом и токсичностью. На базе отработавших масел и отбельных глин с высоким содержанием растительных масел возможно производство многотоннажных объемов антикоррозионных материалов, высокоэффективных в условиях атмосферной коррозии металлов, в том числе в жестких и особо жестких условиях.

Острота ситуации по защите оборудования усугубляется узостью необходимой сырьевой базы Казахстана, особенно в условиях многокомпонентных (часто до 8...15 составляющих) защитных составов. Огромные технические, экономические и социальные потери дополнительно указывают на важность решения проблемы создания доступных, эффективных, характеризующихся низкой себестоимостью материалов на основе различных отходов и вторичных материальных ресурсов.

Литература

1. Лукин А.А. Основные направления совершенствования технологических процессов в масложировой промышленности // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». - 2013. - т. 1. - № 1. – с.15-20.

2. Арутюнян Н.С., Аришева Е.А., Янова Л.И. и др. Технология переработки жиров. – М.: Агропромиздат. - 1985. - 368 с.
3. Адилов О.К. Вторичные продукты масложирового производства // Молодой ученый. — 2015. — №2. — с. 118-121.
4. Хвастухин Ю.И. и др. Утилизация отходов масложировых комбинатов // Наукові праці ОНАХТ - Одесса: 2007. - Вип. 30. - с. 200-205.

References

1. Lukin A.A Osnovnie napravleniya sovershenstvovanie tehnologicheskikh processov v maslojirovoy promishlennosti // Vestnik UYrGU. Serya «Pishevie biotehnologii». – 2013. – t. 1. . - № 1. – с.15-20.
2. Arutyunyan N.S,m Arisheva E.A., Yanova L.I. I dr. Tehnologya pererabotki jirov. – М.: Агропромиздат.- 1985. - 368 с.
3. Adilov O.K. Vtorichnie produkti maslojirovogo proizvodstva // Molodoi uchenni. — 2015. — №2. — с. 118-121.
4. Hvastuhin U.I. i dr. Utilizacia othodov maslojirovih kombinatov // Naukovi praci ONAХT- Odessa: 2007. - Vip. 30. - с. 200-205.

УДК 622.276.8
UDC 622.276.8

ПРОБЛЕМЫ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ НЕФТИ НА ПРОМЫСЛАХ

PROBLEMS OIL DEHYDRATION IN FISHERIES

Ахметов Н., Казиев М.Т., Садырбаева А.С., Туребекова А.М.
Akhmetov N., Kaziev M.T., Sadyrbaeva A.S., Turebekova A.M.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
a.sadyrbaeva@mail.ru

Резюме

В настоящее время большинство нефтяных месторождений находятся на заключительной стадии разработки, для которых характерна высокая обводненность (96-98 %) скважинной продукции. Пластовая вода, как правило, в значительной степени минерализована хлоридами Na, Mg и Ca (до 2500 мг/л солей даже при наличии в нефти всего 1% воды), а также сульфатами и гидрокарбонатами и содержит механические примеси. Наличие в нефти указанных веществ и механических примесей оказывает вредное влияние на работу оборудования нефтеперерабатывающих заводов: при большом содержании воды повышается давление в аппаратуре установок перегонки нефти, снижается их производительность, возрастает расход энергии; отложение солей в трубах печей и теплообменников требует их частой очистки, уменьшает коэффициент теплопередачи, вызывает сильную коррозию.

Одной из наиболее сложных задач, возникающих при подготовке скважинной продукции таких месторождений, является разрушение водонефтяных эмульсий, образующихся на различных стадиях обезвоживания.

Сложность технологии разрушения водонефтяных эмульсий заключается в необходимости одновременного учета множества параметров, меняющихся в

динамике. К ним относятся: компонентный состав нефти, степень ее обводненности, температурный режим, необходимость индивидуального подбора химических реагентов - деэмульгаторов, с учетом их стоимости, а также средств, понижающих вязкость для каждого конкретного объекта с одновременной корректировкой их дозировок с течением времени в зависимости от изменения условий. Поэтому исследование факторов, влияющих на эффективность подготовки товарной нефти, является весьма актуальным.

Abstract

Presently most oil-fields are on the final stage developments for that high water (96-98 %) of downhole products is characteristic. Stratal water, as a rule, is largely mineralized by the chlorides of Na, Mg and Ca (to 2500 mg/of л of salts even at presence of in oil all 1% waters), and also by sulfates and hydrocarbonates and contains mechanical admixtures. A presence in oil of the indicated substances and mechanical admixtures renders harmful influence on work of equipment of oil-processing plants : pressure in the apparatus of options of distillation of oil rises at large maintenance of water, their productivity goes down, the expense of energy increases; the deposit of salts in the pipes of stoves and heat-exchangers requires their frequent cleaning, diminishes the coefficient of heat transfer, causes strong corrosion.

One of the most intricate problems arising up at preparation of down hole products of such deposits is destruction of water-oil emulsions appearing on the different stages of dehydration.

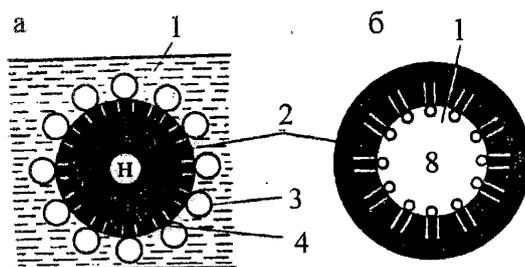
Complication of technology of destruction of water-oil emulsions consists in the necessity of simultaneous account of great number of parameters changing in a dynamics. To them behave: component composition of oil, degree of her обводненности, temperature condition, necessity of individual selection of chemical reagents - demulsifiers, taking into account their cost, and also facilities, lowering viscosity for every certain object with simultaneous adjustment of their dosages in time depending on the change of terms. Therefore, research of factors influencing on efficiency of preparation of commodity oil is very actual.

Ключевые слова: обезвоживание нефти, гравитационный отстой, нефтяная эмульсия, деэмульгатор, добыча нефти, подготовка нефти, нагревание.

Keywords: dehydration of oil, gravitational sediment, petroleum emulsion, demulsifier, booty of oil, preparation of oil, heating.

На разных нефтяных месторождениях извлекают обводнённую и не обводнённую нефть. Например, на нефтяных промыслах Татарстана соотношение таких видов добываемой нефти составляет примерно 50 на 50% [1]. Содержание воды в обводнённой нефти колеблется в широких пределах от 10 до 60%. При извлечении обводнённой нефти в ней образуется трудно разделяемая нефтяная эмульсия. Нефтяная эмульсия - это механическая смесь нерастворимых друг в друге жидкостей в которой одна из жидкостей диспергирована в другой в виде мелких капель (глобул) [2]. Эмульсия образуются в скважине, в промысловых трубопроводах, а также в аппаратах подготовки нефти вследствие интенсивного турбулентного перемешивания нефти с попутной пластовой водой. На каплях эмульсии оседают эмульгаторы. Они формируют на них бронирующие оболочки. Эмульгаторы (поверхностно активные вещества) содержатся в самой нефти. К ним относятся асфальтены, нафтены, смолы, парафин, соли и др. Это природные эмульгаторы. Содержание парафина в бронирующих оболочках может достигать 70%. Бронирующие оболочки не дают каплям нефти, воды сливаться друг с другом при обезвоживании нефти. При извлечении нефти образуется два типа нефтяной эмульсии. Эмульсия первого рода, или прямая, когда нефть диспергируется на капли в воде (тип масло в воде). И второго

рода, или обратная, когда вода диспергируется на капли в нефти (вода в масле). Структуры двух типов эмульсии показаны на рисунке 1.



а – нефть в воде; б – вода в нефти. 1 – вода; 2 – нефть; 3 – бронирующие оболочки

Рисунок 1. Типы нефтяной эмульсии

В извлекаемой нефти в основном образуется эмульсия второго рода, т.е. вода в нефти. Количество эмульсии первого рода очень незначительно. По содержанию дисперсной фазы нефтяные эмульсии бывают разбавленные (до 0,2% по объёму), концентрированные (до 74%) и высококонцентрированные (свыше 74%).

На промыслах извлекаемую из скважины нефть (её называют флюидом или сырой нефтью) подвергают операциям подготовки. В результате этих операций из сырой нефти получают товарную нефть, которая далее направляется на нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ). К одной из операций подготовки нефти относится обезвоживание.

Высокие темпы роста объёмов добычи и подготовки нефти, её концентрация в огромных количествах на центральных сборных пунктах требуют создания установок обезвоживания нефти высокой производительности. Сейчас это одна из наиболее актуальных задач. Действующие установки обезвоживания нефти очень дороги, металлоёмки, занимают большие производственные площади, требуют большого числа контрольной, измерительной и запорной арматуры, сложны в обслуживании.

При обезвоживании нефти на промыслах основной проблемой для нефтяников является разделение нефтяной эмульсии на нефть и воду. По требованиям ГОСТ России, стран СНГ, товарная нефть должна иметь следующие параметры: содержание влаги < 0,5% (ГОСТ 2477), содержание соли < 100 мг/л (ГОСТ 1534).

Чем мельче глобулы эмульсии, т.е. чем выше её дисперсность, тем труднее разделить эмульсию. Основным узлом на промысловых установках, резко увеличивающим дисперсность эмульсии, являются газовые сепараторы (сепараторы первой, второй ступени, вакуумный сепаратор). Например, размер капель (глобул) эмульсии на устье скважины до сепарации обычно составляет 200 мкм. После газовых сепараторов первой и второй ступени, дисперсность эмульсии резко увеличивается. А именно, размеры капель эмульсии уменьшаются до 3÷5 мкм.

Раньше, на первых этапах развития нефтяной промышленности, трудно разделяемую эмульсию, сбрасывали в амбары шлама, в реки, озёра или сжигали. Это приводило к большим потерям нефти и загрязнению окружающей среды.

Сейчас это запрещено законом РК и находится под государственным контролем.

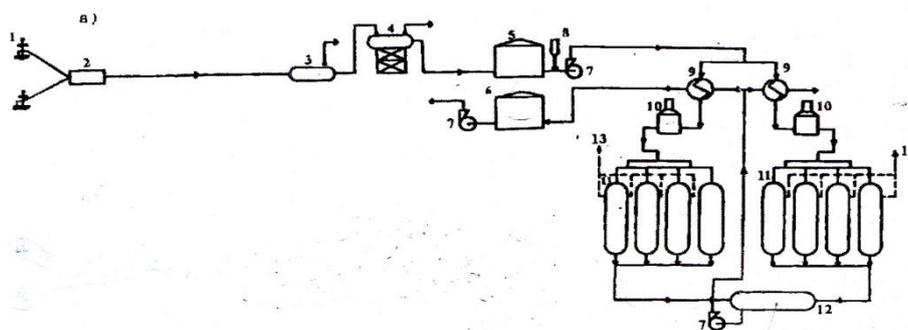
Следует отметить, что в разных странах допустимое содержание воды в товарной нефти различается. Например, в ФРГ, Канаде, США, Иране остаточное содержание воды в товарной нефти допускают до 1%.

Для разрушения эмульсии в установках подготовки нефти используют следующие технологические приёмы. Их цель – разрушение бронирующих оболочек на каплях эмульсии. Разработан ряд методов обеспечивающих разрушение оболочек. К ним относятся механический способ, в котором разрушение оболочек происходит при

соударении капель эмульсии с трубками, насадками из гидрофильных материалов в каплеобразователях. К другому методу разрушения оболочек относится нагревание нефти. Нагревание приводит к размягчению бронирующих оболочек. В результате, при столкновении капель, размягчённые оболочки быстро разрушаются, а капли нефти и воды сливаются друг с другом. Для вытеснения бронирующих оболочек с глобул эмульсии применяют также специальные химические вещества – деэмульгаторы [3]. Используют более 100 видов деэмульгаторов.

Как правило, при обезвоживании нефти используют не один метод в отдельности, а комбинации из трёх методов.

Традиционная схема обезвоживания нефти на промыслах показана на рисунке 2.

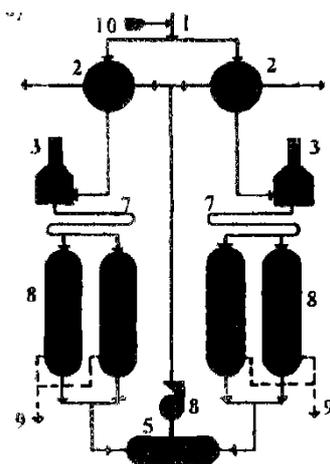


1 – скважина; 2 – групповая; 3,4 – сепараторы первой и второй ступени; 5,6 – сырьевой и товарный резервуары; 7 – насосы; 8 – ввод деэмульгатора; 9 – регенеративные теплообменники; 10 – подогреватели; 11 – отстойники; 12 – буферная ёмкость сбора обезвоженной нефти; 13 – отвод дренажной (отделённой) воды;

Рисунок 2. Схема обезвоживания нефти на промысле

Основной узел любой схемы обезвоживания нефти на промыслах: нагреватель – резервуар. Сырая нефть со скважин собирается и поступает в сепараторы 3,4 для отделения растворённых газов, затем накапливается в резервуаре 5. Перед насосом 7 в нефть вводят деэмульгатор и далее нагревают, вначале в регенеративных подогревателях 9, за счёт тепла обезвоженной нефти, и потом в нагревателях 10. Температура нагрева нефти $40\div 60$ °С. Нагретая нефть поступает в отстойники 11. В них происходит гравитационное отделение воды от нефти. Отделённую дренажную воду 13 отводят, а обезвоженную нефть вначале отдаёт тепло сырой нефти в регенеративном подогревателе 9, а затем накапливается в резервуаре 6 товарной нефти. При обезвоживании нефти основными статьями расходов повышающих себестоимость товарной нефти, являются стоимость деэмульгаторов, пара и воды. Например, доля затрат на деэмульгаторы в себестоимости обезвоживания нефти составляет $37,2\div 53,6$ %. Доля затрат на пар, воду составляет $19,2\div 47$ %.

Одним из направлений повышения эффективности обезвоживания нефти является использование совмещённых технологий. Их суть состоит в совмещении в одном и том же технологическом оборудовании нескольких технологических операций. Например, деэмульгатор вводят в нефть на устье скважины. В результате совмещают два процесса. Смешивание нефти с деэмульгатором и перемещение её к аппаратам подготовки. Другим примером совмещения является совмещение нагрева нефти с разрушением оболочек в каплеобразователях. Это позволило существенно ускорить гравитационное разделение эмульсии на нефть и воду в отстойниках и таким образом в 2 раза уменьшить количество отстойников по сравнению с традиционной схемой. Одновременно снизились затраты теплоты на нагрев нефти. Реконструированная схема обезвоживания показана на рисунке 3.



1 – ввод сырой нефти; 2 – регенеративный нагреватель;
 3 – нагреватель; 7 – каплеобразователи; 8 – отстойники;
 9 – сброс дренажной воды; 10 – ввод деэмульгатора.

Рисунок 3. Реконструированная схема обезвоживания

По нашему мнению есть и другие направления, которыми можно улучшить показатели работы установок обезвоживания нефти. Например, в действующих установках обезвоживания до сих пор используют медленный гравитационный отстой. Проблема создания высокопроизводительной отстойной аппаратуры становится сейчас наиболее актуальной. Высокие темпы увеличения объёмов добычи и подготовки нефти требуют создания отстойной аппаратуры высокой производительности. К другому недостатку относится то, что для размягчения бронирующих оболочек нагревают всю нефть вместе с эмульсией. Это не экономная трата энергии. Использование дорогих деэмульгаторов, которые необходимо тщательно смешивать с нефтью, также относим к недостаткам. В связи с этим для повышения производительности установок обезвоживания предлагается заменить гравитационный отстой вихревым разделением [4]. В этом разделителе специальным завихрителем в центре аппарата создаётся плоский вихрь. В центре такого вихря будут собираться вязкие, тяжёлые компоненты сырой нефти – дренажная вода, нефтяная эмульсия. Маловязкая чистая нефть соберётся на периферии. Оттуда чистую нефть отведут в сборник товарной нефти. С центра аппарата дренажную воду, эмульсию отведут и быстро нагреют в СВЧ нагревателе жидких сред [5]. Поэтому в предлагаемой схеме будет нагреваться не вся нефть, а только эмульсия. Из СВЧ нагревателя нагретая смесь будет направлена в вихревой разделитель меньшего размера, где эмульсия окончательно разделится. Из разделителя с периферии отделённая нефть будет направлена в бак товарной нефти, а дренажная вода на нагнетательные скважины. При такой схеме можно снизить затраты энергии и отказаться от дорогих деэмульгаторов.

Литература

1. Тронов В.П. Промысловая подготовка нефти. – Казань, «ФЭН», 2000, 416 с.
2. Образование, свойства и методы разрушения нефтяных ...
cdo.gubkin.ru/.../vinogradov-v-m-vinokurov-v-a-obrazovanie-svoystva
3. Деэмульгаторы - Словари и энциклопедии на Академике
dic.academic.ru/dic.nsf/enc_geolog/1733/Деэмульгаторы
4. Казиев М.Т., Бишимбаев В.К. Способ разделения растворов и устройство для его осуществления. Инновационный патент РК №20961, Бюл. №3.
5. Казиев М.Т. и др. СВЧ нагреватель жидкости. Патент РК №25990.

References

1. Thronov V.P. Promyslovayi podgotovka nefti. – Kazan, «FEN», 2000, 416 s.
2. Obrazovanie, svoistva i metody rasrusheniyja neftjanyh ...
cdo.gubkin.ru/.../vinogradov-v-m-vinokurov-v-a-obrazovanie-svoystva
3. Demulgatory – Slovari i encyclopedii na Akademike
dic.academic.ru/dic.nsf/enc_geolog/1733/Деэмульгаторы
4. Kaziev M.T., Bishimbaev V.K. Sposob rasdelenija rastvorov I ustroistvo dlja ego ocushcestvlenija. Innovationnyi patent RK №20961, Bul. №3.
5. Kaziev M.T. I dr . SVSh nagrevatel zhidkosti. Patent RK №25990.

УДК 622.345

UDC622.345

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭНЕРГОАККУМУЛИРУЮЩИХ ДОБАВОК И ЩЕЛОЧНЫХ РАСТВОРОВ НА НЕФТЕОТДАЧУ ПЛАСТОВ

STUDY OF INFLUENCE OF ADDITIONS ENERGY STORAGE AND CAUSTIC SOLUTIONS FOR OIL RECOVERY

**Бажиров Т.С., Жантасов М.К., Досжанов Б., Калменов М.У., Зият А.Ж.
Bazhirov T.S., Zhantasov M.K., Doszhanov B., Kalmenov M.U., Ziyat A.Zh.**

Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
manapjan_80@mail.ru

Резюме

Современное состояние нефтегазовой отрасли Казахстана характеризуется высоким потенциалом: большим запасом нефти и газа, наличием освоенных месторождений углеводородов, ростом добычи и экспорта нефти. При решении комплексной задачи повышения эффективности эксплуатации месторождения, находящегося на поздней стадии разработки, актуальным является выделение участков с высокой зональной и послойной неоднородностью с повышенным содержанием остаточных подвижных запасов и выбор технологий, направленных на их оптимальную эксплуатацию. В данной работе исследованы физико-химические основы применения энергоаккумулирующих добавок на основе ферросплавов и щелочных растворов для повышения нефтеотдачи пластов. Изучена кинетика взаимодействия силикокальция с пластовой водой и щелочными растворами в пластовой воде. Изучена кинетика взаимодействия энергоаккумулирующих добавок на основе ферросплавов и алюминия с щелочными растворами в пластовой воде. Установлено, что термоаккумулирующий эффект исследуемых добавок зависит от концентрации щелочи, количества вводимых добавок, состава композиционных добавок. Таким образом, термодинамический эффект взаимодействия композиций на основе ферросплавов в щелочных средах различной природы мало зависит от природы щелочной среды, а определяется ее концентрацией в пластовой воде. Полученные результаты свидетельствуют о возможности применения энергоаккумулирующих добавок на основе ферросплавов и различных щелочных отходов при разработке технологий повышения нефтеотдачи пластов.

Abstract

The current state of the oil and gas industry of Kazakhstan has a high potential: the large oil and gas reserves, the availability of development of hydrocarbon deposits, increasing oil production and exports. In addressing the complex task of improving the efficiency of the field at the late stage of development is the actual allocation of plots with high heterogeneity zonal and layered with a high content of residual mobile reserves and the choice of technologies aimed at their optimum use. In this paper the physic-chemical basis for the use of energy-based additives ferroalloys and alkaline solutions for enhanced oil recovery. The kinetics of the interaction silicocalcium with formation water and alkaline solutions in produced water. The kinetics of the interaction of energy-based additives ferroalloys and aluminum with alkali solutions in produced water. It is found that the thermal storage effect of the test additives depends on the concentration of the alkali, amount of additives, the composite composition additives. Thus, the thermodynamic interaction effect of the compositions on the basis of ferroalloys in alkaline media of different nature depends little on the nature of the alkaline medium, and is determined by its concentration in the formation water. The results suggest the possibility of using energy-based additives ferroalloys and various alkali waste in the development of technologies to improve oil recovery.

Ключевые слова: нефтеотдача, пласт, энергоаккумулирующая добавка, щелочные растворы, эксперимент, извлечение нефти, исследования, концентрация, кинетика

Keywords: oil recovery, reservoir, energy is stored additive, alkaline solutions, experiment, oil recovery, research, concentration, kinetics

Нефтегазовый сектор Республики Казахстан, как одна из ведущих отраслей промышленного производства является основой развития экономики и во многом определяет экономическую независимость страны. В этих условиях применение общепринятых технологий воздействия на продуктивный пласт и использование традиционных методов нефтедобычи может привести к необратимым процессам ухудшения фильтрационно-емкостных свойств коллектора в пласте и призабойной зоне и, как следствие, к снижению показателей разработки. Поэтому возникает необходимость поиска принципиально новых технических решений для интенсификации нефтедобычи на поздней стадии эксплуатации месторождений со сложными геолого-физическими условиями и аномальными свойствами нефтей.

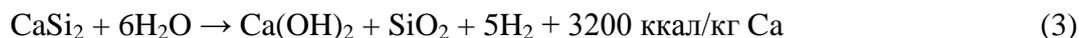
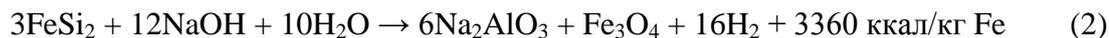
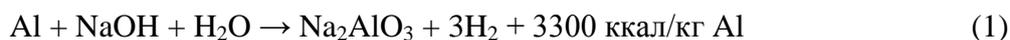
Повышение конечной нефтеотдачи пластов в настоящее время является одной из актуальных проблем энергообеспечения мирового сообщества. Известно, что современные технологии разработки нефтяных месторождений как в Республике Казахстан, так и за рубежом обеспечивают получение конечного коэффициента нефтеотдачи пластов в пределах 0,25-0,45, что является недостаточным [1-4].

В данной работе предложены результаты экспериментальных исследований эффективности процессов вытеснения нефти из моделей нефтяных пластов с применением энергоаккумулирующих добавок и щелочных растворов. Выполнено исследование кинетики взаимодействия данных добавок в щелочной среде.

Основная часть извлекаемых запасов нефти месторождений Казахстана добывается с применением методов заводнения, основанных на гидродинамическом воздействии на продуктивные пласты. Для современного этапа разработки нефтяных месторождений республики как и во всех нефтедобывающих странах характерно снижение эффективности этих методов.

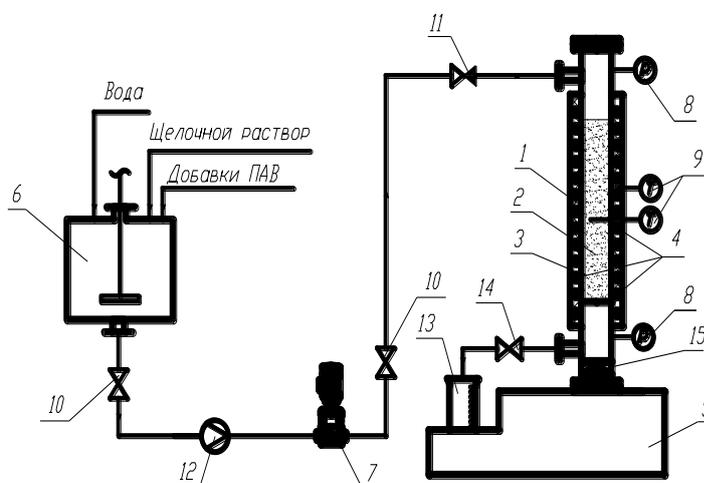
В качестве энергоаккумулирующих добавок при разработке способа воздействия на нефтяной пласт были применены ферросплавы – ферросилиций марок ФС75, ФС65, ФС45, силикокальций марок СК20, СК30, порошкообразный алюминий.

Повышение нефтеотдачи пластов при использовании композиции ферросплавов в щелочной среде основано на осуществлении следующих реакций, сопровождающихся выделением тепла и водорода:



Для выяснения механизма повышения нефтеотдачи пластов представляло интерес определение скорости взаимодействия выбранных энергоаккумулирующих добавок в различных щелочных растворах, повышения температуры и давления при этом в реакционном объеме[5].

Для проведения кинетических исследований процесса вытеснения нефти щелочными растворами, а также определения возможности повышения эффективности щелочного воздействия добавками различных ПАВ в состав щелочного раствора смонтирована экспериментальная установка, представленная на рис. 3.1.[6-7].



1 - Труба $D_y=50\text{мм}$; 2 - Модель нефтяного пласта; 3 - Теплоизоляция; 4- Электроподогреватель; 5 - Емкость сбора вытесненной нефти; 6 - Емкость для приготовления вытесняющего раствора; 7 - Насос высокого давления; 8 - Манометр; 9 - Термопара; 10 - Вентиль для регулирования подачи вытесняющего раствора; 11- Обратный клапан; 12- Расходомер; 13- Мерный цилиндр; 14- Вентиль подачи вытесненной нефти в мерный цилиндр; 15 - Вентиль подачи вытесненной нефти в емкость поз. 5.

Рисунок 3.1 - Схема экспериментальной установки для проведения кинетических исследований процесса вытеснения нефти энергоаккумулирующими добавками и щелочными растворами

Для проведения исследований применяли лабораторную установку состоящую из следующих основных узлов: емкости с мешалкой для приготовления вытесняющего раствора, поз. 6; трубы поз. 1, в которой установлена модель элемента нефтяного пласта, поз. 2; емкости для сбора вытесненной нефти 5 и линии подачи вытесняющего раствора в модель элемента нефтяного пласта. Подача вытесняющего раствора в модель элемента пласта осуществляется с помощью насоса высокого давления поз. 7. Расход вытесняющего раствора регулируется вентилями поз. 10, по показаниям расходомера поз. 12. Для предотвращения сброса давления на линии подачи раствора установлен обратный клапан поз. 11. Вода и композиционные добавки для приготовления вытесняющего раствора загружают в емкость, поз. 6, откуда после усреднения подают во всасывающую линию насоса поз. 7. Для поддержания заданного температурного

режима в модели элемента нефтяного пласта поз. 2, на трубе поз. 1, установлен электроподогреватель поз. 4. Труба теплоизолирована поз. 3.

Исследования вытеснения нефти различными методами воздействия на модель нефтяного пласта, рис. 3.2-3.4 показывают, что динамика вытеснения нефти зависит объема прокачиваемой жидкости отнесенной к объему пор модельного пласта ($V_{\text{прок.}}/V_{\text{пор.}}$) и технологии воздействия на пласт.

Так, при проведении эталонных экспериментов с использованием в качестве вытесняющего агента горячей воды рис. 3.2, линия – 1, при изменении соотношения $V_{\text{прок.}}/V_{\text{пор.}}$ от 5 до 8, коэффициент извлечения нефти изменяется от 0,602 до 0,642%. Нагнетание в нефтяной пласт горячей воды с добавкой 0,75% щелочи (NaOH), рис 3.2 линия – 2, при изменении соотношения $V_{\text{прок.}}/V_{\text{пор.}}$ от 5 до 8, увеличивает коэффициент извлечения нефти от 0,63 до 0,68%, что позволит дополнительно извлечь 5-5,92% нефти.



- 1 – Горячая вода 90 °С; 2 – Пластовая вода 90 °С + раствор NaOH - 0,75%;
 3 – Пластовая вода 50 °С + раствор NaOH - 0,5% + ФС65 + Al (4,5:0,4);
 4 – Пластовая вода 50 °С + раствор NaOH - 0,5% + ФС75 + Al (4,5:0,4)

Рисунок 3.2 - Зависимость степени извлечения нефти от объема прокачиваемой жидкости ($V_{\text{прок.}}/V_{\text{пор.}}$) и технологии воздействия на пласт

Воздействие на модель пласта щелочного раствора пластовой воды, с концентрацией NaOH 0,5% и энерго-аккумулирующими добавками ФС65 + Al и ФС75 + Al с соотношением (4,5:0,4), рис 3.2 линии – 3 и 4, соответственно, показывает изменение динамики вытеснения нефти в сторону увеличения коэффициента извлечения, как с увеличением соотношения $V_{\text{прок.}}/V_{\text{пор.}}$, так и от использования марки ферросилиция.

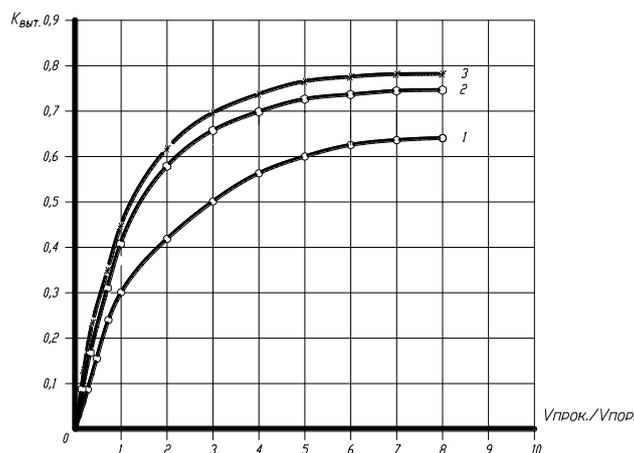
Изменение соотношения $V_{\text{прок.}}/V_{\text{пор.}}$ от 5 до 8, при воздействии на модель пласта щелочного раствора пластовой воды, с концентрацией NaOH 0,5% и энергоаккумулирующей добавкой ФС65 + Al с соотношением (4,5:0,4), рис. 3.2, линия – 3, увеличивает коэффициент извлечения нефти от 0,656 до 0,698%, что соответствует дополнительному извлечению 8,97% нефти по сравнению с использованием в качестве вытесняющего агента горячей воды и 2,6-4,1% по сравнению с использованием в качестве вытесняющего агента щелочного раствора NaOH с концентрацией 0,75%.

Замена марки ферросилиция в составе аккумулялирующей добавкой с ФС65 на ФС75 с изменением соотношения $V_{\text{прок.}}/V_{\text{пор.}}$ от 5 до 8 повышает коэффициент извлечения нефти от 0,7 до 0,726%, рис. 3.2 - линия 4, что связано с увеличением

содержания реакционно-способного кремния в составе ФС75, что в конечном итоге способствует повышению термодинамического эффекта реакции, что соответственно увеличивает температуру модели пласта.

Результаты исследований представленные на рис. 3.3 показывают, на увеличение коэффициента извлечения нефти с увеличением концентрации щелочи в пластовой воде и содержания алюминия в составе аккумулялирующей добавкой.

Так коэффициент извлечения нефти, при воздействии на модель пласта щелочного раствора пластовой воды, с концентрацией NaOH 1,0% и энергоаккумулялирующей добавкой ФС65 + Al с соотношением (6,5:0,6), с увеличением соотношения $V_{\text{прок.}}/V_{\text{пор.}}$ от 4 до 8, повышается от 0,7 до 0,74%, рис. 3.3 линия – 2.



1 – Горячая вода 90 °С; 2 – Пластовая вода 50 °С + раствор NaOH - 1,0 % + ФС65 + Al (6,5:0,6); 3 – Пластовая вода 50 °С + раствор NaOH - 1,0 % + ФС75 + Al (6,5:0,6).

Рисунок 3.3 - Зависимость степени извлечения нефти от объема прокачиваемой жидкости ($V_{\text{прок.}}/V_{\text{пор.}}$) и технологии воздействия на пласт

При использовании в составе энергоаккумулялирующей добавкой ФС75 + Al с соотношением 6,5:0,6), рис. 3,3 линия – 3, коэффициент извлечения нефти с увеличением соотношения $V_{\text{прок.}}/V_{\text{пор.}}$ от 4 до 8, повышается от 0,72 до 0,788%. Соответственно, в этих условиях, дополнительное количество извлеченной нефти составит при воздействии на модель пласта щелочного раствора пластовой воды, с концентрацией NaOH 1,0% и энергоаккумулялирующей добавкой ФС65 + Al с соотношением (6,5:0,6), составит 15,26 - 16,27%, а в тех же условиях с энергоаккумулялирующей добавкой ФС75 + Al – 19,6 – 23%.

Эффект увеличения коэффициента извлечения нефти при использовании энергоаккумулялирующих добавок (ФС65 + Al) и (ФС75 + Al), можно объяснить значительным термодинамическим эффектом реакции, что увеличивает температуру модели пласта до 96 -106,5°C, и образованием значительного количества водорода, увеличивающего внутрипластовое давление в модели нефтяного пласта.

Результаты экспериментов описанные выше, были получены с использованием раствора NaOH, для создания щелочной среды в пластовой воде. Следует отметить, что NaOH является дорогим реагентом и в республике не производится.

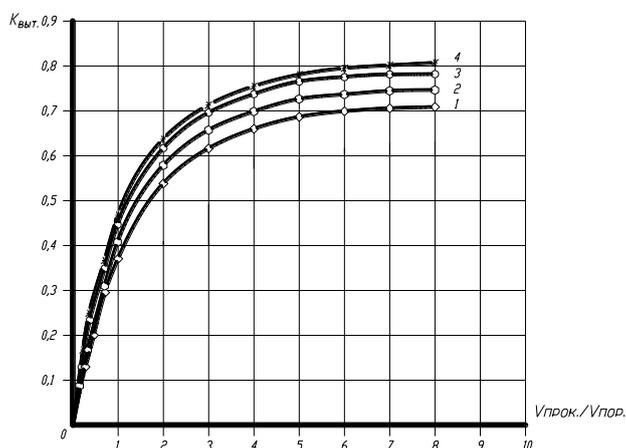
В этой связи, представляет интерес поиска его возможной замены, на другие реагенты, способные создать щелочную среду в пластовой воде. В качестве таких реагентов с успехом могут быть использованы щелочные отходы различных производств.

С этой целью, была проведена серия экспериментов с использованием в качестве таких добавок - щелочных отходов производства хромовых соединений и щелочных

отходов после выщелачивания дистиллятов дизельного топлива. Результаты этих экспериментов представлены на рис. 3.4.

В качестве энергоаккумулирующих добавок применялись - (ФС65 + Al) и (ФС75 + Al), с соотношениями (4,5:0,4). В экспериментах, щелочные отходы производства хромовых соединений и щелочные отходы после выщелачивания дистиллятов дизельного топлива, в состав пластовой воды вводили в виде раствора в количестве эквивалентном концентрации NaOH – 0,5%. В ходе исследований вытеснения нефти щелочными отходами производства хромовых соединений и щелочными отходами после выщелачивания дистиллятов дизельного топлива с энергоаккумулирующими добавками, проведенных на модельной установки рис. 3.1, установлено что как и предыдущей серии опытов динамика вытеснения нефти зависит объема прокачиваемой жидкости отнесенной к объему пор модельного пласта ($V_{\text{прок.}}/V_{\text{пор.}}$), состава энергоаккумулирующих добавок.

Так, на рис. 3.4 линия – 1, при вытеснении нефти пластовой водой, содержащей 0,5% NaOH, в виде щелочных отходов производства хромовых соединений и энергоаккумулирующую добавку (ФС65 + Al), с соотношением (4,5:0,4), с увеличением соотношения $V_{\text{прок.}}/V_{\text{пор.}}$ от 4 до 8 коэффициент извлечения нефти, увеличивается от 0,65 до 0,708%, а дополнительное извлечение нефти составит 10,28%.



- 1 – Пластовая вода 50 °С + водный раствор щелочных отходов производства хромовых соединений с концентрацией NaOH - 0,5% + ФС65 + Al (4,5:0,4);
- 2 – Пластовая вода 50 °С + водный раствор щелочных отходов производства хромовых соединений, с концентрацией NaOH - 0,5% + ФС75 + Al (4,5:0,4);
- 3 - Пластовая вода 50 °С + водный раствор щелочных отходов после выщелачивания дистиллятов дизельного топлива с концентрацией NaOH - 0,5% + ФС65 + Al (4,5:0,4);
- 4 - Пластовая вода 50 °С + водный раствор щелочных отходов после выщелачивания дистиллятов дизельного топлива, с концентрацией NaOH - 0,5% + ФС75 + Al (4,5:0,4).

Рисунок 3.4 - Зависимость степени извлечения нефти от объема прокачиваемой жидкости ($V_{\text{прок.}}/V_{\text{пор.}}$) и технологии воздействия на пласт

В этих же условиях, замена ФС65 на ФС75, в экспериментах, рис. 3.4 линия – 2, приводит к увеличению коэффициента извлечения нефти от 0,694 до 0,734%, при этом извлечение нефти увеличится до 14,33%, по отношению к воздействию на пласт горячей водой при $T=90$ °С.

Аналогичная тенденция наблюдается при воздействии на модельный пласт в тех же условиях щелочными отходами после выщелачивания дистиллятов дизельного топлива, приложение Н, рис 3.4 линии 3 - 4.

Здесь, рис 3.4 линия - 3, с увеличением соотношения $V_{\text{прок.}}/V_{\text{пор.}}$ от 4 до 8 коэффициент извлечения нефти, при использовании добавки (ФС65 + Al), с соотношением (4,5:0,4), увеличивается от 0,698 до 0,784%, а дополнительное извлечение нефти составит 22,11%.

При использовании ФС75, рис. 3.4 линия – 4, коэффициент извлечения нефти увеличивается от 0,75 до 0,81%, при этом извлечение нефти увеличится до 26,16%, по отношению к воздействию на пласт горячей водой при $T=90$ °С. Анализ результатов экспериментов показывает заметное увеличение коэффициента извлечения нефти при использовании исследуемых щелочных отходов в качестве подщелачивающего реагента вместо традиционной щелочи NaOH.

Это увеличение, по всей вероятности объясняется возможным присутствием в их составе компонентов обладающих поверхностно-активным действием. Особенно это относится к щелочным отходам после выщелачивания дистиллятов дизельного топлива, содержащих натриевые мыла нафтеновых кислот, являющиеся эффективными ПАВ.

Таким образом, проведенная серия экспериментов показала принципиальную возможность использования в технологии воздействия на нефтяной пласт пластовой воды в комплексе с щелочными отходами и энергоаккумулирующими добавками на основе ферросилиция и алюминия.

Литература

1. Рассохин А.С., Соколов А.Ф., Рассохин С.Г., Ваньков В.П., Мизин А.В. Оценка коэффициентов вытеснения вязкой нефти по результатам физического моделирования разработки продуктивного пласта // Разработка месторождений углеводородов: Сб. науч. тр. - М.: ООО «ВНИИГАЗ», 2008. - с. 146-153.

2. Рассохин А.С. Экспериментальная оценка возможности повышения нефтеотдачи оторочки высоковязкой нефти / Применение новых технологий в газовой отрасли: опыт и преемственность: Тезисы докладов международной научно-практической конференции молодых специалистов и ученых 30 сентября - 01 октября 2008 г. - М.: ВНИИГАЗ, 2008. - с. 102-103.

3. Газизов А.А., Дузбаев С.К., Утегалиев С.А. Технологии комплексного действия – эффективное решение проблемы повышения нефтеотдачи пластов с трудноизвлекаемыми запасами // Нефтегаз.- 2005.- № 3.- С. 72-75.

4. Дузбаев С.К., Куанышев А.Ш., Нуралиев Б.Б. Тектонические активные зоны и перспективы нефтегазоносности юга Прикаспийской впадины и её обрамления // Нефть и Газ.- 2001.- № 1.- С. 34-39.

5. Ленченкова Л.Е., Кабиров М.М., Персиянцев М.Н. Повышение нефтеотдачи неоднородных пластов. Уфа, 1998. - 255 с.

6. Закиров С.Н., Николаев В.А., Закиров Э.С., Индрупский И.М., Рассохин А.С. Нетрадиционные результаты экспериментов по вытеснению вязких нефтей различными рабочими реагентами и их обработка. ИПНГ РАН, ООО «Газпром ВНИИГАЗ» Отчет по НИР. 2009.-31 с.

7. Смирнов СР. Экспериментальные исследования и разработка модифицированных ПДС с кислотно-щелочными добавками для ограничения притока подошвенных вод. Казань, ОАО «НИИнефтепромхим», Отчет по НИР. 1999.-95 с.

References

1. Rassokhin A.S., Sokolov A.F., Rassokhin S.G., Van'kov V.P., Mizin A.V. Otsenka koeffitsientov vytesneniya вязкой нефти по резул'tatam fizicheskogo modelirovaniya razrabotki produktivnogo plasta // Razrabotka mestorozhdeniy uglevodородов: Sb. науч. тр. - М.: ООО «VNIIGAZ», 2008. - s. 146-153.

2. Rassokhin A.S. Eksperimental'naya otsenka vozmozhnosti povysheniya nefteodachi otorochki vysokovyazkoy nefi / Primenenie novykh tekhnologiy v gazovoy otrasli: opyt i preemstvennost': Tezisy dokladov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh spetsialistov i uchenykh 30 sentyabrya - 01 oktyabrya 2008 g. - M.: VNIIGAZ, 2008. - s. 102-103.

3. Gazizov A.A., Duzbaev S.K., Utegaliev S.A. Tekhnologii kompleksnogo deystviya – effektivnoe reshenie problemy povysheniya nefteodachi plastov s trudnoizvlekaemymi zapasami //Neftegaz.- 2005.- № 3.- S. 72-75.

4. Duzbaev S.K., Kuanyshev A.Sh., Nuraliev B.B. Tektonicheskie aktivnye zony i perspektivy neftegazonosnosti yuga Prikaspiyskoy vpadiny i eye obramleniya //Neft' i Gaz.- 2001.- № 1.- S. 34-39.

5. Lenchenkova L.E., Kabirov M.M., Persiyantsev M.N. Povysenie nefteodachi neodnorodnykh plastov. Ufa, 1998. - 255 s.

6. Zakirov S.N., Nikolaev V.A., Zakirov E.S., Indrupskiy I.M., Rassokhin A.S. Netraditsionnye rezul'taty eksperimentov po vytesneniyu vyazkikh neftey razlichnymi rabochimi reagentami i ikh obrabotka. IPNG RAN, OOO «Gazprom VNIIGAZ» Otchet po NIR. 2009.-31 s.

7. Smirnov S.R. Eksperimental'nye issledovaniya i razrabotka modifitsirovannykh PDS s kislotno-shchelochnymi dobavkami dlya ogranicheniya pritoka podoshvennykh vod. Kazan', OAO «NIIneftepromkhim», Otchet po NIR. 1999.-95 s.

УДК 665.614, 665.613

UDC665.614, 665.613

ОБВОДНЕННОСТЬ СКВАЖИН И РАЗДЕЛЕНИЕ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

WATERCUT WELLS AND SEPARATION OF WATER-OIL EMULSIONS

**Голубев В.Г., Бажиров Т.С., Жантасов М.К., Молдабеков Э.Т., Зият А.Ж.
Golubev V.G., Bazhirov T.S., Zhantasov M.K., Moldabekov E.T., Ziyat A.Zh.**

Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауэзова, Шымкент,
Казахстан

M.Aueзов South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
manapjan_80@mail.ru

Резюме

В данной работе раскрывается процесс обводнения скважин и негативное влияние пластовой воды на процесс извлечения нефти при ее добыче. Приводятся причины образования водонефтяных эмульсий- из-за фильтрации и проникновения пластовой воды в призабойную зону добывающих скважин, смешения нефти и воды при движении по стволу скважины, интенсивного гидродинамического воздействия рабочих органов электропогружных и штанговых насосов, турбулизации потока в скважинной арматуре, разгазирования нефти при подъеме на поверхность и т.д. В то же время, промежуточный слой образующийся при добыче нефти, представляет собой достаточно сложную систему, требующую значительных исследований и экономических затрат. Для эффективного решения данной проблемы необходима информация о результаты исследования ловушечной эмульсии, результаты исследования стабильности эмульсии в зависимости от рН водной фазы, физико-

химические свойства промежуточных слоев, результаты измерения вязкости при разных температурах и градиентах скорости сдвига, которую представляют авторы. Кроме того, авторами отмечено, что образование промежуточного слоя является результатом неполного разрушения бронирующих оболочек на каплях эмульгированной воды в нефти при замедленном протекании процессов коалесценции и осаждения этих капель. Кинетика образования промежуточного слоя зависит от термохимических и гидродинамических методов воздействия на нефтяные эмульсии. Таким образом, анализ проделанных исследований позволил определить основные причины образования устойчивых промежуточных слоев.

Abstract

This work reveals the process of water wells and the negative impact of produced water on the extraction process of the oil during extraction. Are the reasons for the formation of oil-water emulsions due to filtering and infiltration of produced water into bottom-hole zone of producing wells, mixing oil and water when moving along the wellbore, intensive hydrodynamic influence of the working bodies of electrical submersible and sucker rod pumps, turbulence of the flow in a downhole valve, the gassing of oil rise to the surface, etc. At the same time, the intermediate layer resulting from the extraction of oil, is a fairly complex system, requiring significant research, and economic costs. For the effective solution of this problem requires information about the results of the study of trapped emulsion, stability of emulsion, depending on the pH of the aqueous phase, physico-chemical properties of the intermediate layer, the results of viscosity measurements at different temperatures and gradients of shear rate presented by the authors. In addition, autonomy noted that the formation of the intermediate layer is a result of incomplete destruction of booking shells of water droplets emulsified in oil in the slow processes of coalescence and sedimentation of these drops. The kinetics of formation of the intermediate layer depends on the thermochemical and hydrodynamic methods of influence on oil emulsion. Thus, the analysis of the conducted research allowed to determine the main reasons for the formation of stable intermediate layers.

Ключевые слова: нефть, водонефтяная эмульсия, скважина, разделение, плотность, фракционный состав, промежуточный слой.

Keywords: oil, water-oil emulsions, well, split, density, fractional composition, the intermediate layer

Всё время существования нефтяной промышленности, добыча нефти, к сожалению, неразрывно связана с добычей воды. Обводнение скважин является одной из основных причин их ликвидации [1], а преждевременный прорыв воды в скважину приводит к неполной выработке запасов нефтяного месторождения. Кроме того, часто возникают большие трудности, связанные с разделением воды и нефти при подготовке добываемой продукции. В процессе добычи нефти с водой образуются водонефтяные эмульсии. Они возникают из-за фильтрации и проникновения пластовой воды в призабойную зону добывающих скважин, смешения нефти и воды при движении по стволу скважины, интенсивного гидродинамического воздействия рабочих органов электропогружных и штанговых насосов, турбулизации потока в скважинной арматуре, разгазирования нефти при подъеме на поверхность [2]. При отстаивании водонефтяных эмульсий в резервуарах первичной установки подготовки нефти (УПН) образуются так называемые «промежуточные слои» между отделившимися слоями свободной нефти и воды [3]. Промежуточные слои, образующиеся при отстаивании эмульсий тяжелых нефтей, имеют большую стойкость, чем промежуточные слои, образующиеся при отстаивании эмульсий легких нефтей [3]. В связи с этим, наиболее остро стоит проблема разделения водонефтяных эмульсий на месторождениях тяжелых нефтей,

особенно, находящихся на последней стадии разработки. В мире запасы легких углеводородов истощаются, поэтому перед нефтяной промышленностью стоит вопрос об освоении залежей с более тяжелой и вязкой нефтью. А значит, и проблема разделения высоко стойких промежуточных слоев будет возникать все чаще. По разным оценкам мировые запасы тяжелой нефти составляют от 790 млрд.т. до 1 трлн.т., что в 5-6 раз больше остаточных извлекаемых запасов нефти малой и средней вязкости. Геологические запасы высоковязкой нефти и битумов в Казахстане и России – составляют свыше 100 млрд.т.

На сегодняшний день нет четкого определения термина «промежуточный слой». Недостаточно изучены структура, состав и свойства промежуточных слоев, а также механизмы их образования [3]. Для рационального проектирования и использования системы подготовки природной нефти необходимо более детально изучить характеристики промежуточных слоев. К сожалению, значительная часть исследований механизмов образования промежуточных слоев проводилась не в хорошо определенных лабораторных экспериментах, а на базе промыслового оборудования в нестационарных условиях [2–5]. Перемещение жидких сред относительно друг друга может приводить к ошибочным предположениям о формировании промежуточного слоя или к неверной идентификации дискретных продуктов разрушенных эмульсий. Важнейшими техническими проблемами являются повышенная устойчивость и вязкость промежуточных слоев, которые снижают скорость отделения нефти от воды. Промежуточные слои негативно влияют и на экономические показатели. Подготовка скважинной продукции к транспорту является высокочрезвычайно затратным процессом. Он характеризуется высокой энерго- и металлоемкостью, что связано с необходимостью разрушения водонефтяных эмульсий. Так, на получение 1 т кондиционной нефти, отделяемой от продукции нефтяных скважин, расходуется до 106 кДж тепла [7]. Для сепарации скважинной продукции необходимо строить огромные наземные сооружения (резервуары, отстойники и др.). Известно, что наличие промежуточных слоев вызывает не только технологические, экономические, но и экологические проблемы. В этом актуальном документе отмечается, что ни один из известных методов обезвоживания не может разрушить все виды эмульсий. Следует учесть, что объемы образующихся промежуточных слоев составляют от нескольких сотен до нескольких тысяч тонн в год. Чтобы снизить отрицательное влияние промежуточных слоев на окружающую среду, необходимо постоянно сбрасывать их в амбары-шламонакопители и перерабатывать. После переработки промежуточных слоев остаток (нефтешлам) необходимо утилизировать. [3]. Для минимального загрязнения окружающей среды нефтешламами необходимы новые технологии утилизации и переработки промежуточных слоев.

Большинство авторов считает, что промежуточный слой является эмульсией типа В/Н [2,3,6]. Однако, некоторые исследователи пишут, что промежуточный слой состоит из множественной эмульсии (дисперсная фаза эмульсии одновременно является дисперсионной средой для ещё более мелкой дисперсной фазы) и обычной эмульсии (состоит из одной дисперсной фазы и одной дисперсионной среды) [4, 5]. Основной причиной устойчивости эмульсий типа В/Н является структурно-механический барьер или бронирующая оболочка – высоковязкий структурированный межфазный слой, образующийся вокруг глобул воды в результате адсорбции природных эмульгаторов, содержащихся в нефти [6]. Бронирующие оболочки могут содержать и механические примеси. Промежуточные слои имеют сложную пространственную структуру. В разных исследованиях выделяют разное количество зон [4, 5].

В своих исследованиях Салимов М. [5] (см. таблицу 1.) разделил отстоявшиеся ловушечные эмульсии (извлеченные промежуточные слои) условно

на 3 слоя: нижний, средний и верхний. Автор предполагает, что нижний слой стабилизируется твердыми частицами, средний – смолами и парафинами, а верхний – парафинами.

Таблица 1. Результаты исследования ловушечной эмульсии

Проба	Вода, %	Механические примеси, %	Асфальтены	Смолы	Парафины
Верхняя часть	22,3	2,04	3,4	8,5	11,4
Средняя	34,9	5,87	2,6	12,0	8,3
Нижняя	42,6	27,1	2,5	6,2	1,6

Ю.П. Борисевич, Г.З. Краснова [5] выделяют 2 зоны в промежуточном слое: первая выше условной границе раздела фаз нефть-вода (она проходит внутри промежуточного слоя), вторая – ниже. Первая зона состоит из очень устойчивой эмульсии типа В/Н. Бронирующие оболочки в этой зоне являются прочными и стойкими. Эти оболочки по свойствам близки к твердым телам. Первая зона характеризуется наличием большого количества элементов брони, которые образуют отдельную фазу, в виде хлопьев, которые накапливаются на условной границе раздела фаз. Содержание воды в этой зоне увеличивается с глубиной от 30-50% до 90% в зависимости от условий отстаивания. Вторая зона состоит из множественной, концентрированной эмульсии, также с чрезвычайно стойкими и прочными бронирующими оболочками. Как упомянуто выше, наличие бронирующего слоя на поверхности капель воды является основной причиной повышенной устойчивости промежуточных слоев. Этот слой состоит из стабилизирующих частиц механических примесей, асфальтенов, сульфидов железа, парафинов и других. Мухаметшин В.Х. отметил, что основным стабилизатором промежуточного слоя является сульфиды железа [8]. Ибрагимова Н.Г. пишет, что главными стабилизаторами являются асфальтены [3]. В книге Ибрагимова Н.Г. [3] написано об исследованиях (ссылка 50), в которых сказано, что главными стабилизаторами могут быть разные вещества, например, при понижении температуры до 5°С ими становятся парафины. В книге Сахабутдинова Р.З. и др. [2] добавляется, что промежуточный слой может стабилизироваться различного рода гелеобразующими системами. Такие вещества применяются для ограничения водопритока и гидроразрыва пласта [2]. Следует отметить, что обводненность скважинной продукции влияет на устойчивость промежуточного слоя. Бронирующие слои содержат органические кислоты и основания. Добавление неорганических щелочей или кислот в воду (изменение рН среды) приводит к радикальному изменению стойкости и подвижности промежуточного слоя [3].

В книге Ибрагимова Н.Г. представлены результаты исследования влияния рН водной среды на стабильность эмульсии (таблица 2) [3].

Таблица 2. Результаты исследования стабильности эмульсии в зависимости от рН водной фазы

рН	Тип эмульсии	Стабильность эмульсии
3	Вода в нефти	Высокая
6	Вода в нефти	Высокая
10	Вода в нефти	Низкая
10,5	-	Нестабильная
11	Нефть в воде	Низкая
13	Нефть в воде	Высокая

Концентрация ионов водорода в воде влияет на способность асфальтенов, смол, сульфидов железа, органических кислот и щелочей создавать упругие и прочные бронирующие слои. При высокой концентрации ионов водорода в воде асфальтены образуют упругие и прочные бронирующие слои, при низкой – подвижные и слабые. Смолы при высоких значениях pH воды образуют прочные бронирующие оболочки. В книге Сахабутдинова Р.З. приведены результаты исследования физико-химических свойств промежуточных слоёв, таблицы 3, 4 и 5.

Таблица 3. Физико-химические свойства промежуточных слоев

Показатели	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4	Проба 5	Проба 6
Концентрации				43		
Воды, %	16,0	52,3	20,40		12,7 ... 92,8	54,6
Механических примесей, %	0,43	3,7	4,7		0,37 .. 2,46	0,24
Хлористых солей, г/л	26,61	77,3				180
Плотность при 20 °С, г/см ³	0,963	1,027	0,963	1,015		1,042
Динамическая вязкость (мПа*с) при температуре						
20 °С			1211			895,8
40 °С			6282			243,6
60 °С			23,56			92,1

Таблица 4. Результаты измерения вязкости при разных температурах и градиентах скорости сдвига пробы 2.

Скорость ротора мин ⁻¹	Динамическая вязкость (мПа*с) при температуре (°С)					
	20	30	40	50	60	70
0,9	10989	14985	11988	9657	9324	6993
1,8	6331	6497	8663	4165	5498	4498
3,0	4500	4000	3600	2300	3200	
6,0	3200	2650	2000	900	1550	
30	Срыв	600	1100	400	740	420
60	-	700	800	750	500	425
90	-	Срыв	Срыв	Срыв	433	366
180	-	-			367	417
200	-	-			360	

Таблица 5. Результаты исследования состава промежуточного слоя по высоте резервуара пробы 5

Уровень отбора пробы, м	Содержание воды, %	Содержание мех.примесей, %
9	12,7	0,84
8	44,3	1,96
7	28,9	1,99
6	56,6	1,62
5	45,1	1,66
4	47,2	1,56
3	57,6	2,46
2	52,4	1,13
1	92,8	1,56
0	68,8	0,37

Промежуточные слои, отобранные на различных объектах в разное время, значительно различаются между собой по обводненности, плотности, содержанию механических примесей, солей, сульфидов железа и реологическим свойствам [3].

Это подтверждается вышеизложенными таблицами 3, 4. Неоднородность состава состаренной эмульсии в резервуаре видна из таблицы 5.

На сегодняшний день нет полностью адекватной модели образования и структуры промежуточного слоя [3], что не дает возможности получить представление о механизме образования промежуточного слоя.

В книге под общей редакцией Ибрагимова Н.Г. и Ишемгужина Е.И. [3] описывается образование промежуточных слоев следующим образом. При гравитационном разделении водонефтяных эмульсий первые капли воды осаждаются на границе вода-нефть, но сразу перейти в водную зону не могут. Сверху на них осаждаются другие капли воды, что способствует прохождению первых капель воды в водную зону. Слой будет нарастать до тех пор, пока количество осаждающихся капель не станет равным количеству прошедших капель в водную зону. Этот слой и будет называться промежуточным слоем. Толщина промежуточного слоя растет с увеличением содержания в нем парафинов, асфальтенов, сульфидов железа и механических примесей [3]. Единственным нормативным документом о промежуточных слоях, в котором описывается расчёт скорости накопления и количества промежуточного слоя, является СТП– 0147276 – 009 – 88 «Метод анализа промежуточного слоя в процессе обследования установки подготовки нефти» [4]. Этот расчёт основан на корреляционной связи между количеством механических примесей и изменением содержания воды в поступающих потоках, что не учитывает весь спектр факторов, влияющих на образование промежуточного слоя. Способность капель быстро войти в область раздела фаз определяет скорость формирования промежуточного слоя. В свою очередь эта скорость зависит от состава, свойств нефти (плотность, вязкость), разности плотностей фаз эмульсии, технологических показателей (скорость восходящего потока эмульсии, скорость конвекционных токов) и размера капель [3]. Автором отмечено, что образование промежуточного слоя является результатом неполного разрушения бронирующих оболочек на каплях эмульгированной воды в нефти при замедленном протекании процессов коалесценции и осаждения этих капель. Кинетика образования промежуточного слоя зависит от термохимических и гидродинамических методов воздействия на нефтяные эмульсии [3]. Таким образом, анализ проделанных исследований позволил определить основные причины образования устойчивых промежуточных слоев [3-12]:

а) Состав пластовой продукции. Эмульсия устойчивее, когда в состав пластовой продукции входит большое количество стабилизирующих компонентов. При содержании в составе пластовой нефти агрессивных сред, вызывающих коррозию оборудования (например, H_2S), устойчивость эмульсии повышается, как раз за счет образования коллоидных частиц (например, сульфидов железа) в результате корродирования оборудования.

б) Интенсивный гидродинамический режим движения флюидов и диспергирование на замерных, насосных установках, клапанах и др.

в) Закачка пресных вод и, как результат, образование труднорастворимых солей (при условии несовместимости пластовых и нагнетаемых вод).

г) Смешение флюидов различных нефтяных горизонтов.

д) Сбор разлитой нефти с места прорыва наземных коммуникаций с частицами грунта и возврат этой смеси в систему сбора.

е) Интенсивные режимы эксплуатации пласта (например, высокие скорости откачки жидкости из пласта).

ж) Возврат плохо очищенных сточных вод и ловушечных эмульсий в начало процесса подготовки нефти.

и) Несоввершенство заканчивания скважин, проникновение фильтрата бурового раствора в пласт.

Данные исследований позволят выбрать наиболее оптимальные пути борьбы с разделением водонефтяных эмульсий в каждом конкретном случае.

Литература

1. Мищенко И.Т. Скважинная добыча нефти. М.: «Нефтегаз», 2003. – 816 с.
2. Особенности формирования и разрушения водонефтяных эмульсий на поздней стадии разработки нефтяных месторождений/ Сахабутдинов Р.З., Губайдулин Ф.Р., Исмагилов И.Х., Космачева Т.Ф. М.:ОАО «ВНИИОЭНГ», 2005.– 324 с.
3. Осложнения в нефтедобыче/ Под ред. Ибрагимова Н.Г., Ишемгузина Е.И. Уфа: ООО «Издательство научно-технической литературы «Монография», 2003. – 302 с.
4. Ю.П. Борисевич, Г.З. Краснова. Механизм образования и методы борьбы с промежуточными слоями в технологическом оборудовании при подготовке продукции скважин - Труды VI Международной научно-практической конференции «Нефтегазовые технологии». Самара, Самарский государственный технический университет, 2010. Том I. с.77-80. – 315 с
5. Салимов М. Пример исследования и разрушения эмульсии промежуточного слоя // [Персональная страница Салимова М.]. URL: <http://msalimov.narod.ru/Prom.html> (дата обращения 25.10.12).
6. Евдокимов И.Н. Структурные характеристики промысловых водонефтяных эмульсий. М.: ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2012. – 477 с.
7. Антипов А.И. Проблемы энергопотребления процессов подготовки продукции нефтяных месторождений: дис. ... д-ра техн. наук : 25.00.17, 05.14.04 : утв. / Антипов Альберт Иванович - Альметьевск, 2006 - 376 с. РГБ ОД, 71:07-5/274.
8. Мухаметшин В.Х. Разработка методов физико-химического воздействия на продукцию нефтяных скважин для предотвращения осложнений их эксплуатации: дис. ... к-та техн. наук : 25.00.17: защищена 75 05.08.11 : утв. / Мухаметшин Мусавир Мунавирович – Уфа, 2011 – 118 с. РГБ ОД, 61 11-5/3075.
9. Лурье М.В., Астрахан И.М., Кадет В.В. Гидравлика и ее приложения в нефтегазовом производстве. М.: МАКС Пресс, 2010. – 332 с.
10. Материалы Липетского Государственного Технического Университета. URL: http://www.stu.lipetsk.ru/files/materials/1680/colloid_labs.pdf (дата обращения 02.04.2013).
11. Материалы Химико-Фармацевтической Академии Биотехнологического Факультета. Основные физические свойства некоторых жидкостей. URL: http://fptl.ru/files/paht_kursovik/sv-va_jidkostej.pdf (дата обращения 02.04.2013).
12. НЕФТЬ-ГАЗ электронная библиотека. URL: <http://www.oglib.ru/tab1/table12.html> (дата обращения 02.04.2013).

References

1. Mishchenko I.T. Skvazhinnaya dobycha nefti. M.: «Neftegaz», 2003. – 816 s.
2. Osobennosti formirovaniya i razrusheniya vodoneftyanykh emul'siy na pozdney stadii razrabotki neftyanykh mestorozhdeniy/ Sakhabutdinov R.Z., Gubaydulin F.R., Ismagilov I.Kh., Kosmacheva T.F. M.:ОАО «VNIIOENG», 2005.– 324 s.
3. Oslozhneniya v neftedobyche/ Pod red. Ibragimova N.G., Ishemguzhina E.I. Ufa: ООО «Izdatel'stvo nauchno-tekhnicheskoy literatury «Monografiya», 2003. – 302 s.
4. Yu.P. Borisevich, G.Z. Krasnova. Mekhanizm obrazovaniya i metody bor'by s promezhutochnymi sloyami v tekhnologicheskom oborudovanii pri podgotovke produktsii skvazhin - Trudy VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Neftegazovye tekhnologii». Samara, Samarskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet, 2010. Tom I. s.77-80. – 315 s

5. Salimov M. Primer issledovaniya i razrusheniya emul'sii promezhutochnogo sloya // [Personal'naya stranitsa Salimova M.]. URL: <http://msalimov.narod.ru/Prom.html> (data obrashcheniya 25.10.12).

6. Evdokimov I.N. Strukturnye kharakteristiki promyslovykh vodoneftyanykh emul'siy. M.: IZDATEL"SKIY TsENTR RGU nefi i gaza imeni I.M. Gubkina, 2012. – 477 s.

7. Antipov A.I. Problemy energopotrebleniya protsessov podgotovki produktsii neftyanykh mestorozhdeniy: dis. ... d-ra tekhn. nauk : 25.00.17 , 05.14.04 : utv. / Antipov Al'bert Ivanovich - Al'met'evsk, 2006 - 376 s. RGB OD, 71:07-5/274.

8. Mukhametshin V.Kh. Razrabotka metodov fiziko-khimicheskogo vozdeystviya na produktsiyu neftyanykh skvazhin dlya predotvrashcheniya oslozhneniy ikh ekspluatatsii: dis. ... k-ta tekhn. nauk : 25.00.17: zashchishchena 75 05.08.11 : utv. / MukhametshinMusavirMunavirovich – Ufa, 2011 – 118 s. RGB OD, 61 11-5/3075.

9. Lur'e M.V., Astrakhan I.M., Kadet V.V. Gidravlika i ee prilozheniya v nefegazovom proizvodstve. M.: MAKS Press, 2010. – 332 s.

10. Materialy Lipetskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta. URL: http://www.stu.lipetsk.ru/files/materials/1680/colloid_labs.pdf (data obrashcheniya 02.04.2013).

11. Materialy Khimiko-Farmatsevticheskoy Akademii Biotekhnologicheskogo Fakul'teta. Osnovnye fizicheskie svoystva nekotorykh zhidkostey. URL: http://fptl.ru/files/paht_kursovik/sv-va_jidkostej.pdf (data obrashcheniya 02.04.2013).

12. NEFT"-GAZ elektronnaya biblioteka. URL: <http://www.oglib.ru/tab1/table12.html> (data obrashcheniya 02.04.2013).

УДК 665.614, 665.613

UDC665.614, 665.613

ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ СЛОЕВ

THE PROCESSING TECHNOLOGY OF INTERMEDIATE LAYERS

**Голубев В.Г., Бажиров Т.С., Жантасов М.К., Молдабеков Э.Т., Калменов М.У.
Golubev V.G., Bazhirov T.S., Zhantasov M.K., Moldabekov E.T., Kalmenov M.U.**

Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауэзова, Шымкент,
Казахстан

M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
manapjan_80@mail.ru

Резюме

В данной работе раскрывается влияние пластовой воды на процесс извлечения нефти при ее добыче, а также раскрывается механизм образования водонефтяной эмульсии. Наличие водонефтяной эмульсии оказывает негативное влияние процесс транспортировки нефти и требует значительных экономических затрат, так присутствие пластовой воды существенно удорожает транспортировку нефти по трубопроводам и переработку. Поэтому перед транспортировкой такая нефть проходит предварительную обработку на установках подготовки нефти. Более вредное воздействие, чем вода и механические примеси на работу установок промышленной подготовки и переработки нефти оказывают хлористые соли, содержащиеся в нефти. В свою очередь, на установках подготовки нефти используются различные способы,

приемы и оборудование для более качественной обработки закачанной нефти. Причем, выбор этих приемов осуществляется адресно, в зависимости исходного состава поступившей нефти. Таким образом, в основу процесса очистки, в качестве исходного компонента берется качественный состав нефти. В предлагаемой работе был определен фракционный состав и содержание основных компонентов нефти и был получен график зависимости плотности нефти от температуры. Данная информация позволяет сделать предположительный вывод о наиболее перспективных способах воздействия на водонефтяную эмульсию с целью ее эффективного разделения.

Abstract

In this work reveal the impact of produced water on the extraction process of oil during extraction, but also reveals the mechanism of formation of oil-water emulsion. The presence of oil-water emulsion has a negative impact the process of oil transportation and requires a significant economic costs, so the presence of the produced water significantly increases the cost of transportation of oil through pipelines and processing. Therefore, before transporting such oil pre-treated in the oil treatment plants. More harmful than water and mechanical impurities on the operation of the plants field treatment and processing of oil have a chloride salt contained in the oil. In turn, the oil treatment plants using different methods, techniques and equipment for better treatment of the pumped oil. Moreover, the choice of these techniques is targeted, depending on the original composition of the incoming oil. Thus, the basis of the cleaning process, as the initial component is taken as the qualitative composition of the oil. The proposed work was determined by the fractional composition and the content of main oil components was obtained and a graph of the dependence of oil density on temperature. This information allows you to make hypothetical conclusion about the most promising ways of influencing water-in-oil emulsion with a view to its effective separation

Ключевые слова: нефть, водонефтяная эмульсия, установка, первичная переработка, плотность, фракционный состав, переработка.

Keywords: oil, water-oil emulsion, plant, primary processing, density, fractional composition, processing

Продукция скважин нефтяных месторождений представляет собой сложную смесь, состоящую из нефти, попутного нефтяного газа, воды и механических примесей (песка, окалины и проч.) [1].

Нефть, поступающая из скважин, не является чистой продукцией, так как содержит в себе различные вещества, примеси, части горной породы и прочее.

Нефть, получаемую непосредственно из скважин, называют *сырой*. Сырую нефть по ряду экономических и технологических причин не транспортируется и не перерабатывается без промысловой подготовки.

Одним из нежелательных компонентов, содержащихся в нефти, при её извлечении, является пластовая вода [2,3,4,5].

На разных стадиях разработки нефтяных месторождений содержание воды в нефти может колебаться от практически безводной до 98 – 99 %.

При движении нефти и воды по стволу скважины и трубопроводам происходит их взаимное перемешивание, в результате чего образуются эмульсии (соединения воды и нефти), ввиду наличия в нефти особых веществ – природных эмульгаторов (асфальтенов, смол и т.д.).

Образование устойчивых эмульсий приводит к увеличению эксплуатационных затрат на обезвоживание и обессоливание промысловой нефти, а также оказывает вредное воздействие на окружающую среду (например сбрасывание с отстойников нефть вместе с водой в виде эмульсий).

Таким образом, присутствие пластовой воды существенно удорожает транспортировку нефти по трубопроводам и переработку.

Помимо воды нефть содержит механические примеси, состоящие из взвешенных в ней высокодисперсных частиц песка, глины, известняка и других пород.

При транспортировке и обработки нефти, в которой содержатся механические примеси, усиливается износ труб, и образуются отложения в нефтеперерабатывающих аппаратах, что приводит к снижению коэффициента теплопередачи и производительности установок.

Более вредное воздействие, чем вода и механические примеси на работу установок промышленной подготовки и переработки нефти оказывают хлористые соли, содержащиеся в нефти.

В современной технологической схеме процесса обработки учитываются свойства промежуточных слоев и обеспечивается выполнение определенных условий.

а) На установках подготовки нефти (УПН) устанавливаются дополнительные накопительные резервуары, для сбора промежуточных слоев со всех аппаратов.

б) Используются винтовые насосы, которые помогают избежать «жесткого» механического воздействия на эмульсию. «Жесткое» воздействие – это такое механическое воздействие, которое сопровождается высокой скоростью сдвига жидкой фазы. Оно способствует диспергированию капель и увеличения устойчивости промежуточного слоя. «Мягкое» воздействие – это механическое воздействие, которое сопровождается малой скоростью сдвига жидкой фазы. Это воздействие, наоборот, способствует укреплению капель воды.

в) Используются термохимические методы для разделения воды и нефти.

г) Используется промывка промежуточных слоев, стабилизированных как механическими примесями, так и ПАВ, и техническими моющими средствами.

д) Используются ультразвуковые и другие методы для укрупнения капель воды. Это способствует снижению вязкости и времени центрифугирования, что снижает затраты на подготовку продукции.

е) Наиболее эффективным методом разделения, на сегодняшний день, является центрифугирование. С целью достижения наибольшего эффекта используется двухступенчатое центрифугирование: первая ступень – горизонтальная шнековая центрифуга, вторая – тарельчатая центрифуга.

ж) К нефти, как к продукции разделения промежуточных слоев, предъявляются высокие требования. Нефть из промежуточных слоев должна направляться на выход из УПН, а не в начало процесса подготовки.

Ниже приведены общепринятые этапы обработки промежуточного слоя:

- вывод промежуточного слоя в отдельную емкость;
- нагрев и отстаивание;
- обработка высокими дозами деэмульгатора и другими химическими реагентами;
- промывка пресной или пластовой водой;
- центрифугирование, фильтрация, утилизация, переработка промежуточного слоя.

Таким образом, в настоящее время учитываются лишь некоторые из перечисленных выше условий надежной работы УПН [5-,9].

В настоящее время на УПН существует два основных типа отстойников: с горизонтальным и вертикальным движением потока жидкости. В последнем поток флюидов подается в нижнюю часть емкости, под слой дренажной воды. Этот тип отстойника является более эффективным. Основное влияние на эффективность работы отстойника оказывает промежуточный слой. Он выполняет важные технологические функции, которые сводятся, прежде всего, к ускорению процесса коалесценции, а также к удалению из сырой нефти мелких капель воды в результате их отфильтровывания. То есть промежуточный слой играет роль своеобразного жидкостного фильтра. Из-за малой изученности промежуточных слоев отсутствует технология их качественной переработки. Одной из основных причин срыва

технологического режима работы УПН и ухудшения качества получаемой нефти является накопление на границе раздела фаз промежуточного слоя.

С целью определения влияния свойств нефти на степень отделения от пластовой воды были проведены исследования по определению некоторых свойств нефти, используемой для создания водонефтяных эмульсий. Образцы нефти были отобраны на устье скважины месторождения Кумколь. В промышленной лаборатории были определены фракционный состав и содержание парафинов и смол в нефти (табл. 1).

Таблица 1. Фракционный состав и содержание основных компонентов нефти

Температура, °С	Фрикционный состав					Содержание	
	100	150	200	250	300	Парафинов, %	Смол, % вес.
Выход фракции	3	11	20	28	40	0,89	20,57

Плотность природной нефти была измерена в лаборатории ЮКГУ им. М. Ауэзова при помощи вибрационного плотномера «ВИП-2М» и ее значение при 20 °С составляло 901,4 кг/м³. Была определена и зависимость плотности нефти от температуры, которая показана на рисунке 1. Видно, что зависимость хорошо описывается прямой линией [9] (1):

$$\rho(t_c) = \rho_{20}(1 + \alpha(20 - t_c)) \quad (1)$$

где $\rho(t_c)$ - плотность нефти при t_c °С, кг/м³
 ρ_{20} - плотность нефти при 20 °С, кг/м³
 α - коэффициент объемного расширения нефти
 t_c - температура нефти, °С.

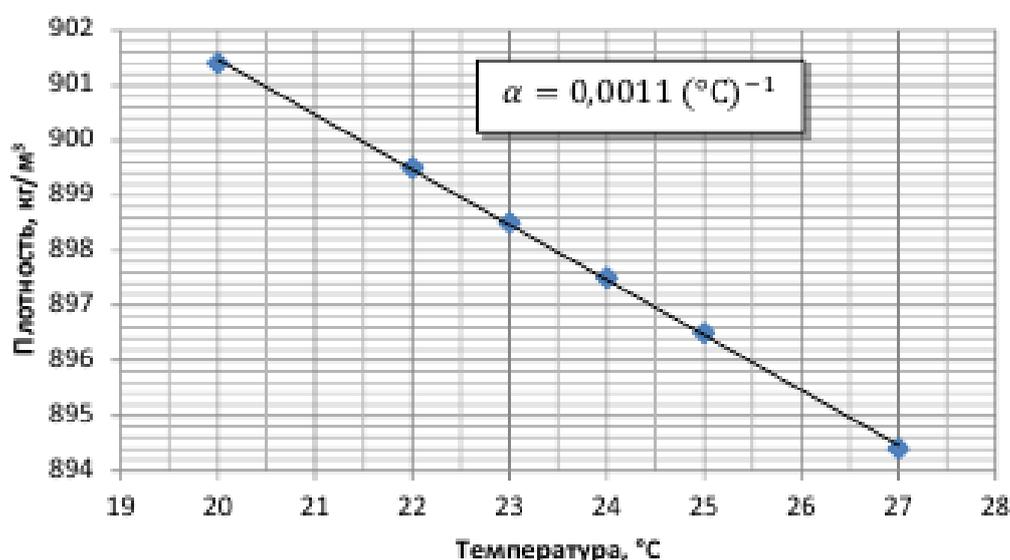


Рисунок 1. График зависимости плотности нефти от температуры

По графику на рисунке 1 был определен коэффициент объемного расширения нефти, который был равен 0,0011 1/°С. Также в лабораторных условиях при помощи ротационного вискозиметра BrookfieldDV-II+ (Брукфилд) было определено значение вязкости природной нефти при 20 °С, которое составило 39,31 мПа·с.

Таблица 2 Дополнительно определенные свойства нефти

Свойства	Значение
Плотность (20 °С), кг/м ³	901,4
Коэффициент объемного расширения (20-27 °С), 1/°С	0,0011
Вязкость (20 °С), мПа*с	39,31
Показатель преломления (20 °С)	1,508
Коэффициент поверхностного натяжения (23°С), мН/м	28,43
Содержание асфальтенов, мг/г	41,94

В лаборатории был измерен и показатель преломления нефти при помощи прибора AntonPaar WRHT Refractometer Abbemat (Рефрактометр Аббемэт). Этот параметр при 20 °С был равен 1,508. Было найдено и значение коэффициента поверхностного натяжения нефти методом максимального давления в пузырьке.

Данная информация позволяет сделать предположительный вывод о наиболее перспективных способах воздействия на водонефтяную эмульсию с целью ее эффективного разделения.

Таким образом, на сегодняшний день проблемы, связанные с промежуточными слоями, не решены в полной мере и требуют дополнительных исследований. Целями продолжения данной работы являются детальное изучение механизмов образования, причин повышенной устойчивости и структуры промежуточного слоя, образующегося при отстаивании водонефтяных эмульсий.

Литература

1. Мищенко И.Т. Скважинная добыча нефти. М.: «Нефтегаз», 2003. – 816 с.
2. Особенности формирования и разрушения водонефтяных эмульсий на поздней стадии разработки нефтяных месторождений/ Сахабутдинов Р.З., Губайдулин Ф.Р., Исмагилов И.Х., Космачева Т.Ф. М.:ОАО «ВНИИОЭНГ», 2005.– 324 с.
3. Осложнения в нефтедобыче/ Под ред. Ибрагимов Н.Г., Ишемгужина Е.И. Уфа: ООО «Издательство научно-технической литературы «Монография», 2003. – 302 с.
4. Ю.П. Борисевич, Г.З. Краснова. Механизм образования и методы борьбы с промежуточными слоями в технологическом оборудовании при подготовке продукции скважин - Труды VI Международной научно-практической конференции «Нефтегазовые технологии». Самара, Самарский государственный технический университет, 2010. Том I. с.77-80. – 315 с
5. Салимов М. Пример исследования и разрушения эмульсии промежуточного слоя // [Персональная страница Салимова М.]. URL: <http://msalimov.narod.ru/Prom.html> (дата обращения 25.10.12).
6. Евдокимов И.Н. Структурные характеристики промысловых водонефтяных эмульсий. М.: ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2012. – 477 с.
7. Антипов А.И. 2006. Проблемы энергопотребления процессов подготовки продукции нефтяных месторождений: дис. ... д-ра техн. наук : 25.00.17 , 05.14.04 : утв. / Антипов Альберт Иванович - Альметьевск, 2006 - 376 с. РГБ ОД, 71:07-5/274.
8. Мухаметшин В.Х. Разработка методов физико-химического воздействия на продукцию нефтяных скважин для предотвращения осложнений их эксплуатации: дис. ... к-та техн. наук : 25.00.17: защищена 75 05.08.11 : утв. / Мухаметшин Мусавир Мунавирович – Уфа, 2011 – 118 с. РГБ ОД, 61 11-5/3075.
9. Лурье М.В., Астрахан И.М., Кадет В.В. Гидравлика и ее приложения в нефтегазовом производстве. М.: МАКС Пресс, 2010. – 332 с.

References

1. Mishchenko I.T. Skvazhinnaya dobycha nefi. M.: «Neftegaz», 2003. – 816 s.
2. Osobennosti formirovaniya i razrusheniya vodoneftyanykh emul'siy na pozdney stadii razrabotki neftyanykh mestorozhdeniy/ Sakhabutdinov R.Z., Gubaydulin F.R., Ismagilov I.Kh., Kosmacheva T.F. M.: OAO «VNIIOENG», 2005. – 324 s.
3. Oslozhneniya v neftedobyche/ Pod red. Ibragimova N.G., Ishemguzhina E.I. Ufa: OOO «Izdatel'stvo nauchno-tekhnicheskoy literatury «Monografiya», 2003. – 302 s.
4. Yu.P. Borisevich, G.Z. Krasnova. Mekhanizm obrazovaniya i metody bor'by s promezhutochnymi sloyami v tekhnologicheskoy oborudovaniy pri podgotovke produktsii skvazhin - Trudy VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Neftegazovye tekhnologii». Samara, Samarskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet, 2010. Tom I. s.77-80. – 315 s
5. Salimov M. Primer issledovaniya i razrusheniya emul'sii promezhutochnogo sloya // [Personal'naya stranitsa Salimova M.]. URL: <http://msalimov.narod.ru/Prom.html> (data obrashcheniya 25.10.12).
6. Evdokimov I.N. Strukturnye kharakteristiki promyslovykh vodoneftyanykh emul'siy. M.: IZDATEL'SKIY TsENTR RGU nefi i gaza imeni I.M. Gubkina, 2012. – 477 s.
7. Antipov A.I. 2006. Problemy energopotrebleniya protsessov podgotovki produktsii neftyanykh mestorozhdeniy: dis. ... d-ra tekhn. nauk : 25.00.17 , 05.14.04 : utv. / Antipov Al'bert Ivanovich - Al'met'evsk, 2006 - 376 s. RGB OD, 71:07-5/274.
8. Mukhametshin V.Kh. Razrabotka metodov fiziko-khimicheskogo vozdeystviya na produktsiyu neftyanykh skvazhin dlya predotvrashcheniya oslozhneniy ikh ekspluatatsii: dis. ... k-ta tekhn. nauk : 25.00.17: zashchishchena 75 05.08.11 : utv. / MukhametshinMusavirMunavirovich – Ufa, 2011 – 118 s. RGB OD, 61 11-5/3075.
9. Lur'e M.V., Astrakhan I.M., Kadet V.V. Gidravlika i ee prilozheniya v neftegazovom proizvodstve. M.: MAKS Press, 2010. – 332 s.

ТЯЖЕЛЫЕ СМОЛЫ ПИРОЛИЗА МОДИФИКАТОРЫ ВОДО-БИТУМНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

HEAVY PITCHES OF PYROLYSIS MODIFIERS VODO-BITUMNYH OF EMULSIONS

**Бишимбаев В.К., Бишимбаев К.В., Бажиров Т.С., Кемалов А.Ф. Кемалов Р.А.
Bishimbayev V.K., Bishimbayev K.V., Bazhirov T.S., Kemalov A.F., Kemalov R.A.**

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
Казанский Федеральный Университет, Российская Федерация
M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
Kazan Federal University, Kazan, Russian Federation
Tynlybek.bazhirov@gmail.com

Резюме

В работе приведены данные по исследованию группового состава образцов тяжелых пиролизных смол (ТПС), отличающихся тем, что они образуются при пиролизе различных типов сырья и условиях проведения процесса. Исследования проведены с использованием техники импульсного ядерного магнитного резонанса (ЯМР) и методом инфракрасной спектроскопии (ИКС). Полученные данные свидетельствуют о наличии в образцах ТПС трех групп (фаз) углеводородов с различной степенью молекулярной подвижности. Показано, что с отгоном легких фракций ТПС, количество наименее подвижной фазы возрастает непропорционально уменьшению более подвижных фаз и значительно превышает ожидаемые значения от изменения их концентрации.

Проведенными исследованиями показано, что использование в качестве модификатора-пленкообразователя ТПС позволит замедлять скорость распада ВБЭ. А комбинирование ТПС с другими продуктами, имеющими в составе замещенную ароматику, позволит изменять и химический состав добавок и их дисперсную структуру, что позволит добиваться оптимальных параметров эксплуатационных характеристик, значительно удешевить эмульсию и повысить технико-экономические показатели установки производства ВБЭ.

Abstract

The paper presents data on the study of group composition of samples of heavy pyrolysis resin (HPR), which differ in that they are formed in pyrolysis of various types of raw materials and process conditions. Studies were carried out using the technique of impulse nuclear magnetic resonance (NMR) and by infrared spectroscopy (IRS). The obtained data suggest the presence in HPR samples of three groups (phases) of hydrocarbons with various degree of molecular mobility. It is shown that with the distillation of light fractions of HPR, the amount of the least mobile phase increases disproportionately to the reduction of more mobile phases and significantly exceeds the expected values from the changes of their concentration.

The conducted studies have shown that the use of a modifier-film former of HPR allows to slow down the rate of WBE decomposition. Combination of HPR with other products, that have substituted aromatics in their composition, allows to change both the chemical composition of additives and their dispersed structure that allows to achieve optimal

parameters of operational characteristics ,to reduce significantly the cost of emulsion and improve technical -economic indices of production installation of WBE.

Ключевые слова: тяжелые смолы пиролиза, ядерный магнитный резонанс, дорожный битум, индекс распада, ароматические углеводороды.

Key words: heavy pyrolysis resins(HPR), nuclear magnetic resonance, road asphalt, decay index, aromatic hydrocarbons.

Введение

Известно, что катионные водо-битумные эмульсии (ВБЭ) были разработаны еще в начале столетия, а их промышленное применение началось в 1953 г., в нашей же стране, по ряду объективных причин, они все еще остаются относительно новым видом органического вяжущего материала. В дополнение к основным достоинствам битума, водо-битумные эмульсии обладают рядом положительных свойств, а именно гораздо меньшей вязкостью в температурном интервале от 0 до 100°C и более высокой степенью сцепляемости к поверхности минерального материала.

Важнейшим показателем качества водо-битумных эмульсий (ВБЭ), является скорость их распада, по значению которой эмульсии классифицируются как быстро-, средне- и медленнораспадающиеся, ЭБК-1,2,3, соответственно [1].

Известно, что эксплуатационные характеристики, в том числе и скорость распада ВБЭ регулируются введением модифицирующих добавок, как в дисперсную фазу, так и в дисперсионную среду. В качестве добавок в дисперсионную среду обычно используют стабилизаторы, органические и неорганические кислоты, полимеры, и эта проблема достаточно хорошо изучена [2,3]. В меньшей степени изучено воздействие на свойства ВБЭ через дисперсную фазу, в качестве которой выступает битум.

Ранее нами было показано, что добавка даже небольшого количества тяжелой пиролизной смолы (ТПС) к битуму повышает прочностные характеристики асфальтобетона. Было интересно изучить воздействие этой добавки на свойства ВБЭ, что дало бы возможность не только целенаправленно изменить свойства последних, но и рационально утилизировать значительное количество ТПС – многотоннажного отхода нефтехимической промышленности. Выбор ТПС продиктован тем, что она хорошо совместима с битумом, т.к. в своем групповом химическом составе имеет те же компоненты, что и битум, а именно масла, смолы и асфальтены, определение которых основано на использовании метода адсорбционно-жидкостной хроматографии.

1. Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследований были изучены ТПС ОАО «Нижнекамскнефтехим» и дорожный битум Зюзеевского нефтебитумного завода (НБЗ), некоторые свойства которых приведены в таблице 1.

Таблица 1. Физико-химические характеристики ТПС и битума

Показатели	ТПС	Битум
Плотность, кг\м ³	1030-1040	1027
Групповой химический состав, % мас.:		
Парафино-нафтеновые	1,20	6,90
Ароматические	58,51	31,28
Масла	59,71	38,18
Смолы (С)	20,38	36,07
Асфальтены (А)	19,91*	25,75
Температура вспышки, (открытый тигель), °С	84	230
Отношение С/А	1,06	1,40

Из приведенной таблицы видно, что в масляной части используемых продуктов наблюдается существенное различие в содержании парафино-нафтенных углеводородов, которые являются десольватирующими агентами стремящимися флокулировать асфальтены, а также значительная разница в содержании ароматических углеводородов, которые как известно пептизируют асфальтены. В литературе имеются сведения о том, что соотношение смол к асфальтенам, тем выше поверхностная активность битумов, составляющих эмульсии. Исследования в этой области дали основание судить о том, что оптимальным для эмульгирования соотношением смол к асфальтенам является 0,5-2,0 [4]. Поэтому существенным здесь является определение оптимального количества вводимой смолы.

В ходе экспериментов для того, чтобы охарактеризовать скорость распада, мы пользовались количественной характеристикой, называемой индексом распада (ИР) – отношением количества песка (г) пошедшее на разложение 100 грамм эмульсии (г). Принято считать, что эта величина имеет размерность г/100 г и зависит от гранулометрического состава песка [9].

Исходя из этого, последующими экспериментами было установлено, что введение ТПС в воду, а не в битум имеет свои преимущества, связанные с тем, что в процессе приготовления эмульсии водная фаза нагревается до 50-80°C, что находится ниже ее точки начала кипения.

2. Результаты исследования и их обсуждение

В процессе дальнейших исследований, при введении ТПС в воду, были приготовлены прямые катионные битумно-смоляные эмульсии с концентрацией пиролизной смолы от 0,5 до 80% масс на эмульсию. Однако следует заметить, что увеличение концентрации ТПС в эмульсии выше 5% мас. ведет к заметному ускорению распада. Так эмульсии с концентрацией ТПС выше 10% мас., разрушались через несколько минут после их получения, и установить какую-либо зависимость в этой области концентраций не представлялось возможным.

На рисунке 1 представлена зависимость индекса распада прямых ВБЭ от концентрации ТПС в водной фазе. Полученные результаты анализов свидетельствуют о неоднозначном характере влияния ТПС на ИР ВБЭ. Так добавка ТПС в концентрации 1-2% мас., увеличивает индекс распада приблизительно на 40%, а увеличение доли ТПС до 5% и выше значительно снижает ИР т.е. эмульсии становятся нестабильными.

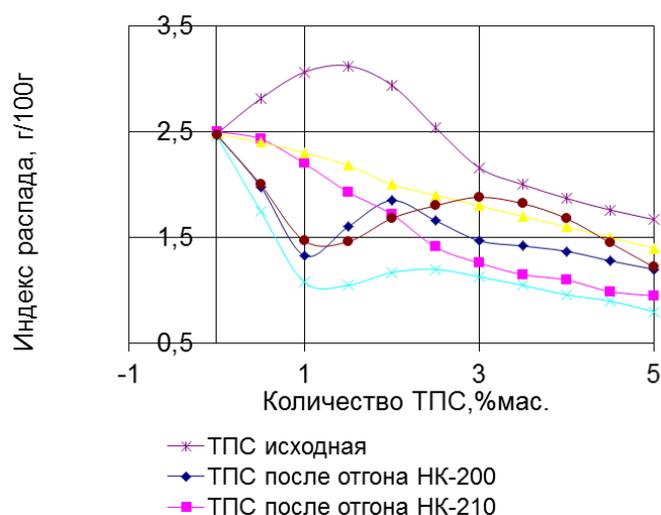


Рисунок 1 - Зависимость индекса распада эмульсий от содержания образцов ТПС АО "Нижнекамскнефтехим"

В целях более глубокого изучения влияния фракционного состава ТПС на скорость распада водо-битумно-смоляных эмульсии (ВБСЭ), исходная смола пиролиза была подвергнута нами разделению на 10-15-процентные узкие фракции. Из ТПС выделяли фракции, выкипающие, соответственно, до температур НК-200, 200-210, 210-220, 220-240, 240-270°C. При этом объем указанных фракций составил 13, 10, 13, 14, 10% соответственно.

Выделенные узкие фракции, а также остаток после разгонки, были испытаны в качестве добавок к эмульсиям, при тех же условиях, что и ТПС до разделения на фракции. Результаты исследований с использованием образцов ТПС с различной температурой начала кипения приведены на рисунке 1. В зависимости от степени отгона легких фракций, эмульсии с участием утяжеленной ТПС ведут себя неоднозначно, однако все они имели более низкий ИР, чем эмульсия без участия ТПС. Причем, указанный эффект не зависит от того в какую фазу добавляется ТПС. Таким образом полученные результаты позволили предположить, что вещества, увеличивающие ИР, находятся в светлых фракциях ТПС.

В виду этого были проведены эксперименты, по испытанию выделенных из ТПС фракций, в качестве компонентов ВБЭ. Следует отметить, что исследуемые фракции ТПС вводились в состав эмульсии в количествах, сопоставимых с содержанием данной фракции в исходной ТПС, а именно от 0,1 до 1,1% мас. Из результатов, представленных на рисунке 2, следует, что зависимости ИР от концентрации добавки фракций характеризуются как монотонно убывающие с ростом их концентрации. Вместе с тем полученные зависимости с добавкой фракций 200-210°C и 210-220°C имеют максимум при концентрации добавки в интервале от 0,2 до 0,3 % мас. Хотя величина их ИР не достигает значения ИР эмульсии с добавкой исходной ТПС, можно предположить, что ряд ароматических соединений, какими могут быть соединения типа стирола, нафталина, способствующие увеличению ИР, присутствуют именно в этих фракциях [5].

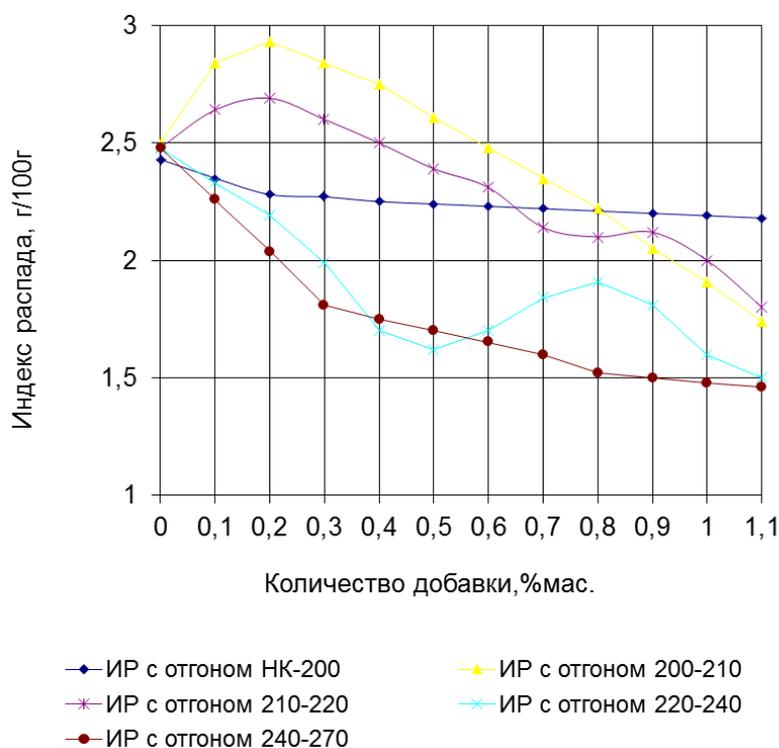


Рисунок 2 - Зависимость ИР от концентрации добавки фракций

Для идентификации соединений в составе выделенных фракций, оказывающих стабилизирующее действие на ВБСЭ, были проведены исследования, полученных фракций, методом ЯМР H^1 спектроскопии. После расшифровки полученных данных стало ясно, что фракции ТПС в основном состоят из гомологов нафталина и в меньшей степени гомологов бензола различной молекулярной массы и разветвленных непредельных углеводородов. Основную массу веществ, входящих в состав фракций, составляют бизамещенные в альфа-положении гомологи нафталина. Поэтому мы решили охарактеризовать отгоны с помощью степени ароматичности, выраженную как отношение интенсивности ароматических протонов к интенсивности алифатических [6].

На рисунке 3 показаны зависимости ароматичности от фракционного состава ТПС.

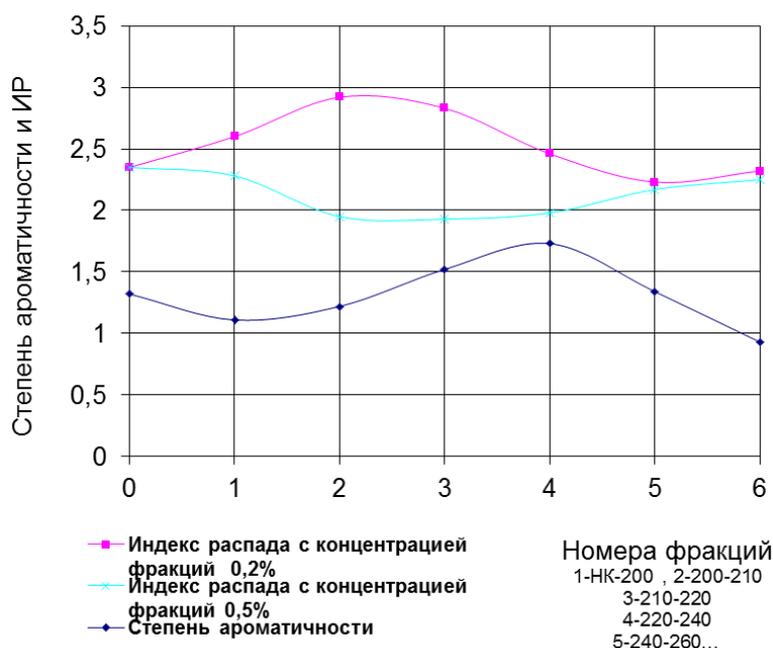


Рисунок 2 – зависимость ароматичности от фракционного состава ТПС

Как видно из этих графиков, первый отгон с интервалом кипения нк-200°С имеет невысокую степень ароматичности (СА). С увеличением же температуры кипения фракций СА монотонно возрастает и достигает максимального значения для фракции 220-240°С до 1,73. Спад ароматичности фракции 240-260°С связан с увеличением доли непредельных алифатических и полизамещенных ароматических углеводородов, а резкий спад ароматичности остатка, объясняется уменьшением содержания водорода в высокомолекулярной конденсированной ароматике остаточной части ТПС. Для наглядности зависимости ИР ВБЭ от степени ароматичности фракций, приведены в одних координатах. Так при концентрации фракций ТПС 0,2% для отгона 200-210°С ИР имеет максимум, для отгона для 210-220°С также, величина ИР имеет большое значение, что лишний раз подтверждает предположение о том, что компоненты, стабилизирующие ВБСЭ, выкипают именно в этих пределах и имеют степень ароматичности 1,22-1,52, определенной данным методом.

Для уточнения данных ЯМР H^1 спектроскопии, эти же фракции проанализировали методом инфракрасной спектроскопии (ИКС). По результатам анализа ИКС можно сделать следующие выводы: фракции ТПС представлены ароматическими соединениями. Максимальное содержание наблюдается в 3, 4, 5-ой фракциях. Во всех исследуемых образцах преобладают ароматические структуры, замещенные в мета-

положении. Установлено, что алкильные заместители ароматического кольца содержат преимущественно не более трех атомов углерода. По совокупности структурных особенностей при необходимости можно объединить фракции 1- 2, а также фракции 3- 5.

Известно, что нафталин имеет температуру кипения 218°C, метилэтилбензол 161,3-165,2°C. Поэтому можно предположить, что именно ближайшие гомологи метилэтилбензола и алкилзамещенные гомологи нафталина со СА 0,5-1,52, в нашем случае, являются стабилизаторами ВБЭ и проявляют, при концентрации 0,1 - 0,3 процента мас., синергетический эффект с катионоактивными маслорастворимыми ПАВ – аминами, диаминами и полиаминами.

Таким образом, моно-, би- и частично триалкилзамещенные ароматические углеводороды с радикалами, содержащими от 1 до 3 атомов углерода увеличивают ИР катионных ВБЭ. Следственно, используя в качестве пленкообразователя продукты, содержащие в своем составе замещенные ароматические соединения, мы имеем возможность замедлять скорость распада ВБЭ, при неизменном количестве эмульгатора.

Заключение

По результатам проведенных исследований, можно сделать вывод о том, что замещенные арены влияют на скорость распада катионных ВБЭ. Удаление головных фракций тяжелых смол пиролиза, приводящее к увеличению количества асфальтенов, и соответственно, к росту сложных-структурных единиц, негативно влияют на индекс распада и устойчивость эмульсии в целом. На индекс распада ВБЭ значительное влияние оказывает комплекс параметров, таких как химический и фракционный состав, так и коллоидное, структурное состояние вводимого модификатора.

Проведенными исследованиями показано, что использование в качестве модификатора-пленкообразователя ТПС позволит замедлять скорость распада ВБЭ. А комбинирование ТПС с другими продуктами, имеющими в составе замещенную ароматику, позволит изменять и химический состав добавок и их дисперсную структуру, что позволит добиваться оптимальных параметров эксплуатационных характеристик, значительно удешевить эмульсию и повысить технико-экономические показатели установки производства ВБЭ.

Литература

1. Карпеко Ф.В., Гуреев А.А. Битумные эмульсии // Основы физико-химической технологии производства и применения М.: «ЦНИИТЭнефтехим». 1998. – 192 с.
2. Бишимбаев В.К. Рациональное использование нефтебитуминозных пород и кондиционного сырья западного Казахстана и Приаралья. Дисс... ученой степени доктора технических наук. Москва, 1990. 386 с.
3. Kemalov, A.F. Involvement of heavy pitches of raw materials pyrolysis in production of water - bitumen emulsions / A.F. Kemalov, R.A. Kemalov 3rd International Conference on Science and Technology, 2013. Held by SCIEURO in London 17-18 June 2013. p. 162-172.
4. Kemalov, A.F. Practical Aspects of Development of Universal Emulsifiers for Aqueous Bituminous Emulsions / A.F. Kemalov, R.A. Kemalov World Applied Sciences Journal 23 (6): p. 858-862, 2013.
5. Kemalov, A.F. Structural and Dynamic Studies of Naphtha Crude Residue with Different Chemical Nature / A.F. Kemalov, R.A. Kemalov World Applied Sciences Journal 22 (Special Issue on Techniques and Technologies): p. 16-22, 2013.
6. Kemalov, A.F. Modern high technologies of receiving bitumen's and bituminous materials with high operational properties / A.F. Kemalov, R.A. Kemalov 3rd International Conference on Science and Technology, 2013. Held by SCIEURO in London 17-18 June 2013. p. 133-162

References

1. Karpeko F.V., Gureev A.A. Bitumnye emul'sii // Osnovy fiziko-khimicheskoy tekhnologii proizvodstva i primeneniya M.: «TsNIITeneftekhim». 1998. – 192 s.
2. Bishimbaev V.K. Ratsional'noe ispol'zovanie neftebituminoznykh porod i konditsionnogo syr'ya zapadnogo Kazakhstana i Priaral'ya. Diss... uchenoy stepeni doktora tekhnicheskikh nauk. Moskva, 1990. 386 s.
3. Kemalov, A.F. Involvement of heavy pitches of raw materials pyrolysis in production of water - bitumen emulsions / A.F. Kemalov, R.A. Kemalov 3rd International Conference on Science and Technology, 2013. Held by SCIEURO in London 17-18 June 2013. p. 162-172.
4. Kemalov, A.F. Practical Aspects of Development of Universal Emulsifiers for Aqueous Bituminous Emulsions / A.F. Kemalov, R.A. Kemalov World Applied Sciences Journal 23 (6): p. 858-862, 2013.
5. Kemalov, A.F. Structural and Dynamic Studies of Naphtha Crude Residue with Different Chemical Nature / A.F. Kemalov, R.A. Kemalov World Applied Sciences Journal 22 (Special Issue on Techniques and Technologies): p. 16-22, 2013.
6. Kemalov, A.F. Modern high technologies of receiving bitumen's and bituminous materials with high operational properties / A.F. Kemalov, R.A. Kemalov 3rd International Conference on Science and Technology, 2013. Held by SCIEURO in London 17-18 June 2013. p. 133-162

МЕХАНИКА ЖӘНЕ МАШИНА ЖАСАУ
МЕХАНИКА И МАШИНОСТРОЕНИЕ
MECHANICS AND MECHANICAL ENGINEERING

УДК 622.692.4
UDC 622.692.4

**ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗОНЫ
ВМЯТИНЫ В СТЕНКЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО
РЕЗЕРВУАРА**

**EVALUATION OF STRESS-DEFORMED STATE OF ZONE OF DENT IN THE
WALL OF VERTICAL CYLINDRICAL RESERVOIR**

Айнабеков А. И., Сулейменов У.С., Камбаров М. А., Абшенов Х. А.
Ainabekov A.I., Suleimenov U.S., Kambarov M.A., Abshenov H.A.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
M.AuezovSouthKazakhstanStateUniversity, Shymkent, Kazakhstan
e.mail:dinamika-nauka@rambler.ru

Резюме

В статье рассматривается проблема оценки напряженно-деформированного состояния зоны вмятины в стенке вертикального цилиндрического резервуара для нефти и нефтепродуктов.

Описана методика проведения экспериментов на модели фрагмента стенки резервуара с вмятиной и результаты исследования напряженно-деформированного состояния зоны вмятины. Установлены экспериментальные зависимости коэффициента концентрации напряжений в зоне вмятины. Обсуждаются результаты численных исследований напряженно-деформированного состояния зоны вмятины при различных значениях безразмерных параметров, описывающих вмятину в стенке: безразмерной глубины ζ и безразмерного радиуса ζ вмятины. Получены теоретические зависимости коэффициента концентрации напряжений в зоне вмятины от вышеуказанных безразмерных параметров. Результаты исследования обосновывают необходимость учета в расчетах концентрации напряжений в зоне вмятины и разработки методик расчета прочности и долговечности резервуаров.

Abstract

In the article the problem of evaluation of the stress-deformed state of zone of dent in the wall of vertical cylindrical reservoir for oil and oil products is considered.

The methods of carrying out of experiments on the model of a fragment of the reservoir wall with a dent and results of research of the stress-deformed state of zone of dent is described. Experimental dependences of coefficient of concentration of stress are established in the zone of dent. The results of numeral researches of the stress-deformed state of zone of dent at the different values of dimensionless parameters, describing

a dent in the wall: dimensionless depth ζ and dimensionless radius ζ of dent are discussed. The theoretical dependence of the coefficient concentration of stress in the zone of the dent from the above dimensionless parameters are received. The results of the research justify the necessity of taking into account in calculations concentration of stress in the zone of the dent and of development methods of calculation the strength and durability of the reservoir.

Ключевые слова: резервуары, вмятины, напряженно-деформированное состояние, коэффициент концентрации напряжений, численные исследования.

Keywords: reservoirs, dents, stress-deformed state, coefficient concentration of stress, numeral researches.

I. Введение. Несмотря на постоянное совершенствование технологии изготовления и монтажа вертикальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов в резервуарных конструкциях довольно часто встречаются несовершенства формы в виде вмятин [1,2]. Присутствие вмятин в стенке резервуара значительно изменяют поле напряжений в зоне дефекта, приводят к значительной местной концентрации напряжений.

В настоящей статье обсуждаются результаты комплекса исследований, направленных на изучение особенностей н.д.сзоны вмятины в стенке цилиндрического резервуара.

II. Методы исследования. На первом этапе исследования были проведены испытания моделей фрагментов стенок резервуаров с вмятинами различных форм и размеров. Учитывая особенность н.д.стенкостенной оболочки, возможность изготовления модели, нагружения и измерения экспериментальных данных масштаб модели принят 1:10 к типовой конструкции резервуара объемом 5000м³.

Габаритные размеры моделей составляют 1200x1000x160мм. Стенка модели изготовлена из листов стали марки С 255 толщиной 1мм. Стенка модели свальцована под радиус 2280мм. Общий вид модели фрагмента стенки резервуара с вмятинами приведен на рисунке 1.



Рисунок 1- Общий вид модели фрагмента стенки резервуара с вмятинами

На модели фрагмента стенки резервуара с лицевой(поверхность А) и тыльной(поверхность Б) сторон были смоделированы вмятины различной формы и геометрических размеров в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1- Формы и геометрические размеры вмятин на стенке модели вертикального цилиндрического резервуара

Модель	Поверхность модели	Форма вмятины	Радиус вмятины, мм		Глубина вмятины, мм	
			малый	большой	начальная	установившаяся
М 1	А	сферическая	252	-	4,32	3,68
	Б	эллипсовидная	185	820	3,53	2,71
М 2	А	эллипсовидная	175	830	4,86	3,73
	Б	эллипсовидная	190	640	2,84	1,84

Значения коэффициентов концентрации напряжений в зоне вмятины определялись как отношение напряжений в бездефектной зоне стенки модели к местным напряжениям в характерных точках вмятины.

На втором этапе исследования было проведено численное моделирование н.д.с. зоны дефекта в стенке резервуара.

Предполагалось, что н.д.с. стенки резервуара описывается гипотезами

Кирхгофа теории цилиндрических оболочек [3,4]. Предположено, что перемещения срединной поверхности оболочки являются малыми и поэтому, связь между деформациями и перемещениями срединной поверхности принята линейной.

В расчетах принято, что оболочка находится под постоянным внутренним давлением p_0 . Толщина оболочки t , радиус оболочки R , модуль упругости материала оболочки E и коэффициент Пуассона ν .

Напряженно-деформированное состояние такой оболочки осесимметричное и зависит только от продольной координаты x и не зависит от угловой координаты θ .

Осесимметричное деформирование оболочки описано обыкновенным дифференциальным уравнением относительно радиального прогиба w :

$$\frac{d^4 w}{dx^4} + 4\beta^4 w = \frac{\rho_0}{D}, \quad (1)$$

где $D = \frac{t}{12(1-\nu^2)}$ – цилиндрическая жесткость; $\beta^4 = \frac{t}{4R^2 D}$.

Для широкого круга цилиндрических оболочек решение уравнения (1) можно представить в следующем виде:

$$w(x) = \exp(-\beta x)(C_1 \cos \beta x + C_2 \sin \beta x) + \frac{\rho_0}{4\beta^4 D}, \quad (2)$$

где C_1, C_2 – константы интегрирования $C_1 = C_2 = -\frac{\rho_0}{4\beta^4 D}$.

Решение (2) состоит из двух слагаемых. Второе слагаемое описывает н.д.с., которое преобладает на большей части корпуса оболочки и представляет интерес.

На основе теории оболочек, окружные интегральные силовые факторы N_θ определяются из выражения:

$$N_\theta = -\frac{Ehw}{t} \quad (3)$$

Если в соотношении (3) использовать постоянную составляющую для цилиндрической оболочки из (2), то можно определить, что окружные напряжения в конструкции находятся следующим образом:

$$\sigma_{\theta} = \frac{\rho_0 R}{t} \quad (4)$$

Рассматривая оболочку постоянной толщины и заполненную жидкостью высотой h , давление жидкости на стенку оболочки определим из выражения:

$$p_o = -\gamma(x-h), \quad (5)$$

где $\gamma = \rho g$ - удельный вес жидкости; ρ - плотность жидкости.

Решение подобной задачи довольно подробно представлено в [3].

Выражение (5) введя в уравнение (1) получим следующее решение:

$$w = \exp(-\beta x)(C_3 \cos \beta x + C_4 \sin \beta x) + \frac{\gamma(h-x)R^2}{4\beta^4 D}, \quad (6)$$

где C_3, C_4 - постоянные интегрирования.

С учетом выражений (4) окружные напряжения в оболочке σ_{θ} описываются следующим соотношением:

$$\sigma_{\theta} = \frac{\gamma(h-x)R}{t}. \quad (7)$$

Для описания вмятины введем два безразмерных параметра: безразмерный радиус вмятины $\xi = \frac{r_o}{\sqrt{R \cdot t}}$ и безразмерная глубина вмятины $\zeta = \frac{f}{t}$, где R и t - радиус и толщина стенки резервуара, r_o и f - радиус и глубина вмятины.

Для численного решения задачи использован метод конечных элементов, который реализован в ПК ANSYS.

III. Результаты и обсуждения

Экспериментальные исследования. По результатам экспериментов номинальные окружные напряжения в контрольных точках стенки моделей составили: в модели М 1-А при давлений 10 кПа-11,8 МПа, при давлений 30 кПа- 53,61 МПа, в модели М1-Б при давлений 10 кПа - 11,92 МПа, при давлений 30 кПа - 35,36 МПа, в модели М2-А при давлений 10 кПа - 12,25 МПа, при давлений 30 кПа - 34,91 МПа.

Представленные на рисунке 2 эпюры окружных напряжений в характерных точках зоны вмятины показывают, что местный дефект в виде вмятины приводит к локальному возмущению напряжений в зоне вмятины.

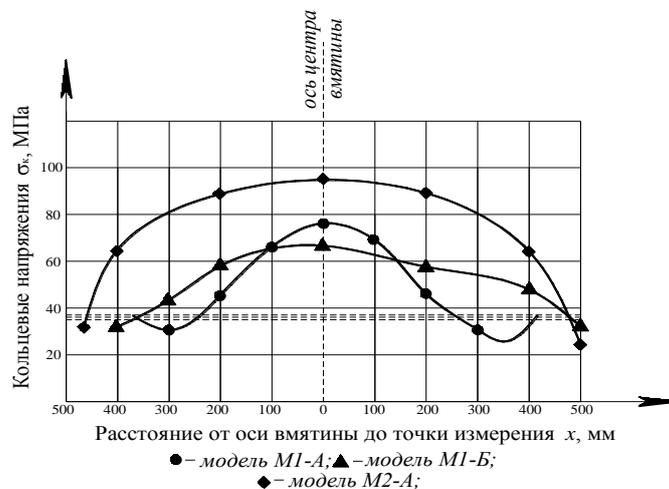


Рисунок 2- Эпюры окружных напряжений в зоне вмятины

Обнаружено, что в приграничной зоне вмятины имеется зона разгрузки, где местные напряжения ниже номинальных напряжений. Так, в модели М1-А это снижение составило до 1,2 раза, в модели М1-Б - до 1,06 раза, в модели М2-А - до 1,15 раза. Снижение напряжений на границе вмятины, вероятно связано с распирающим влиянием согнутой части вмятины.

В модели М2-А при достижении внутреннего давления в 26 кПа, наблюдался эффект «выщелкивания» стенки в зоне вмятины, которая сопровождалась хлопком и резким выгибом центральной зоны вмятины наружу. Момент времени выщелкивания стенки в зоне вмятины сопровождается переходом зон максимальных напряжений к боковым точкам, с резким увеличением напряжений в граничных зонах вмятины.

Установлено, что с ростом давления в модели коэффициенты концентрации напряжений (ККН) в центральной зоне вмятины уменьшились: в модели М1-А- на 30%, в модели М1-Б- на 31%, в модели М2-А на 26%, что объясняется выпрямлением вмятин при увеличении давления.

Экспериментальные зависимости ККН от внутреннего давления представлены на рисунке 3.

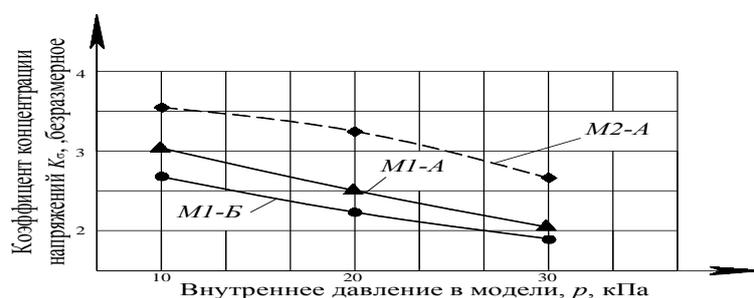


Рисунок 3- Зависимость коэффициента концентрации напряжений в зоне вмятины от внутреннего давления в модели

Замечено, что в моделях с характерными выгибами границ вмятин ККН в зоне берегов вмятины намного больше, чем в моделях, где границы вмятин плавно переходят в основную стенку.

Результаты численных исследований. В качестве примера рассмотрен резервуар объемом 3000м³. Толщины стенки резервуара: I пояс – 8мм, II пояс – 6мм, III пояс и IV пояса – 5мм, V-VIII пояса – 4мм.

Вмятины различных геометрических размеров смоделированы в верхнем поясе резервуара .

Результаты расчета полей эквивалентных напряжений в ПК ANSYS при различных значениях безразмерных параметров ξ и ζ представлены на рисунке 4.

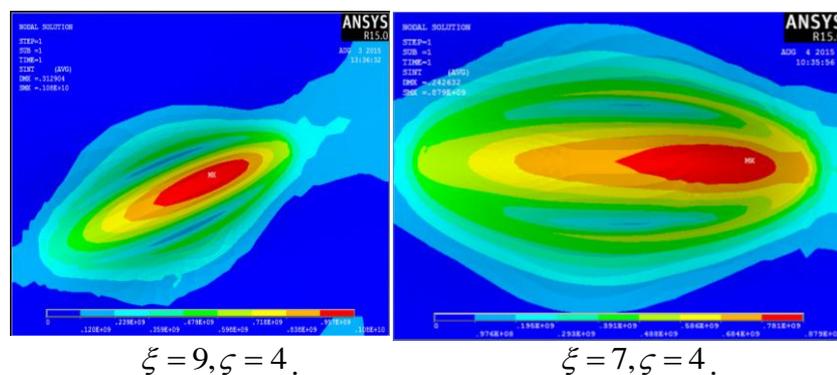


Рисунок 4 - Поля эквивалентных напряжений в зоне вмятины при различных значениях безразмерных параметров ξ и ζ

Анализ полей напряжений в зоне вмятин (рисунок4) показал значительное увеличение напряжений в зоне вмятин. Следует также, что при больших значениях относительной глубины вмятины ζ максимальные напряжения наблюдаются только на нижней границе вмятины, а при малых значениях ζ область максимальных напряжений углубляется вверх.

Для сравнения был произведен расчет коэффициента концентрации напряжений. Для чего находился узел с наибольшим значением эквивалентных напряжений σ_{\max} , а также определялось напряжение в бездефектной зоне σ_{θ} . Значения ККН определялись из выражения:

$$K_{\sigma} = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\theta}}. \quad (8)$$

Результаты расчетов представлены на рисунке 5.

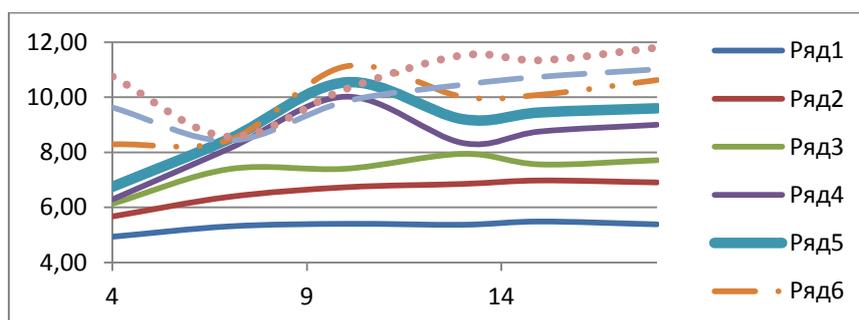


Рисунок 5. Зависимость коэффициента концентрации напряжений от безразмерной глубины ζ и радиуса вмятины $\xi = 2;3;4;5;6;7;8;9$

IV. Подведение итогов. Исследованиями н.д.с зоны вмятины в стенке цилиндрического резервуара изучены поля распределения напряжений в зоне дефекта.

На основе результатов численного решения задачи н.д.с. зоны вмятин установлены зависимости коэффициента концентрации напряжений от безразмерной параметра ζ при различных значениях ξ .

Полученные результаты исследований позволяют изучить особенности н.д.с. зоны вмятины и обосновывают необходимость учета в расчетах концентрацию напряжений в указанной зоне и разработки методик расчета прочности и долговечности резервуаров с вмятинами в стенке.

Работа выполнена по договору №416 от 25.02.2015г на выполнение НИР «Исследование прочности и долговечности ВЦР для хранения мазута на ТЭЦ с вмятинами в стенке и разработка методики нормирования их ресурса и геометрических размеров дефектов» с КН МОН РК.

Литература

1. Лихман В.В., Копысицкая Л.Н., Муратов В.М. Концентрация напряжений в резервуарах с локальными несовершенствами формы // Химическое и нефтяное машиностроение. - 1992. - №6. - С.22-24.

2. Евдокимов В.В., Труфанов Н.А., Сметанников О.Ю. Дифференцированный подход к определению допустимых размеров вмятин на поверхности стенки вертикальных цилиндрических резервуаров // Промышленное и гражданское строительство. – 2006. - №6. – С.81-86.

3. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластинки и оболочки. Пер. с англ. под ред. Г.С. , М. Физматгиз, 1963. 635 с.

4. В.Л. Бидерман. Механика тонкостенных конструкций. М: Машиностроение, 1977.

References

1. Lihman V.V., Kopytskaya L.N., Muratov V.M. Concentration of stress in the reservoir with local imperfections of form // Chemical and petroleum engineering. - 1992. - №6. -P.22-24.

2. Evdokimov V.V., Trufanov N.A., Smetannikov O.J. The differentiated approach to the definition of allowable size of dents on the surface of the wall of vertical cylindrical reservoir // Industrial and construction engineering. - 2006. - №6. - P.81-86.

3.МР- 704-1-167-84. A reservoir is steel vertical cylindrical for oil and oil products by a capacity 2000м³. Album of I. Constructions are metallic reservoir.

4. Tymoshenkos S.P.,Voynovskiy – Krieger S. Plate and shell. Trudged. with an eng under edited by G.S. Shapiro. M.: Science (Main release of physicorum et mathematicaliterature), 1996. 636 p.

УДК 539.376

UDC 539.376

РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛОГИХ ОБОЛОЧЕЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МАШИН И АППАРАТОВ В УСЛОВИЯХ НЕЛИНЕЙНОЙ ПОЛЗУЧЕСТИ МАТЕРИАЛА

CALCULATIONS ON STRENGTH AND STABILITY OF SHALLOW SHELL STRUCTURES OF MACHINES AND DEVICES UNDER THE CONDITIONS OF NONLINEAR CREEP OF MATERIAL

Токмуратов А.М.

Tokmuratov A.M.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан

M.Auezov South Kazakhstan StateUniversity, Shymkent, Kazakhstan
abduhalyk_kz@mail.ru

Резюме

Рассматриваются теоретические разработки по расчету пологих оболочечных конструкций машин и аппаратов, работающих в условиях повышенных температур. За основу принята методика, разработанная автором в своей кандидатской диссертации. Геометрические и физические уравнения теории пологих оболочек приняты в нелинейной форме. Приведены уравнения равновесия и квазистатического движения цилиндрической панели и круглой оболочки, сжатых вдоль кромок равномерной нагрузкой. Эти уравнения будут удобны и полезны для численной реализации данных разработок.

Abstract

The theoretical development of the calculation of flat shell structures of machines and devices working at high temperatures are being watched. The basis of accepted methodology developed by the author in his PhD thesis. Geometric and physical equations of the theory of shallow shells taken in a nonlinear manner. The equations of equilibrium and quasi-static

motion and a circular cylindrical shell panels, compressed along the edges of the uniform load are shown. These equations will be convenient and useful for numerical implementation of these projects.

Ключевые слова: теория оболочек, устойчивость, прочность, цилиндрическая панель, ползучесть, температура, тонкостенные конструкции.

Keywords: theory of shells, stability, strength, cylindrical bar, creep, temperature, thin-walled structures.

Проблема устойчивости цилиндрических панелей чаще всего встречается в проектировании и расчете авиационных конструкций: обшивка летательных аппаратов, имеющих сверхзвуковую скорость полета, работающих в условиях аэродинамического нагрева. Следовательно, учет деформаций ползучести здесь необходим.

Рассмотрим изотропную и однородную тонкую пологую цилиндрическую панель, сжатую силами P , направленными вдоль образующей (рис.1). Материал панели – алюминиевый сплав или другие конструкционные материалы. Предполагается, что панель имеет начальную погибь, т.е. рассматривается система, у которой развитие перемещений во времени приводит к изменению напряженного состояния.

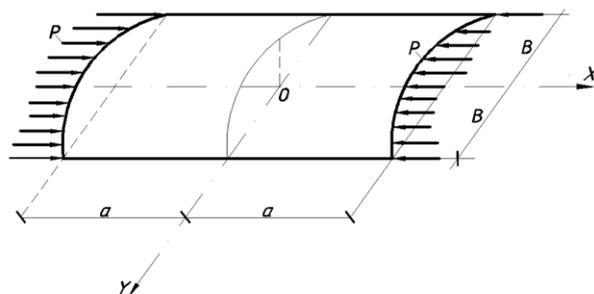


Рис. 1. Сжатая пологая цилиндрическая панель

Так как рассматриваемые панели рассчитываются как отдельные элементы при проектировании подкрепленных оболочек, то условия закрепления панели по кромкам зависят от размеров подкрепляющих ребер. Обычно ребра имеют достаточную жесткость на изгиб в плоскости, перпендикулярной к срединной поверхности, и поэтому прогиб панели по кромкам можно принять равным нулю. В зависимости от крутильной жесткости ребер различают случай полного или упругого защемления, либо шарнирного опирания. Ниже рассмотрен случай шарнирного опирания панели по кромкам.

Решение задачи длительной устойчивости рассматриваемой панели строим с учетом физической и геометрической нелинейности на основе уравнений, полученных автором в [1].

Для функций усилий и прогибов, а также начальной погиби примем выражения

$$F(x, y, t) = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{\ell} \varphi_{ij}(t) \cdot \cos \frac{(2i-1) \cdot \pi \cdot x}{2 \cdot a} \cdot \cos \frac{(2j-1) \cdot \pi \cdot y}{2 \cdot b} - P \cdot h \cdot y^2$$

$$\omega(x, y, t) = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{\ell} f_{ij}(t) \cdot \cos \frac{(2i-1) \cdot \pi \cdot x}{2 \cdot a} \cdot \cos \frac{(2j-1) \cdot \pi \cdot y}{2 \cdot b}$$

$$\omega_0(x, y, t) = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^L f_{aij} \cos \frac{(2i-1) \cdot \pi \cdot x}{2 \cdot a} \cdot \cos \frac{(2j-1) \cdot \pi \cdot y}{2 \cdot b} \quad (1)$$

Тогда, используя уравнения ползучести типа упрочнения [2], после приведения задачи к системе дифференциальных уравнений и решения ее по методике, описанной в [3], можно получить для заданных величин \mathbf{P} критическое время t_* , как момент времени, при котором выпучивание панели резко увеличивается и приводит к хлопку. Это явление выражается в неограниченном возрастании значений прогибов. Однако, для более строго исследования критического времени необходимо проверять возможность мгновенной бифуркации основного равновесного состояния панели.

С этой целью используем уравнения дополнительного равновесного состояния и вариации напряжений [3].

Запишем выражения вариаций удельных усилий и моментов

$$\begin{aligned} N_1^* &= \int_{-h}^h \sigma_{11}^* \cdot dz ; & N_2^* &= \int_{-h}^h \sigma_{22}^* \cdot dz ; & T_{12}^* &= \int_{-h}^h \tau_{12}^* \cdot dz ; \\ M_1^* &= \int_{-h}^h \sigma_{11}^* \cdot z \cdot dz ; & M_2^* &= \int_{-h}^h \sigma_{22}^* \cdot z \cdot dz ; & H_{12}^* &= \int_{-h}^h \tau_{12}^* \cdot z \cdot dz ; \end{aligned} \quad (2)$$

Введя в рассмотрение функции дополнительных усилий \mathbf{F}^* , после некоторых преобразований получим выражения для дополнительных деформаций и моментов, отнесенных к срединной поверхности оболочки. Эти выражения имеют такой же вид, что и для железобетонной оболочки [3]. Различия будут лишь в некоторых коэффициентах [3]

$$\begin{aligned} B_3^* &= U_{12} \cdot C_{11} + U_{42} \cdot C_{12} + U_{72} \cdot C_{13} ; & B_4^* &= U_{22} \cdot C_{11} + U_{52} \cdot C_{12} + U_{82} \cdot C_{13} ; \\ B_6^* &= U_{12} \cdot C_{21} + U_{42} \cdot C_{22} + U_{72} \cdot C_{23} ; & B_7^* &= U_{22} \cdot C_{21} + U_{52} \cdot C_{22} + U_{82} \cdot C_{23} ; \\ B_{17}^* &= U_{12} \cdot C_{31} + U_{42} \cdot C_{32} + U_{72} \cdot C_{33} ; & B_{18}^* &= U_{22} \cdot C_{31} + U_{52} \cdot C_{32} + U_{82} \cdot C_{33} ; \\ C_{11}^* &= (U_{91} \cdot U_{51} - U_{61} \cdot U_{81}) / D_0^* ; & C_{13}^* &= (U_{61} \cdot U_{21} - U_{31} \cdot U_{51}) / D_0^* ; \\ C_{22}^* &= (U_{11} \cdot U_{91} - U_{31} \cdot U_{71}) / D_0^* ; & C_{23}^* &= (U_{41} \cdot U_{31} - U_{61} \cdot U_{11}) / D_0^* ; \\ C_{31}^* &= (U_{41} \cdot U_{81} - U_{51} \cdot U_{71}) / D_0^* ; & C_{32}^* &= (U_{21} \cdot U_{71} - U_{81} \cdot U_{11}) / D_0^* ; \\ C_{33}^* &= (U_{11} \cdot U_{51} - U_{21} \cdot U_{41}) / D_0^* ; & C_{22}^* &= (U_{11} \cdot U_{91} - U_{31} \cdot U_{71}) / D_0^* ; \\ D_4^* &= B_1^* \cdot U_{12} + B_5^* \cdot U_{22} + B_{15}^* \cdot U_{32} & D_5^* &= B_2^* \cdot U_{12} + B_9^* \cdot U_{22} + B_{16}^* \cdot U_{32} \\ D_6^* &= B_3^* \cdot U_{12} + B_6^* \cdot U_{22} + B_{17}^* \cdot U_{32} - U_{13} & D_7^* &= B_4^* \cdot U_{12} + B_7^* \cdot U_{22} + B_{18}^* \cdot U_{32} - U_{23} \\ D_{14}^* &= U_{12} \cdot B_{11}^* + B_{13}^* \cdot U_{22} + B_8^* \cdot U_{32} & D_{15}^* &= B_{12}^* \cdot U_{12} + B_{14}^* \cdot U_{22} + B_{10}^* \cdot U_{32} - 2 \cdot U_{33} \\ D_8^* &= B_1^* \cdot U_{42} + B_5^* \cdot U_{52} + B_{15}^* \cdot U_{62} & D_9^* &= B_2^* \cdot U_{42} + B_9^* \cdot U_{52} + B_{16}^* \cdot U_{62} \\ D_{10}^* &= B_3^* \cdot U_{42} + B_6^* \cdot U_{52} + B_{17}^* \cdot U_{62} - U_{43} & D_{11}^* &= B_4^* \cdot U_{42} + B_7^* \cdot U_{52} + B_{18}^* \cdot U_{62} - U_{53} \\ D_{17}^* &= B_{12}^* \cdot U_{42} + B_{14}^* \cdot U_{52} + B_{10}^* \cdot U_{62} - 2 \cdot U_{63} & D_{16}^* &= B_{11}^* \cdot U_{42} + B_{13}^* \cdot U_{52} + B_8^* \cdot U_{62} \end{aligned} \quad (3)$$

Разрешающая система уравнений дополнительного состояния выводятся аналогично методике [3] и имеет вид

$$\begin{aligned} &L_5(B^*, D^*) + L_6(\omega^*, D^*) + L_9(F^*, D^*) + L_{10}(\omega^*, D^*) + \\ &+ F_{yy} \cdot (k_1 \omega_{xx}^*) + F_{xx}^* \cdot (k_2 + \omega_{yy}) + F_{xx} \cdot \omega_{yy}^* + \\ &+ F_{yy} \cdot \omega_{xx}^* - 2 \cdot F_{xy} \cdot \omega_{xy}^* - 2 \cdot \omega_{xy} \cdot F_{xy}^* = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& L_7(F^*, B^*) + L_8(\omega^*, B^*) + L_{11}(F^*, B^*) + \\
& + L_{12}(\omega^*, B^*) + \omega_{xx} \cdot \omega_{yy}^* + \omega_{yy} \cdot \omega_{xx}^* + k_1 \cdot \omega_{yy}^* + \\
& + k_2 \cdot \omega_{xx}^* - 2 \cdot \omega_{xy} \cdot \omega_{xy}^* = 0
\end{aligned} \tag{4}$$

Здесь дифференциальные операторы L_5, \dots, L_8 записываются аналогично [3] при замене

$F \rightarrow F^*, \omega \rightarrow \omega^*, D_4 \rightarrow D_4^*, \dots, B_1 \rightarrow B_1^*$, а операторы $L_9, L_{10}, L_{11}, L_{12}$ описаны в [3].

Заметим, что для цилиндрической панели в (4) следует принять $k_1 = 0$.

Решение для функций дополнительных прогибов и усилий разыскиваются в виде

$$\begin{aligned}
\omega^*(x, y) &= \sum_{i=1}^K \sum_{l=1}^{\ell} f_{ij}^* \cdot \cos \frac{(2i-1) \cdot \pi \cdot x}{2 \cdot \alpha} \cdot \cos \frac{(2j-1) \cdot \pi \cdot y}{2 \cdot b} \\
F^*(x, y) &= \sum_{i=1}^K \sum_{l=1}^{\ell} \varphi_{ij}^* \cdot \cos \frac{(2i-1) \cdot \pi \cdot x}{2 \cdot \alpha} \cdot \cos \frac{(2j-1) \cdot \pi \cdot y}{2 \cdot b}
\end{aligned} \tag{5}$$

Тогда решение основной системы уравнений дополнительного состояния (4) в смысле Бубнова-Галеркина приводит к системе однородных алгебраических уравнений относительно f_{ij}^* и φ_{ij}^* . Равенство нулю определителя этой системы означает возможность смены формы равновесия.

Таким образом, проверяя данное условие на каждом шаге интегрирования по времени основной задачи равновесного состояния [3], можно получить более строгое решение задачи определения критического времени t_* для цилиндрической панели в условиях длительного выпучивания.

Рассмотрим еще одну задачу длительной устойчивости замкнутой круговой цилиндрической оболочки, подвергающейся сжатию вдоль образующей усилиями P , равномерно распределенными вдоль дуговых кромок (рис.2).

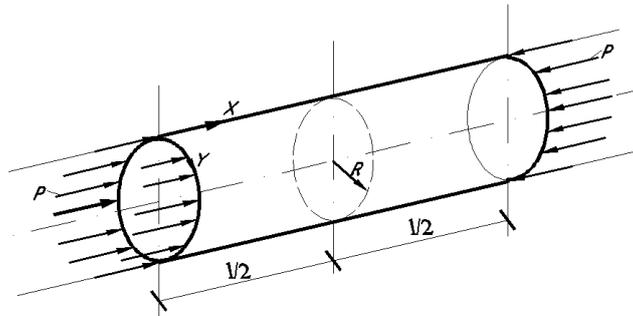


Рис. 2. Замкнутая круговая цилиндрическая оболочка

Этот случай нагружения представляет большой практический интерес. Например, корпус летательного аппарата подвергается действию усилий, передающихся от двигателей. Кроме того, круговая оболочка, сжатая вдоль образующей является своего рода эталоном для сопоставления теоретических и экспериментальных данных и для проверки различных подходов в теории устойчивости оболочек.

Постановка задачи устойчивости для сжатой цилиндрической оболочки в условиях ползучести тесно связана с постановкой классической упругой задачи устойчивости оболочки.

Чувствительность цилиндрической оболочки к начальным несовершенствам заставляла многих исследователей отказываться от решения с позиций разыскивания возможности появления смежных равновесных форм на основе линеаризованных уравнений. Поэтому часто применялся критерий критической деформации для идеальных оболочек. Принимают, что критическое время выпучивания цилиндрической оболочки наступит в момент, когда сближение нагруженных кромок достигнет величины

$$\varepsilon_{cr} = k_* \cdot \frac{2 \cdot h}{R} \quad (6)$$

Значение коэффициента k_* в этой формуле меняется в очень большом интервале у разных авторов [4].

Решение задачи о равновесных формах оболочки с заданным начальным прогибом естественно зависит от формы этого начального прогиба, которую необходимо учитывать как случайную функцию на основе вероятностных математических методов. Практически, как показывают исследования многих авторов [4], можно ограничиться заданием лишь некоторых характерных форм для начального прогиба, определяемых из экспериментов.

Упрощенная техника решения задачи о поведении цилиндрической оболочки с начальным прогибом была предложена в [4]. Задается симметричный относительно оси оболочки начальный прогиб и далее исследуется устойчивость этой формы равновесия, т.е. разыскивается значение нагрузки, при которой будет иметь место бифуркация, соответствующая появлению некоторой несимметричной формы равновесия. Смена форм равновесия здесь обусловлена появлением окружных сжимающих напряжений в зонах, где прогиб направлен внутрь оболочки.

Пусть начальный симметричный прогиб имеет вид

$$\omega^0 = f_0 \sin^2 \frac{m \cdot \pi \cdot x}{\ell} \quad (7)$$

где m – число полуволн изогнутой поверхности вдоль длины.

Будем считать, что изогнутая поверхность докритического состояния оболочки является осесимметричной, т.е. поперечные сечения остаются круговыми. В этом случае можно принять

$$\begin{aligned} \varphi(t, x, y) &= \varphi_1(t) \cdot \sin^2 \frac{m \cdot \pi \cdot x}{\ell} - P \cdot y^2 \cdot h \\ \omega(t, x) &= f_1(t) \cdot \sin^2 \frac{m \cdot \pi \cdot x}{\ell} \end{aligned} \quad (8)$$

Используя вышеупомянутую методику [3], можно исследовать деформирование во времени сжатой цилиндрической оболочки с учетом возможности мгновенной смены формы равновесия. Полагая, что потеря устойчивости цилиндрической оболочки характеризуется неосесимметричной изогнутой поверхностью, функции дополнительных прогибов и усилий принимаем в виде [4]

$$\begin{aligned} \varphi^*(x, y) &= \varphi_1^* \cdot \sin \frac{m \cdot \pi \cdot x}{\ell} \cdot \sin \frac{n \cdot y}{R} + \varphi_2^* \cdot \sin^3 \frac{m \cdot \pi \cdot x}{\ell} \cdot \sin \frac{n \cdot y}{R} + \\ &+ \varphi_3^* \cdot \sin^5 \frac{m \cdot \pi \cdot x}{\ell} \cdot \sin \frac{n \cdot y}{R} + \varphi_4^* \cdot \sin^7 \frac{m \cdot \pi \cdot x}{\ell} \cdot \sin \frac{n \cdot y}{R} + \dots; \\ \omega^*(x, y) &= f_1^* \cdot \sin \frac{m \cdot \pi \cdot x}{\ell} \cdot \sin \frac{n \cdot y}{R} + f_2^* \cdot \sin^2 \frac{m \cdot \pi \cdot x}{\ell}, \end{aligned} \quad (9)$$

где n – число полных волн вдоль окружностей.

Критическое время t_* находится из условия равенства нулю определителя системы (4). Параметры волнообразования m и n должны быть выбраны из условия минимума критического времени t_* .

Литература

1. Токмуратов А.М. К определению длительной критической нагрузки пологой железобетонной оболочки // Проблемы расчета строительных конструкций с учетом физической и геометрической нелинейности: Межвуз. темат. сб. тр. / ЛИСИ. – Л., 1986. – С.16-23.

2. Качанов Л.М. Теория ползучести. – М.: Физматгиз, 1960. – 455с.

3. Санжаровский Р.С., Токмуратов А.М. Устойчивость пологих железобетонных оболочек при нелинейной ползучести бетона // Проектирование и расчет строительных конструкций: Материалы постоянного семинара / Ленингр.дом научн.-техн. Пропанды.-Л., 1985. –С.68-77

4. Вольмир А.С. Устойчивость деформируемых систем.-М.:Наука, 1967.-984 с.

References

1. Tokmuratov A.M. K opredeleniju dlitelnoi kriticheskoi nagruzki pologoii gelezobetonnoi obolochki //Problemy rascheta stroitelnykh konstrukcii s uchetom fizicheskoi i geometricheskoi nelineinosti: Megvuz. temat. sb. tr./ LISI.-L., 1986.-S.16-23.

2. Kachanov L.M. Teorija polzuchesti.-M.: Fizmatgiz, 1960.-455s.

3. Sangarovski R.S., Tokmuratov A.M. Ustoichivost pologih gelezobetonnyh obolochek pri nelineinoy polzuchesti betona // Proektirovanie i raschet stroitelnykh konstrukcij : Materialy postojannogo seminarana / Leningr. dom nauchn.-techn. propagandy.-L., 1985. – S.68-77

4. Volmir A.S. Ustoichivost deformiruemykh system .-M.: Nauka, 1967.-984 s.

**ПЛИТА, ОБЛАДАЮЩАЯ РЕОЛОГИЧЕСКИМ СВОЙСТВОМ НА
ПРУГОПОЛЗУЧЕМ ГРУНТОВОМ ОСНОВАНИИ**

**THE PLATE POSSESSING RHEOLOGICAL PROPERTY ON THE
UPRUGOPOLZUCHY SOIL BASIS**

**Дасибеков А., Абдрашев С.Ж., Мырзалиев Д.С., Байжанов А.Ж.
Dasibekov A., Abdrashev S.Zh., Myrzaliyev D.S., Bayzhanov A.Zh.**

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

Резюме

В данной работе рассмотрено напряженно-деформированное состояние упругоползучей двухслойной плиты постоянной ширины, лежащей на упругоползучем неоднородном основании, модуль упругости и мера ползучести которого изменяются по степенному закону. Заданная нагрузка распределена равномерно по любой линии вдоль плиты и по произвольному закону $q(x, t)$ поперек плиты. При таких условиях расчет плиты сводится к расчету балки – полоски длиной 2ℓ , шириной, равной единице. Свойства ползучести плит и основания описаны теорией упругоползучего тела Г.Н.Маслова – Н.Х.Арутюняна. Реактивное давление ищем в виде ряда из полиномов Гегенбауэра с переменными во времени коэффициентами. Остановившись на полиноме той или иной степени, в зависимости от желаемой точности и используя тождество между прогибом и осадкой для определения неизвестных коэффициентов $A_n^*(x)$, получаем необходимое число интегральных уравнений Вольтера второго рода.

В случае симметричной нагрузки в полиномах Гегенбауэра участвуют только четные. Для определенности принята, что заданная нагрузка равномерно распределена по балке и не изменяется во времени. Для инженерных расчетов представляет интерес решение задачи об изгибе упругоползучих балочных плит на упругоползучем неоднородном основании, когда учитывается переменность модулей упругости и старение материалов плиты и основания. При этом приходится решать систему интегральных уравнений при ядрах достаточно общего вида. В этом случае не удается получить точное решение исходной системы. Однако с помощью известного метода Н.М.Крылова и Н.А.Боголюбова можно найти приближенное решение, позволяющее определить искомые величины с любой степенью точности.

Abstract

In this work the intense deformed condition of an uprugopolzuchy two-layer plate of the constant width lying on the uprugopolzuchy non-uniform basis is considered, the module of elasticity and which measure of creep change under the sedate law. The set loading is distributed evenly on any line along a plate and under any law across a plate. Under such circumstances calculation of a plate is reduced to calculation of a beam – strips by length, width equal to unit. Properties of creep of plates and the basis are described by the theory of an uprugopolzuchy body of G. N. Maslov – N.Kh.Arutyunyana. We look for jet pressure in the form of a row from Gegenbauer's polynoms with variables in time in coefficients. Stopping on a polynom of this or that degree, depending on desirable accuracy and using identity between a deflection and an osadka for determination of unknown coefficients, we receive

necessary number of the integrated equations of Voltaire of the second sort.

In case of symmetric loading only the even participate in Gegenbauer's polynomials. For definiteness it is accepted that the set loading is evenly distributed on a beam and doesn't change in time. The solution of a task on a bend the uprugopolzuchikh of frame plates on the uprugopolzuchy non-uniform basis when variability of modules of elasticity and aging of materials of a plate and basis is considered is of interest to engineering calculations. Thus it is necessary to solve system of the integrated equations at kernels of rather general view. In this case it isn't possible to receive the exact decision of initial system. However by means of N. M. Krylov and N. A. Bogolyubov's known method it is possible to find the approximate solution allowing to determine required sizes with any degree of accuracy.

Ключевые слова: напряжение, деформация, плита, неоднородность, ползучесть, полином, интеграл.

Keywords: tension, deformation, plate, heterogeneity, creep, polynomial, integral.

Рост объема производства капитального строительства промышленных, гражданских и других инженерных сооружений в Казахстане все растет и растет. В то же время ряд зданий и сооружений, строящихся ныне, не доходят до своей эксплуатации. Это в основном связано с ползучестью материалов элементов конструкций и неоднородностью самих грунтов. В связи с этим основанием для разработки данной научной работы явилась причина разрушения некоторых высотных сооружений, построенных в регионах Южного Казахстана.

Для правильного проектирования и расчета их фундаментов, взаимодействующих с грунтовым основанием, рассмотрим упругоползучую двухслойную плиту постоянной ширины, лежащую на упругоползучем неоднородном основании, модуль упругости и мера ползучести которого изменяются по степенному закону вида

$$E(t, z) = E_m(t)z^m, C(t, \tau, z) = C_m(t, \tau)z^{-m} \quad (1)$$

Здесь $C_m(t, \tau), E_m(t)$ – соответственно мера ползучести и модуль деформации на глубине $z = 1$, m – показатель неоднородности. Предположим, что заданная нагрузка распределена равномерно по любой линии вдоль плиты и по произвольному закону $q(x, t)$ поперек плиты. При таких условиях расчет плиты сводится к расчету балки – полоски длиной 2ℓ , шириной, равной единице. Свойства ползучести плит и основания могут быть описаны теорией упругоползучего тела Г.Н.Маслова – Н.Х.Арутюняна. Тогда уравнение изгиба плит имеет вид

$$(1 - R) \frac{D(t)}{\ell^4} \frac{\partial^4 W(x, t)}{\partial x^4} = q(x, t) - P(x, t), D(t) = D_1(t) + D_2(t). \quad (2)$$

где $W(x, t)$ – прогиб плиты; $P(x, t), q(x, t)$ – соответственно интенсивность нормальной реакции основания и внешней распределенной нагрузки; $D_i(t)$ – цилиндрическая жесткость i -ой плиты, $i = 1, 2$; x – безразмерная координата, равная отношению абсолютной координаты к полудлине балки; h_i – толщина плиты. Из (2) видно, что слоистость плит влияет на значение жесткостной характеристики плит. Так как отрыв нижней поверхности изгибающих плит от грунтового основания не учитывается, то всегда условие неразрывности между этими объектами должно иметь место, т.е.

$$W(x, t) \equiv V(x, t). \quad (3)$$

Здесь величина осадки неоднородного упругоползучего основания $V^*(x, t)$, по Ширинкулову Т.Ш. имеет вид:

$$V(x, t) = a(t) \left[\int_{-1}^1 \frac{P(s, t) ds}{x - s/m} + \int_{\tau_1}^t \int_{-1}^1 \frac{P(s, \tau) ds}{x - s/m} K(t, \tau) d\tau \right], \quad (4)$$

где $a(t)$ - коэффициент, учитывающий физико-механические свойства оснований; $K(t, \tau)$ - интегральный оператор. Задача сводится к решению уравнения (2) при (3) и (4). Искомую функцию, $P(x, t)$, удовлетворяющую приведенным выше уравнениям, следуя Ширинкулову Т.Ш., ищем в виде ряда из полиномов Гегенбауэра с переменными во времени коэффициентами, т.е.

$$P(x, t) = \frac{1}{\sqrt{(1-x^2)^{1-m}}} \sum_{n=0}^{\infty} A_n^*(t) C_n^{\frac{m}{2}}(x). \quad (5)$$

Здесь $C_n^{\frac{m}{2}}(x)$ - полином Гегенбауэра. Выражение (5) дает возможность определить внутренние усилия в изгибающих плитах и осадку уплотняемого неоднородного грунтового основания.

Выражение (5) подставим в уравнения равновесия:

$$\left. \begin{aligned} \int_{-1}^1 P^*(x, t) dx &= \frac{P(t)}{\ell} \\ \int_{-1}^1 M^*(x, t) dx &= \frac{M(t)}{\ell^2} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где $P(t)$ и $M(t)$ - соответственно равнодействующие внешних сил и их момент относительно середины балки-полосы. Учитывая ортогональность полиномов Гегенбауэра по весу $(1-x^2)^{\frac{m-1}{2}}$, и имея в виду равенство $C_0^{\frac{m}{2}}(x)=1$, $C_1^{\frac{m}{2}}(x)=mx$, из (6) находим:

$$\left. \begin{aligned} A_0^*(t) = A_0^*(\tau_1) &= \frac{\Gamma\left(\frac{m+2}{2}\right)}{\sqrt{\pi} \Gamma\left(\frac{m+1}{2}\right)} \frac{P(\tau_1)}{\ell} \\ A_1^*(t) = A_1^*(\tau_1) &= \frac{2\Gamma\left(\frac{m+4}{2}\right)}{\sqrt{\pi} \Gamma\left(\frac{m+1}{2}\right)} \frac{M(\tau_1)}{\ell^2} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Как известно, два первых члена ряда (5) соответствуют распределению реакции по подошве абсолютно жесткой плиты. Из равенства (7) видно, что в данном случае ползучесть материалов балок (балочных плит) и основания не влияет на распределение реактивных давлений.

Выражение (5) подставим в уравнение (2). Тогда после четырехкратного интегрирования по x для общего случая загрузки балочных плит, будем иметь:

$$W^*(x, t) = \frac{\ell^4}{D(t)} \left[C_1(t) \frac{x^3}{6} + C_2(t) \frac{x^2}{2} + C_3(t)x + C_4(t) + f_q(x, t) - \sum_{n=0}^{\infty} A_n^*(t) f_n(x) \right], \quad (8)$$

где функции $f_q(x, t)$, $f_n(x)$ является частными интегралами уравнений:

$$f_q^{IV}(x, t) = q(x, t); \quad f_n^{IV}(x) = \frac{C_n^{\frac{m}{2}}(x)}{\sqrt{(1-x^2)^{1-m}}}. \quad (9)$$

На основании результатов исследования Т.Ш.Ширинкулова [1], из (4) после подстановки в него значения реактивного давления $P^*(x, t)$, согласно (5), для осадки неоднородного основания получим:

$$V(x,t) = B(t) \sum_{i=0}^{\infty} \frac{\Gamma(i+m)}{\Gamma(m)i!} (1+K_0^*) A_i^*(t) C_i^{\frac{m}{2}}(x), \quad (10)$$

где

$$B(t) = \frac{\alpha \ell}{\pi E_m(t) \ell^m \cos \frac{m\pi}{2}}. \quad (11)$$

Таким образом, для общего случая при помощи выражений (8) – (11) можно определить прогиб плиты и осадку основания.

Остановившись на полиноме той или иной степени, в зависимости от желаемой точности и используя тождество (3), для определения неизвестных коэффициентов $A_n^*(x)$ получаем необходимое число интегральных уравнений Вольтера второго рода.

В случае симметричной нагрузки в разложении (5) участвуют только четные полиномы. Для определенности примем, что заданная нагрузка равномерно распределена по балке и не изменяется во времени. Тогда (8) можно представить так:

$$W(x,t) = \frac{\ell^4}{D(t)} \left[C_1(t) \frac{x^3}{6} + C_2(t) \frac{x^2}{2} + C_3(t)x + C_4(t) + \frac{x^4}{24} E(t) \delta(t, \tau_1) - \sum_{n=0}^{\infty} (1-K^*) A_{2n}^*(t) \bar{f}_{2n}(x) \right], \quad (12)$$

где

$$\bar{f}_0(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{1-m}{2} + k\right)}{\Gamma\left(\frac{1-m}{2}\right) k!} x^{2k};$$

$$\left. \begin{aligned} \bar{f}_2(x) &= \frac{\Gamma(m+2)\Gamma\left(\frac{m+1}{2}\right)}{8\Gamma(m)\Gamma\left(\frac{m+1}{2}+2\right)} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k (m+3)(m+1)\cdots(m-2k+5)}{2^k k!(2k+1)(2k+2)} x^{2k+2}; \\ \bar{f}_4(x) &= \frac{\Gamma(m+4)\Gamma\left(\frac{m+1}{2}\right)}{2^4 4! \Gamma(m)\Gamma\left(\frac{m+1}{2}+4\right)} (1-x^2)^{\frac{m+7}{2}}; \\ \bar{f}_{2n}(x) &= \frac{\Gamma(m+2n)\Gamma\left(\frac{m+1}{2}\right)}{2^{2n} (2n)! \Gamma(m)\Gamma\left(\frac{m+1}{2}+2n\right)} \cdot \frac{d^{2n-4} (1-x^2)^{\frac{m+4n-1}{2}}}{dx^{2n-4}}, n \geq 2; \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Откуда

$$W'(x,t) = \varphi(x) = \frac{\ell^3}{D(t)} \left[C_1(t) \frac{x^2}{2} + C_2(t)x + C_3(t) + \frac{1}{6} q x^3 E(t) \delta(t, \tau_1) - \sum_{n=0}^{\infty} (1-K^*) A_{2n}^*(t) \bar{f}'_{2n}(x) \right]; \quad (14)$$

$$M_x(x,t) = -\ell^2 \left[C_1(t)x + C_2(t) + \frac{1}{2} q x^2 E(t) \delta(t, \tau_1) - \sum_{n=0}^{\infty} (1-K^*) A_{2n}^*(t) \bar{f}''_{2n}(x) \right]; \quad (15)$$

$$Q(x,t) = -\ell \left[C_1(t)x + q x E(t) \delta(t, \tau_1) - \sum_{n=0}^{\infty} (1-K^*) A_{2n}^*(t) \bar{f}'''_{2n}(x) \right]. \quad (16)$$

Постоянные интегрирования $C_1(t)$, входящие в (12) – (16), определяем из граничных условий:

$$\left. \begin{aligned} W'(x,t) = \varphi(x) = 0, \quad Q(x,t) = 0 \quad \text{при } x = 0 \\ M_x(x,t) = 0, \quad Q(x,t) = 0 \quad \text{при } x = 1 \end{aligned} \right\}. \quad (17)$$

Тогда выражение (14), имеет вид

$$W(x,t) = V(0,t) + (1 + K^*) \frac{\ell^4}{6D(t)} \left[1,5qx^2 + \frac{1}{4}qx^4 - \sum_{n=0}^{\infty} A_{2n}(t)f_{2n}(x) \right], \quad (18)$$

$$f_0(x) = \frac{3x^2}{1+m} + 6 \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{1-m}{2} + k\right)}{\Gamma\left(\frac{1-m}{2}\right) k! \lambda_{2k}} x^{2k+4}; \quad (19)$$

$$f_2(x) = \frac{3\Gamma(m+2)\Gamma\left(\frac{m+1}{2}\right)}{4\Gamma(m)\Gamma\left(\frac{m+5}{2}\right)} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k (m+3)\dots(m-2k+5)}{2^k k!(2k+1)(2k+2)} x^{2k+2}, \quad (20)$$

$$f_4(x) = \frac{\Gamma(m+4)\Gamma\left(\frac{m+1}{2}\right)}{64\Gamma(m)\Gamma\left(\frac{m+9}{2}\right)} \left[(1-x^2)^{\frac{m+7}{2}} - 1 \right]; \quad (21)$$

$$f_{2n}(x) = 6 \left[\bar{f}_{2n}(x) - \bar{f}_{2n}(0) \right] = \frac{6\Gamma(2n+m)\Gamma\left(\frac{m+1}{2}\right)}{2^{2n}\Gamma(m)\Gamma\left(\frac{m+1}{2} + 2n\right)(2n)!} \left\{ \frac{d^{2n-4}}{dx^{2n-4}} \times \left[(1-x^2)^{\frac{m+4n-1}{2}} \right] - \frac{d^{2n-4}}{dx^{2n-4}} \left[(1-x^2)^{\frac{m+4n-1}{2}} \right]_{x=0} \right\}, \quad n \geq 2. \quad (22)$$

Пользуясь формулами (4) (18) - (22), выражение осадки основания для рассматриваемой задачи можно представить в виде:

$$V(x,t) = V(0,t) + (1 + K_0^*) B(t) \sum_{n=0}^{\infty} A_{2n}(t) \frac{\Gamma(2n+m)}{2n!\Gamma(m)} \left[C_{2n}^{\frac{m}{2}}(x) - \frac{(-1)^n \Gamma\left(\frac{m}{2} + n\right)}{n! \Gamma\left(\frac{m}{2}\right)} \right]. \quad (23)$$

Функции $f_{2n}(x)$ в (18) – (23) не зависят от внешней нагрузки и могут быть заранее вычислены для различных значений x и m . Причем функции $f_{2n}(x)$ и их производные, а также полиномы $C_n^{\frac{m}{2}}(x)$, табулированы [2]. В выражениях (18) и (23) неизвестными являются, $A_{2n}(t)$ ($n=1,2,\dots$), а $A_0(t)$ известно из условия равновесия и вычисляется по формуле (7).

Для нахождения неизвестных коэффициентов воспользуемся условием контакта поверхности плиты с основанием (3). Для инженерных расчетов представляет интерес решение задачи об изгибе упругоползучих балочных плит на упругоползучем неоднородном основании, когда учитывается переменность модулей упругости и старение материалов плиты и основания. При этом приходится решать систему интегральных уравнений при ядрах достаточно общего вида. В этом случае не удается получить точное решение исходной системы. Однако с помощью известного метода Н.М.Крылова и Н.А.Боголюбова [2] можно найти приближенное решение, позволяющее определить искомые величины с любой степенью точности.

Следует заметить, что задачи подобного типа исследованы в работах [3-6].

Литература

1. Ширинкулов Т.Ш. Методы расчета конструкций на сплошном основании с учетом ползучести. -Ташкент: Фан, 1969.-157с.
2. Ширинкулов Т.Ш. Расчет конструкций на неоднородном основании. -Ташкент: ФАН, 1972. -274 с.
3. Ширинкулов Т.Ш., Абильмаженов Т.Ж., Дасибеков А., Ширинкулов К.Т. Изгиб трехслойных железобетонных пластин на упругоползучем основании //Материалы Международной научно - технической конференции «Механика деформируемого твердого тела».-Самарканд, 2007.-С.237-242.
4. Дасибеков А.Д., Уралов Б.К., Ширинкулов К.Т. Контактная задача теории ползучести для составных балочных плит на деформируемом основании//Механика и моделирование процессов технологии. -2004.-№1.-С.3-6.
5. Ширинкулов Т.Ш., Ширинкулов К.Т., Дасибеков А.Д., Уралов Б.К. Изгиб составных упруго - вязким линейно - деформируемым основанием // Механика и моделирование процессов технологии. -2004. -№1.-С.17-21.
6. Ширинкулов Т.Ш., Уралов Б.К., Дасибеков А.Д. Расчет на изгиб упругоползучих тонких трехслойных плит на деформируемом основании //Наука и образование Южного Казахстана. -2008.-№ 1 (66).-С.161-167.

References

1. Shirinkulov T.Sh. Methods of calculation of designs on the continuous basis taking into account creep. - Tashkent: Fan, 1969. - 157s.
2. Shirinkulov T.Sh. Calculation of designs on the non-uniform basis. - Tashkent: FAN, 1972.-274 pages.
3. Shirinkulov T.Sh., Abilmazhenov T.Zh., Dasibekov A., Shirinkulov K.T. Izgib of three-layer ferroconcrete plates on the uprugopolzuchy basis//Materials Mezhdunarodna scientifically - the technical conference "Mechanics of a Deformable Solid Body". - Samarkand, 2007. - Page 237-242.
4. Dasibekov A.D., Uralov B. K., Shirinkulov K.T. A contact task of the theory of creep for compound frame plates on the deformable basis//Mechanics and modeling of processes of technology.-2004.-№1. - Page 3-6.
5. Shirinkulov T.Sh., Shirinkulov K.T., Dasibekov A.D., Uralov B. K. Izgib of the compound is elastic - viscous linearly - the deformable basis//Mechanics and modeling of processes of technology.-2004.-№1. - Page 17-21.
6. Shirinkulov T.Sh., Uralov B. K., Dasibekov A.D. Calculation on a bend the uprugopolzuchikh of thin three-layer plates on the deformable basis//Science and education of Youzhny of Kazakhstan.-2008.-№ 1 (66). - Page 161-167.

УПЛОТНЕНИЕ УПРУГОПОЛЗУЧИХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ CONSOLIDATION UPUGOPOLZUCHIKH SOIL BASES

**Мырзалиев Д.С., Саржанова М.Ж., Дасибеков А., Койшыбай М.Б.
Myrzaliyev D. S., Sarzhanova M. Zh., Dasibekov A., Koishybay M.B.**

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

Резюме

В данной работе исследована задача одномерного уплотнения упругоползучих грунтовых оснований с неоднородными граничными условиями. При этом связь между коэффициентом пористости грунта ε и суммой главных напряжений в скелете принята в виде линейной зависимости.

Учитывая, что в инженерной практике большой интерес представляют задачи уплотнения земляной среды конечной толщины, обладающей упругоползучим свойством, рассмотрен процесс уплотнения трехфазного основания с водоупором на глубине и находящегося под действием внешней нагрузки, зависящей от времени и координаты. При этом определены расчетные формулы для вычисления значений порового давления, напряжений в скелете грунта и осадки уплотняемого грунтового массива, обладающего упругоползучим свойством при неоднородных граничных условиях.

Результаты вычисления приведены в виде графиков на рисунках. Причем, поровое давление в начальный момент уплотнения начинает возрастать где-то до 20-25 суток, затем начинает падать. Значения же порового давления для однородных граничных условий до 70-80 суток меньше, чем для неоднородных граничных условий, затем после 100 суток эта разница становится несущественной. Для однородных граничных условий значения осадок уплотняемого массива больше, чем для неоднородных граничных условий на весь период уплотнения.

Abstract

In this work the problem of one-dimensional consolidation the uprugopolzuchikh of the soil bases with non-uniform boundary conditions is investigated, thus communication between coefficient of porosity of soil ε and the sum of the main tension in a skeleton is accepted in the form of linear dependence.

Considering that in engineering practice the great interest is represented by problems of consolidation of the earth environment of the final thickness possessing uprugopolzuchy property process of consolidation of the three-phase basis with a water emphasis at a depth and being under the influence of external loading, time-dependent and coordinates is considered. Thus settlement formulas for calculation of values of steam pressure, tension in a skeleton of soil and rainfall of the condensed soil massif having uprugopolzuchy property under non-uniform boundary conditions are defined.

Results of calculation are given in a type of schedules in drawings. And, steam pressure at the initial moment of consolidation starts increasing somewhere till 20-25 days, then starts falling. Values of steam pressure for uniform boundary conditions are up to 70-80 days less, than for non-uniform boundary conditions, then after 100 days this difference becomes insignificant. For uniform boundary conditions of value the deposit of the condensed massif is

more, than for non-uniform boundary conditions for the entire period of consolidation.

Ключевые слова: напряжение, деформация, пористость, грунт, неоднородность, ползучесть, консолидация.

Keywords: tension, deformation, porosity, soil, heterogeneity, creep, consolidation.

Вопросы определения конечных осадок в теории механики уплотняемых многофазных грунтов, а также учет реологических и переменность физико-механических свойства грунтовых оснований представляет большой интерес при строительстве любого сооружения.

Успех инженерного прогнозирования подобных процессов, протекающих в массиве глинистого грунта под действием поверхностных и объемных сил, во многом зависит от того, с какой степенью точности и полноты отражены свойства грунта и характер взаимодействия фаз и частиц в математической модели, выбранной для описания его напряженно-деформированного состояния.

Основанием для разработки данной научной работы явилась причина разрушения отдельных высотных сооружений, построенных в регионах Южного Казахстана. Безусловно, такие разрушения зданий явились последствием неправильного расчета грунтовых оснований и, в основном, связано с тем, что здесь не полноценно учитывались вопросы консолидации, ползучести и неоднородность их граничных условий.

В связи с этим в данной работе исследована задача одномерного уплотнения упругоползучих грунтовых оснований с неоднородными граничными условиями. При этом связь между коэффициентом пористости грунта ε и суммой главных напряжений в скелете им принята в виде линейной зависимости:

$$\varepsilon(t) = \varepsilon(\tau_1) - \frac{1}{1 + (n-1)\xi} \left[\theta(\tau_1)\delta(t, \tau_1) - \int_{\tau_1}^t \frac{\partial \theta}{\partial \tau} \delta(t, \tau) d\tau \right], \quad (1)$$

$$\text{где} \quad c(t, \tau) = a_1 \varphi(\tau) [1 - e^{-\gamma_1(t-\tau)}]; \quad (2)$$

$\varepsilon(\tau_1)$ и $\varepsilon(t)$ – соответственно коэффициенты пористости для начального и конечного моментов времени; ξ – коэффициент бокового давления грунта; τ – время приложения нагрузки; t – время, для которого определяется деформация ползучести; n – мерность уплотнения и принимает значения соответственно 1,2,3; $\varphi(t)$ – функция старения; a_1, γ_1 – параметры ползучести. θ, p – соответственно сумма главных напряжений и поровое давление уплотняемого массива.

Уравнение механики уплотняемых трёхфазных грунтов без учета ползучести в общем виде запишем так:

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \beta'(1 + \varepsilon_{cp}) \frac{\partial p}{\partial t} = \frac{k(1 + \varepsilon_{cp})}{\gamma_s} \cdot \left[x^{-\alpha_1} \frac{\partial}{\partial x} \left(x^{\alpha_1} \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \alpha_2 \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} + \alpha_3 \frac{\partial^2 p}{\partial z^2} \right], \quad (3)$$

где α зависит от мерности исследуемой задачи; β' – коэффициент объёмного сжатия; k – коэффициент фильтрации; ε_{cp} – средний коэффициент пористости; γ – объёмный вес воды; p – давление в поровой жидкости. Уравнение равновесия, согласно В.А.Флорину имеет вид

$$\theta(t) = n \left[\frac{\theta^*}{n} + p^* - p(t) \right], \quad (4)$$

θ^*, p^* – соответственно сумма главных напряжений и поровое давление для стабилизированного состояния уплотняемого массива.

Рассматривая совместно выражения (1)–(3), после некоторых математических выкладок относительно порового давления, получим следующее интегродифференциальное уравнение с переменными коэффициентами.

$$\begin{aligned} & \left[na_0 + \beta^1(1 + \varepsilon_{cp})[1 + (n-1)\zeta] \right] \frac{\partial p}{\partial t} + a_1 \gamma_1 \varphi(t) p(t) - a_1 \gamma_1 \int_{\tau_1}^t p(\tau) [\varphi^1(\tau) + \gamma_1 \alpha(\tau)] \times \\ & \times e^{-\gamma_1(t-\tau)} d\tau = \frac{k(1 + \varepsilon_{cp})}{\gamma_e} \left[x^{-\alpha_1} \frac{\partial}{\partial x} \left(x^{\alpha_1} \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \alpha_2 \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} + \alpha_3 \frac{\partial^2 p}{\partial z^2} \right] + a_1 \gamma_1 \varphi(t) n \cdot \left(\frac{\theta^*}{n} + p^* \right) + \\ & + na_1 \gamma_1 \cdot \int_{\tau_1}^t \left(\frac{\theta^*}{n} + p^* \right) \cdot [\varphi^1(\tau) + \gamma_1 \varphi(\tau)] \cdot e^{-\gamma_1(t-\tau)} d\tau. \end{aligned} \quad (5)$$

После некоторых математических операций выражение (5) приводится к следующему дифференциальному уравнению:

$$\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} + A(x, y, z, t) \frac{\partial p}{\partial t} = B(x, y, z, t) \cdot \left(\gamma_1 + \frac{\partial}{\partial t} \right) \cdot \left[x^{-\alpha_1} \frac{\partial}{\partial x} \left(x^{\alpha_1} \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \alpha_2 \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} + \alpha_3 \frac{\partial^2 p}{\partial z^2} \right], \quad (6)$$

где

$$\left. \begin{aligned} A(x, y, z, t) &= \left\{ n [a'_0(x, y, z, t) + \gamma_1 a_0(x, y, z, t) + \gamma_1 a_1 \varphi(t)] + \gamma_1 \beta^1(1 + \varepsilon_{cp}) \cdot [1 + (n-1)\zeta] \right\} \times \\ & \times C(x, y, z), \\ B(x, y, z, t) &= \frac{1}{\gamma_1} [k(1 + \varepsilon_{cp}) \cdot [1 + (n-1)\xi]] \cdot C(x, y, z, t), \\ C(x, y, z, t) &= \frac{1}{2a_0(x, y, z, t) + \beta^1(1 + \varepsilon_{cp}) \cdot [1 + (n-1)\zeta]} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

При определении неизвестной функции $p(x, y, z, t)$, входящий в (6), кроме граничных условий рассматриваемой той или иной задачи, требуются два начальных условия. Одно из них при $t = \tau_1$ находится из (5), т.е.

$$\begin{aligned} & \left. \frac{\partial p(x, y, z, t)}{\partial t} \right|_{t=\tau} + D(x, y, z, \tau_1) p(x, y, z, \tau_1) = B(x, y, z, \tau_1) \times \\ & \times \left[x^{-\alpha_1} \frac{\partial}{\partial x} \left(x^{\alpha_1} \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \alpha_2 \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} + \alpha_3 \frac{\partial^2 p}{\partial z^2} \right]_{t=\tau_1} + D(x, y, z, \tau_1) \cdot \left[\frac{\theta^*(x, y, z)}{n} + p^*(x, y, z) \right], \end{aligned} \quad (8)$$

другое

$$p_0(x, y, z, \tau_1) = \frac{1}{\omega_0^1} \left[\frac{\theta^*(x, y, z)}{n} + p^*(x, y, z) \right]. \quad (9)$$

Для двухкомпонентной грунтовой среды $\beta' = 0$ или $\omega_0' = 1$.

В данной работе уравнение (6) при постоянных (7) исследовано для одномерной задачи теории консолидации упругоползучих грунтов при неоднородных граничных условиях.

К основанию здания относятся слои грунта залегающие ниже подошвы фундамента, влияющие на устойчивость вертикального перемещения зданий. В зависимости от исследуемой задачи их можно представить в виде грунтового слоя конечной мощности уплотнения, грунтового прямоугольника и грунтового параллелепипеда.

В инженерной практике большой интерес представляют задачи уплотнения

земляной среды конечной толщины, обладающей упругоползучим свойством. В связи с этим исследован процесс уплотнения трехфазного основания с водоупором на глубине находящегося под действием внешней нагрузки, зависящей от времени и координаты. При этом решение уравнения (6) при постоянных характеристиках грунта относительно порового давления имеет вид:

$$p(z, t) = \alpha(t)q(t) + \sum_{i=0}^{\infty} \left\{ \frac{4 \{ \alpha(\tau_1) \dot{q}(\tau_1) + q(\tau_1) \cdot [\dot{\alpha}(\tau_1) + R(1 - \alpha(\tau_1))] \}}{(2i + 1)\pi \cdot (r_{2i} - r_{1i})} \times \right. \\ \left. \times \left[e^{-\gamma_i(t-\tau_1)} - e^{-r_{2i}(t-\tau_1)} \right] + \int_{\tau_1}^t Q_i(\tau) \cdot \left[e^{-\gamma_i(t-\tau)} - e^{-r_{2i}(t-\tau)} \right] d\tau \right\} \sin \frac{(2i + 1)\pi}{2h} z, \quad (10)$$

где $\alpha(t)$ – функция, которая определяет неоднородность граничных условий уплотняемого грунта;

$$A^{(1)} = \frac{\gamma_1 [(a_0 + a_1) + \beta'(1 + \varepsilon_{cp})]}{a_0 + \beta'(1 + \varepsilon_{cp})}; \quad C_V^{(1)} = \frac{k(1 + \varepsilon_{cp})}{\gamma_s [a_0(t) + \beta'(1 + \varepsilon_{cp})]}; \quad R = \frac{a_1 \gamma_1}{a_0 + \beta'(1 + \varepsilon_{cp})};$$

$$Q_i = \frac{4}{(2i + 1)\pi} \left\{ q(t) \cdot [-\ddot{\alpha}(t) + A^{(1)}(t)\dot{\alpha}(t)] + \dot{q}(t) \cdot [2\dot{\alpha}(t) + A^{(1)}\alpha(t)] + \ddot{q}(t)\alpha(t) \right\}$$

Формула (10) дает возможность определить давление в поровой жидкости в уплотняемом грунтовом массиве, обладающим свойством ползучести. Причем, когда $t \rightarrow \infty$, $\alpha(t) \rightarrow 0$. Следовательно, $p(z, \infty) = 0$. При $t \rightarrow \tau_1$, $\alpha(\tau_1) \rightarrow 1$, то $p(z, \tau_1) = q(\tau_1)$.

Напряжение в скелете грунта вычислим по расчетной формуле

$$\sigma(z, t) = [1 - \alpha(t)]q(t) + \sum_{i=0}^{\infty} T_i(t) \sin \frac{(2i + 1)\pi}{2h} z. \quad (11)$$

Тогда осадку уплотняемого упругоползучего грунта находим из следующей зависимости

$$S(t) = \frac{a_0 h q}{1 + \varepsilon_{cp}} \cdot \left[1 - \alpha(t) + 2 \sum_{i=0}^{\infty} \frac{T_i(t)}{\pi(2i + 1)q} \right]. \quad (12)$$

Выражения (9)-(11) являются расчетными формулами для вычисления значений порового давления, напряжений в скелете грунта и осадки уплотняемого грунтового массива, обладающего упругоползучим свойством при неоднородных граничных условиях.

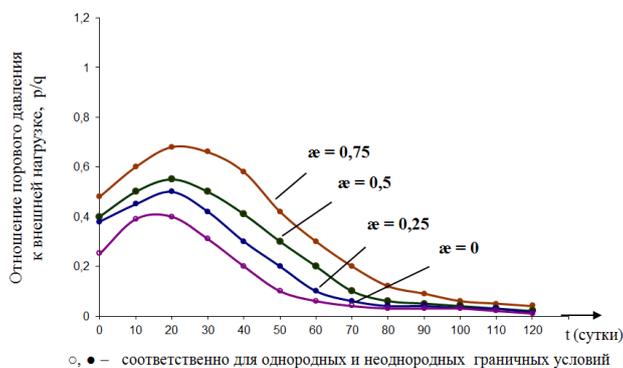


Рисунок 1 – Кривые изменения порового давления во времени

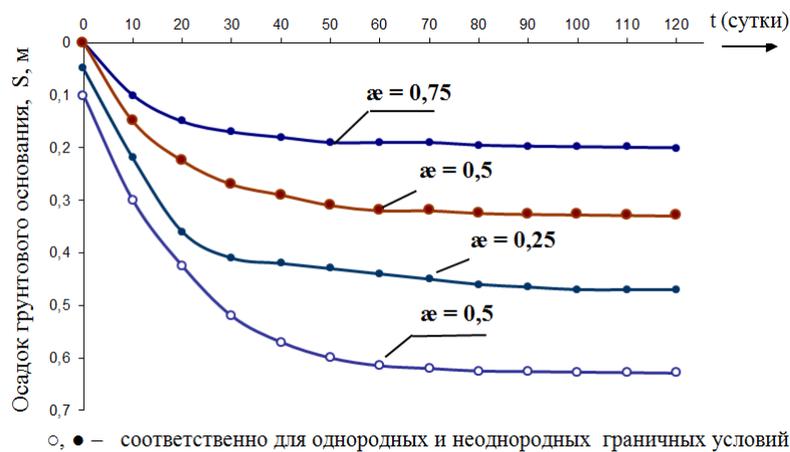


Рисунок 2 – Кривые изменения осадок уплотняемого массива во времени

В качестве примера рассмотрим процесс уплотнения грунтового массива мощностью 10 м со следующими характеристиками: $\varepsilon_0 = 1,18$; $\beta' = 0,35$ МПа; $k = 36 \cdot 10^{-8}$ см/с; $E_0 =$ МПа; $a_1 = 0,00072$ см²/кг; $\gamma_1 = 0,010$ 1/мин; $\gamma_b = 0,01$ н/см³; $a_0 = 0,05$ МПа. Для этих характеристик $C_v^{(1)} = 0,00001$. Используя их и таблицы для экспоненциальной функции e^{-x} , при $\alpha(t) = 2e^{-0,14t}$ и $q = 2$ кг/см² вычислены давление в поровой жидкости, напряжение в скелете грунта и вертикальное перемещение точки с координатой $z=5$ м.

Результаты вычисления приведены в виде графиков на рисунках 1 и 2. Причем, поровое давление в начальный момент уплотнения начинает возрастать где-то до 20-25 суток, затем начинает падать. Значения же порового давления для однородных граничных условий до 70-80 суток меньше, чем для неоднородных граничных условий, затем после 100 суток эта разница становится несущественной. Для однородных граничных условий значения осадок уплотняемого массива больше, чем для неоднородных граничных условий на весь период уплотнения. Следует заметить, что задачи консолидации земляных масс в других постановках исследованы в работах [1-9].

Литература

1. Цытович Н.А. Механика грунтов.– М.: Изд. литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам.–1963.–633 с.
2. Абелев М.Ю. Строительство промышленных и гражданских сооружений на слабых водонасыщенных грунтах.–М.: Стройиздат, 1983.–247 с.
3. Флорин В.А. Основы механики грунтов.–М.: Госстройиздат, 1959. Т.1,2.–357 с.; 1961.–543
4. Тер-Мартиросян З.Г. Одномерная задача консолидации многофазных грунтов с учетом переменной нагрузки и напора на границе //Докл. VIII междунардн. конгр. по механике грунтов и фундаментостроению.–М.: Стройиздат, 1973.–С.87-92.
5. Ширинкулов Т.Ш., Зарецкий Ю.К. Ползучесть и консолидация грунтов.–Ташкент: "ФАН", 1986.–387 с Дасибеков А.Д., Асибеков А., Такибаева Г.А.
6. Решение одномерной задачи консолидации грунтов при давлении независимом коэффициенте фильтрации //Матер.межд. науч. конф. «Актуальные проблемы механики и машиностроения».–Алматы, 2005.– Т. 2.– С.179-181.

7. Такибаева Г.А. Двумерная задача механики уплотняемых земляных масс при коэффициенте фильтрации, зависящим от давления //Механика и моделирование технологических процессов.–Тараз, 2005, №2.– С.237-242.8

8. Такибаева Г.А. Консолидация земляных масс при коэффициенте фильтрации, зависящим от давления //Механика и моделирование технологических процессов.–Тараз, 2005, №2.– С.208-215.

9. Дасибеков А.Д., Такибаева Г.А. Плоская задача механики упругоползучих грунтов при давлении зависящем их коэффициенте фильтрации и переменности модуля деформации во времени // Механика и моделирование технологических процессов.–Тараз, 2006, №1.– С.49-56.

References

1. Tsytoovich N.A. Mekhanika gruntov.– М.: Izd. literatury po stroitel'stvu, arkhitekture i stroitel'nyim materialam.–1963.–633 s.

2. Abelev M.Yu. Stroitel'stvo promyshlennykh i grazhdanskikh sooruzheniy na slabykh vodonasyshchennykh gruntakh.–М.: Stroyizdat, 1983.–247 s.

3. Florin V.A. Osnovy mekhaniki gruntov.–М.: Gosstroyizdat, 1959. Т.1,2.–357 s.; 1961.–543

4. Ter-Martirosyan Z.G. Odnomernaya zadacha konsolidatsii mnogofaznykh gruntov s uchetom peremennoy nagruzki i napora na granitse //Dokl.VIII mezhduradn. kongr. po mekhanike gruntov i fundamentostroeniyu.–М.: Stroyizdat, 1973.–S.87-92.

5. Shirinkulov T.Sh., Zaretskiy Yu.K. Polzuchest' i konsolidatsiya gruntov.– Tashkent: "FAN", 1986.–387 s Dasibekov A.D., Asibekov A., Takibaeva G.A.

6. Reshenie odnomernoy zadachi konsolidatsii gruntov pri davleniezavisyashchem koefitsiente fil'tratsii //Mater.mezhd. nauch. konf. «Aktual'nye problemy mekhaniki i mashinostroeniya».–Almaty, 2005.– Т. 2.– S.179-181.

7. Takibaeva G.A. Dvumernaya zadacha mekhaniki uplotnyaemykh zemlyanykh mass pri koefitsiente fil'tratsii, zavisyashchim ot davleniya //Mekhanika i modelirovanie tekhnologicheskikh protsessov.–Taraz, 2005, №2.– S.237-242.8

8. Takibaeva G.A. Konsolidatsiya zemlyanykh mass pri koefitsiente fil'tratsii, zavisyashchim ot davleniya //Mekhanika i modelirovanie tekhnologicheskikh protsessov.–Taraz, 2005, №2.– S.208-215.

9. Dasibekov A.D., Takibaeva G.A. Ploskaya zadacha mekhaniki uprugopolzuchikh gruntov pri davleniezavisyashchem ikh koefitsiente fil'tratsii i peremennosti modulya deformatsii vo vremeni // Mekhanika i modelirovanie tekhnologicheskikh protsessov.–Taraz, 2006, №1.– S.49-56.

**МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИКИ
ВОДОРОДНОГО ОХРУПЧИВАНИЯ СТАЛИ В КОРРОЗИОННОЙ СРЕДЕ**

**THE METHODOLOGY OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF KINETICS OF
HYDROGEN EMBRITTLEMENT OF STEEL IN CORROSIVE ENVIRONMENT**

**Айнабеков А.И., Арапов Б.Р., Сейтказенова К.К., Серікбаев Т.Т.
Ainabekov A.I., Arapov B.R., Seitkazenova K.K., Serikbayev T.T.**

Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, Шымкент,
Казахстан.

M.AuezovSouthKazakhstanStateUniversity, Shymkent, Kazakhstan

e.mail: b.arapov@rambler.ru

Резюме

Одним из основных механизмов разрушения конструкционных сталей при контакте с эксплуатационной коррозионной водородсодержащей средой является ее охрупчивание вследствие диффузии атомарного водорода в различные поры, в межзеренные дефекты упаковки и в дислокации.

Как показывают многочисленные экспериментальные исследования, от количества внедрившегося в металл водорода существенно зависит степень изменения прочностных и пластических характеристик материала. Причем концентрация водорода в теле металла является неравномерной: максимальная концентрация накапливается на поверхности металла, а по мере углубления концентрация водорода снижается.

Известные из литературы экспериментальные исследования в основном направлены на изучение процесса диффузии водорода через металлическую мембрану и поэтому недостаточны для количественной оценки изменения интегральных характеристик механических свойств материала в зависимости от объема внедрившегося водорода. Несущие элементы конструкции при эксплуатации за весь срок службы оборудования непрерывно будут находиться в контакте с эксплуатационной средой и могут накопить критическое количество водорода, который может привести к внезапному хрупкому его разрушению.

В связи с этим, для установления закономерностей процесса охрупчивания и оценки наличия корреляционной связи между степенью охрупченности и изменениями свойств металла, нами разработана методика экспериментального исследования влияния водородного охрупчивания на механические характеристики материала.

С этой целью для проведения испытаний обоснованы формы и размеры испытываемых образцов, определены порядок проведения испытаний и снятия экспериментальных данных, подобраны оборудование и инструментари эксперимента, разработана экспериментальная установка, предназначенная для проведения непрерывных и длительных испытаний.

Abstract

One of basic mechanisms of destruction of construction steels at a contact with an operating corrosive hydrogenous environment is her embrittlement due of diffusion of atomic hydrogen in different pores, in the inter-grain defects of packing and in distribution.

According to numerous experimental studies, the number inculcated in metal hydrogen significantly depends on the degree of change of strength and plastic characteristics of material. Moreover a concentration of hydrogen in the body of the metal is uneven: the

maximum concentration on the surface of the metal, deep concentration of hydrogen decreases.

Known from the literature of experimental research focused on the study of the diffusion of hydrogen through metal membrane and therefore insufficiently for the quantitative estimation of change integrated characteristics of mechanical properties of material depending on the volume of the inculcated hydrogen. Load carrying elements of construction during exploitation in period of service of the equipment continuously will be in contact with the operational environment and can accumulate a critical amount of hydrogen, which can lead to sudden brittle its destruction

In this connection, for establishment to law of process of embrittlement and estimation of presence of cross-correlation connection between the degree of embrittlement and changes of properties of metal, we are work out methodology of experimental research of influence of hydrogen embrittlement on mechanical characteristics of material.

For this purpose the testing shapes and sizes of examinees samples was justified, the order of testing and removal of experimental data was determined, equipments and instrumentation for experiment was pick out, an experimental installation for realization of continuous and prolonged testing was developed.

Ключевые слова: водород, охрупчивание, эксперимент, испытание, механические свойства, микротвердость, диффузия, разрушение, прочность, пластичность.

Keywords: hydrogen, embrittlement, experiment, test, mechanical properties, microhardness, diffusion, destruction, strength, plasticity.

Введение.

Количественная оценка степени охрупченности и определение глубины поврежденного поверхностного слоя стали в коррозионной среде, из-за водородного охрупчивания, имеет первостепенное значение при расчете прочности и долговечности элементов конструкции энергетического оборудования, соответствующее их эксплуатационным условиям. Существующие и вновь разрабатываемые математические модели, описывающие кинетику водородного охрупчивания и инженерные методы расчета, позволяющие устанавливать долговечность элемента конструкций, подверженного воздействию коррозионной среды, имеют различные параметры. Эти параметры должны быть определены путем экспериментального исследования образцов материала элемента конструкций, проводимых в соответствующих эксплуатационных средах.

Для проведения подобных исследований нами разработана методика проведения экспериментов, основанная на использовании взаимосвязи степени охрупченности стали с микротвердостью ее поверхности. Из литературных источников [1] известно, что существует корреляционная связь между хрупкостью материала и его твердостью, близкой к линейной зависимости. Авторами работ [2] проведены экспериментальные исследования диффузии водорода с использованием радиоактивного изотопа трития на металлах имеющих различные атомные структуры (титан, никель, ниобий), а также на сплавах на основе железа и титана, которые показали наличие связи между тонкой структурой металла и распределением атомов водорода, сегрегирующих на дислокациях и субграницах зерен. В работах [3, 4] авторы для определения количества поглощенного водорода использовали сорбционный и десорбционный методы. Сорбционный метод заключается в подаче водорода со всех сторон испытуемого образца с доведением концентрации водорода в металле до насыщенного состояния и последующего измерения количества выделившегося газа при нагревании до высокой температуры [3]. Десорбционный метод и метод термостимулированного газовой выделения [4] основаны на изучении кинетики выделения газа из исследуемого металла. Однако,

вышеотмеченные методы исследования проникновения водорода в металлы направлены для оценки характеристик газопроницаемости материалов, каккоэффициент диффузии и растворимость различных газов и влияния на диффузионные процессы дефектностиструктуры металла и наличие различных примесей.

Поэтому результаты таких экспериментальных испытаний являются недостаточными для использования при оценке прочностных и пластических характеристик металлов подвергающихся влиянию коррозионных сред. Для расчета прочности несущих элементов конструкции при ихводородноохрупчивании необходимо знать закономерности, устанавливающие взаимосвязь характеристик прочности и пластичности материала от степени насыщенности стали водородом.

В процессе транспортировки влажных сероводородсодержащих нефтегазовых продуктов, перекачиваемых под высоким давлением, воздействие сред наоборудования, при их длительной эксплуатации, кроме коррозионного изнашивания вызывает водородное охрупчивание металла высоконагруженных несущих элементов конструкций. Охрупчивание металла несущих элементов конструкций увеличивает вероятность его хрупкого разрушения и преждевременного выхода из строя эксплуатируемого оборудования.

Параметры механических свойств металла конструкций, подвергающейся при эксплуатацииводородному охрупчиванию, наиболее точно определяется при помощи разрушающего метода. Поэтому достоверными характеристиками материала являются результаты, полученные при прямом экспериментальном методе оценки параметров охрупчивания металла в процессепроведения разрушающих методов испытаний образцов, вырезанных из наиболее нагруженных элементов оборудования. Однако выполнение таких вырезоквлечет за собой необходимость остановки действующего оборудования и замены удаленного участка элемента конструкций.

В связи с этим из-за сложности выполнения этих работ и больших издержек, связанных с остановкой оборудования и необходимостью замены вырезанного участка элемента, на практике подобныеиспытания образцов для определения фактических характеристик механических свойств материала выполняются крайне редко. А, в основном вместо этого, для экспериментального определения фактических свойств металла конструкций используютсявыбракованныеили выведенные из эксплуатации элементы оборудования.

Однако свойства выбракованных элементов оборудования могут отличаться от действующего элемента конструкций, находящихся в эксплуатации. Причем при этом происходят изменения свойств в сторону снижения степени охрупченности, из-за неизбежных десорбционных процессов водорода, происходящих со временем после вывода элементов оборудования из эксплуатации.

Методика проведения эксперимента.

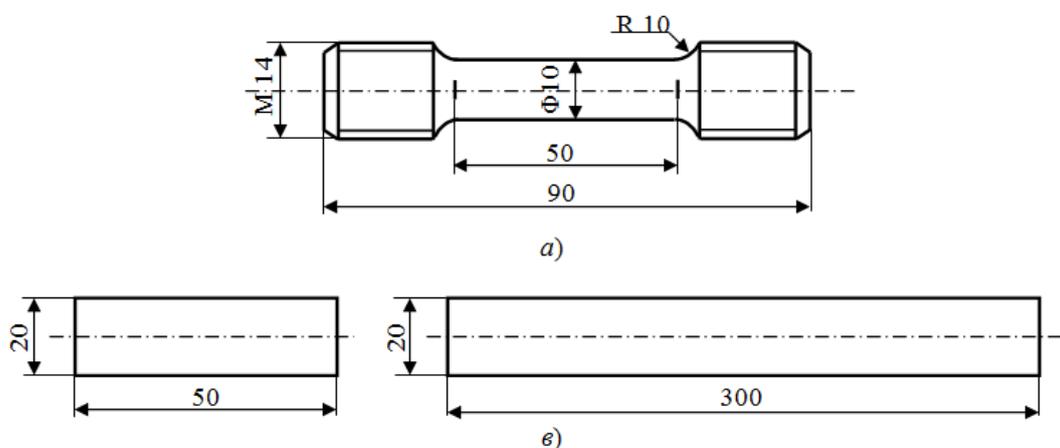
Для надлежащего определения фактических характеристик прочности и пластичности металла конструкций, эксплуатирующихся при воздействии водородосодержащей коррозионной среде, условия проведения экспериментального определения механических свойств стали должны соответствовать условиям эксплуатационных сред как по составу и температуре, так и по длительности воздействия среды на испытуемый образец металла. Такие экспериментальные исследования позволяют также устанавливать закономерности изменения этих характеристик в зависимости от длительности воздействия коррозионной среды, что дает возможность прогнозировать длительную прочность на стадии проектирования и определения остаточного ресурса эксплуатирующихся оборудования.

Автором работы [1, 5], для оценки степени охрупченности металла из-за внедрившегося в металл водорода, разработана методика, основанная на наличие

корреляционной связи между микротвердостью поверхности стали и параметрами ее охрупченности.

Для проведения таких экспериментальных испытаний из материала конструктивного элемента изготавливаются не менее 30 образцов цилиндрической и плоской формы (Рисунок – 1, а и в) с геометрическими размерами цилиндрических образцов: длина рабочей части 50 мм, диаметр рабочей части 10 мм. Эти образцы в дальнейшем, после выдержки в коррозионной водородсодержащей среде определенное время, будут подвергаться статическому испытанию растяжением с целью определения фактических характеристик механических свойств стали. Цилиндрические образцы имеют резьбовые головки с обоих концов резьбой М14.

Необходимо также изготовить плоские образцы двух видов, имеющих различные размеры по длине (Рисунок – 1 в): первый вид с длиной 50 мм, а второй вид длиной 300 мм. При этом размеры поперечного сечения у обоих видов одинаковые и составляют 20x10 мм. Геометрические размеры и формы образцов показаны на рисунке 1.



а) – цилиндрический образец; в) – плоские образцы. Толщина плоских образцов равняется 10 мм

Рисунок 1 – Образцы стали, предназначенные для проведения экспериментальных испытаний в эксплуатационной коррозионной среде

Первоначально определяются характеристики механических свойств стали на воздухе при температуре, равной эксплуатационной. Для этого испытываются стандартные десятикратные цилиндрические образцы (не менее 3-х образцов) и по средним значениям, полученных результатов, определяются фактические свойства материала при расчетной температуре на воздухе. Для сопоставления полученных механических характеристик с результатами, получаемыми при испытаниях пятикратных (Рисунок – 1, а), и плоских образцов (Рисунок – 1, в), проводится также испытание трехпятикратных трех плоских удлиненных образцов на воздухе. По полученным результатам производится оценка соответствия данных на пятикратных и плоских образцах с результатами, полученными на стандартных образцов. При наличии отклонения определяются значения поправочных коэффициентов. На трех коротких и трех удлиненных плоских образцах по не менее трем точкам на их поверхностях измеряются микротвердость в исходном состоянии образцов на воздухе.

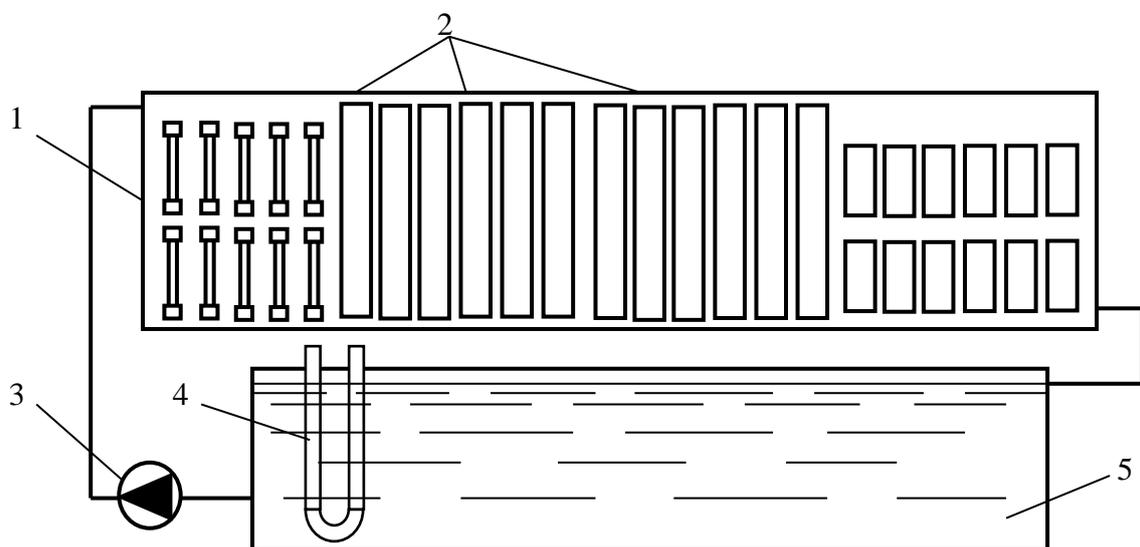
Остальные образцы в количестве, не менее чем по 27 штук с каждого вида, помещаются в автоклав (Рисунок – 2) с коррозионной средой с температурой соответствующей ее эксплуатационной температуре. Рабочая среда в автоклаве постоянно циркулирует и перемешивается при помощи насоса со средой находящейся в

сосуде. Первая партия по три образца каждого видов испытываемых образцов в коррозионной среде будет экспонироваться в течение пяти суток, то есть, 120 часов. Следующая партия такого же количества образцов будет сниматься через десять суток и так далее, последующие партии через каждые пять суток дополнительной экспозиции. Таким образом, последняя, то есть, девятая партия образцов будет экспонироваться в коррозионной среде в течение 1080 часов.

После выемки каждой партии из автоклава цилиндрические образцы испытываются на растяжение и определяются прочностные и пластические характеристики стали, соответствующие пяти суточной экспозиции в коррозионной среде. Такие же исследования проводятся со всеми последующими партиями образцов. На поверхностях плоских образцов измеряются микротвердости по не менее трем точкам. Далее, после измерения микротвердости, удлиненные плоские образцы также как и цилиндрические образцы, испытываются на растяжение по результатам которых, определяются механические характеристики стали. С поверхности укороченных плоских образцов с одной стороны снимается тонкий слой глубиной 0,5 мм. При этом шлифование осуществляется тонким точением со снятием толщины в каждом проходе 0,1 мм и в последнем проходе с толщиной в 0,05 мм. После этого измеряется микротвердость отшлифованной поверхности образца по трем и более точкам. Этот процесс, то есть, шлифование на глубину 0,5 мм и последующее измерение микротвердости повторяются еще 10 раз, постепенно достигая глубину до середины образца. Исследование изменения микротвердости по глубине поверхностного слоя проводится во всех партиях плоских образцов после соответствующей выдержки.

Обсуждение.

Таким образом, комплекс вышеописанных экспериментов позволяют установить закономерностей изменения механических характеристик стали по глубине от поверхности контакта с коррозионной средой и от продолжительности времени экспозиции.



1 – автоклав для размещения образцов; 2 – испытываемые образцы; 3 – циркуляционный насос; 4 – нагреватель; 5 – сосуд с коррозионной эксплуатационной средой

Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки

Результаты, получаемые при испытании цилиндрических и плоских удлиненных образцов на растяжение, позволяют количественно оценить изменения интегральных характеристик механических свойств стали в зависимости от продолжительности

действия коррозионной среды. А результаты, получаемые при послойном определении микротвердости с последующим пересчетом на механические характеристики стали, позволяют устанавливать кинетику развития охрупчивания и соответственно изменения механических характеристик стали по глубине и по времени. В совокупности результаты, полученные при проведении комплексных испытаний, позволяют установить закономерности взаимосвязи интегральных характеристик материала с состоянием охрупченности поверхностных слоев материала элемента конструкций.

Заключение

1. Разработана методика проведения экспериментального испытания различных форм образцов стали в коррозионной среде, имеющей эксплуатационные параметры.

2. Обоснованы формы и размеры образцов, предназначенных для испытания, и расписан порядок снятия экспериментальных данных.

3. Подобраны необходимые инструменты и оборудования и разработана принципиальная схема испытательной установки.

Литература

1. Л.И.Погодаев, А.А.Кузьмин, Ю.К.Лопарев Надежность судового оборудования. Санкт-Петербург. – 2015, 224 с.

2. Бокштейн С.З., Гинзбург С.С., Кишкин С.Т., Мороз П.М. Электронно-микроскопическая автордиография в материаловедении. М.: Металлургия, 1978. 264 с.

3. И.Н.Бекман. Сорбционный метод. Радиохимия, 1983, т. 25, №2, с. 252-261.

4. И.Н.Бекман, А.А.Швыряев. Десорбционный метод. Радиохимия, 1987, т.29, №3, с.377-394.

5. Ломанцов В.А. Эксплуатационные факторы и методы диагностирования охрупчивания металла оборудования, эксплуатируемого в сероводородсодержащих средах. Автореферат канд. дисс. Москва 2013г.

References

1. Л.И.Погодаев, А.А.Кузьмин, Ю.К.Лопарев Надежность судового оборудования. Санкт-Петербург. – 2015, 224 с.

2. Бокштейн С.З., Гинзбург С.С., Кишкин С.Т., Мороз П.М. Электронно-микроскопическая автордиография в материаловедении. М.: Металлургия, 1978. 264 с.

3. И.Н.Бекман. Сорбционный метод. Радиохимия, 1983, т. 25, №2, с. 252-261.

4. И.Н.Бекман, А.А.Швыряев. Десорбционный метод. Радиохимия, 1987, т.29, №3, с.377-394.

5. Ломанцов В.А. Эксплуатационные факторы и методы диагностирования охрупчивания металла оборудования, эксплуатируемого в сероводородсодержащих средах. Автореферат канд. дисс. Москва 2013г.

ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕСУРСА ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ С УЧЕТОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОРРОЗИОННЫХ СРЕД

FEATURES OF FORECASTING OF A RESOURCE OF EQUIPMENT AND PIPELINES BY TAKING INTO ACCOUNT INFLUENCE OF CORROSIVE ENVIRONMENTS

**Печерский В.Н., Молдагалиев А.Б., Байгараева А.А., Аскарлов Н.Ж.
Pecherskiy V.N., Moldagaliev A.B., Baigarayeva A.A., Askarov N.G.**

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
e-mail: vn-pecherskiy@mail.ru

Резюме

Методы прогнозирования ресурса оборудования и трубопроводов постоянно совершенствуются. Одним из направлений прогнозирования долговечности является развитие теории накопления повреждений. Наибольшее применение получили модели, основанные на детерминированном подходе к процессу повреждения сталей и сплавов.

Построение моделей основывается на анализе причин выхода из строя оборудования в процессе эксплуатации. При недостаточных данных используют результаты экспериментальных исследований, проводимых в условиях, приближенных к эксплуатационным. Для построения адекватных моделей накопления повреждений необходимо учитывать множество факторов. В этой связи приходится решать уравнения, построенные на основе феноменологических подходах, что позволяет применять некоторые допущения в отношении вида функций и аргументов. Тогда уравнение процесса накопления повреждений может быть получено в виде, удобном для решения и проверки его адекватности с помощью экспериментальных данных.

Для получения экспериментальных данных предлагается использовать результаты разрушающих испытаний сталей и сплавов ускоренными методами, а также неразрушающих методов. В качестве неразрушающих методов используются ультразвуковой контроль и определение твердости изделий переносными твердомерами ударного действия. Сравнительный анализ результатов, полученных различными методами, позволил рекомендовать критерий ударной твердости в качестве основного параметра, характеризующего снижение пластических свойств сталей и сплавов в процессе эксплуатации. Полученные решения уравнений позволяют прогнозировать ресурс проектируемого и остаточный ресурс действующего оборудования и трубопроводов.

Abstract

Methods of forecasting of resource of equipment and pipelines are constantly being improved. One of the directions of prediction of durability is the development of the theory of damage accumulation. The greatest applications have presented a model based on a deterministic approach to the process of damage of steels and alloys.

The construction of models based on the analysis of the causes of failure of equipment in operation. When there is insufficient data to use the results of experimental studies carried out in conditions close to operational. To build adequate models of accumulation of damages must take into account many factors. In this regard, it is necessary to solve equations that are

based on phenomenological approaches that allows you to apply some assumptions regarding the form of functions and arguments. Then the equation of the process of damage accumulation can be obtained in a form suitable for solution and verification of its adequacy with experimental data.

To obtain experimental data it is proposed to use the results of destructive testing of steels and alloys with accelerated methods, as well as non-destructive methods. As non-destructive methods are used acoustic emissions inspection and the determination of the hardness by portable hardness of shock action. Comparative analysis of results obtained using different methods has led to the recommendation criterion of impact toughness as the main parameter characterizing the decrease of the plastic properties of steels and alloys in the process of operation. The obtained equations allow to predict the resource and the projected residual resource of existing equipment and pipelines.

Ключевые слова: трубопровод, сталь, повреждение, ресурс, прочность, долговечность, механические свойства, твердость.

Keywords: pipeline, steel, damage, resource, durability, longevity, mechanical properties, hardness.

Введение.

Современные методы интенсификации технологических процессов предъявляют высокие требования к надежности оборудования и применения оптимальных материалов и конструктивных решений, обоснованного достоверными расчетами длительной безаварийной работы. Последние достижения в области материаловедения, механики разрушения и методов неразрушающего контроля определяют необходимость совершенствования методов прогнозирования долговечности, как в теоретическом плане, так и в области экспериментальных исследований на современном уровне. Несмотря на значительные успехи механики твердого тела, и создание нормативных методов расчета на статическую прочность и усталостную долговечность, проблема обеспечения заданного ресурса оборудования остается актуальной.

В связи с интенсивным развитием промышленности и интенсификацией технологических процессов вопросы промышленной безопасности во всех промышленно развитых странах приобрели важнейшее значение. Подтверждением важности указанных проблем является стандарт ИСО 31010-2011 Менеджмент риска. Методы оценки риска, который без изменения принят на вооружение во многих странах мира, как государственный стандарт, и руководство к действию. Согласно [1], основной целью оценки риска является представление на основе объективных свидетельств информации, необходимой для принятия обоснованного решения относительно способов обработки риска.

Оценка риска является процессом, объединяющим идентификацию, анализ риска и сравнительную оценку риска, в соответствии с рисунком 1. Способ реализации этого процесса зависит не только от области применения процесса менеджмента риска, но также и от методов оценки риска. При проведении оценки риска может потребоваться применение мультидисциплинарного подхода, так как риски могут попадать в широкий диапазон причин и последствий [1].

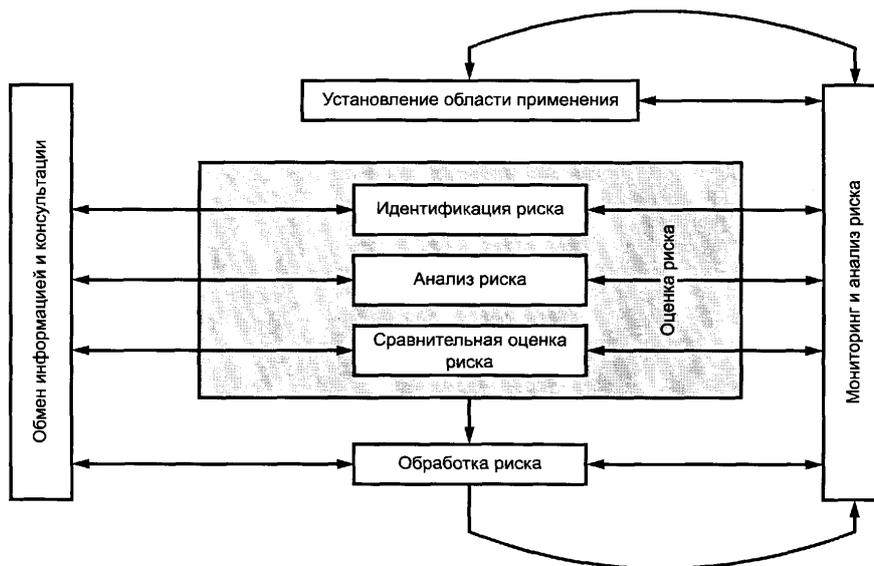


Рисунок 1 – Алгоритм обработки риска [44]

Снижение рисков может быть достигнуто принятием обоснованных конструктивных и технологических решений. Поэтому важным аспектом является разработка системы критериев безопасности объекта, основанных на теоретико-экспериментальных моделях происходящих процессов.

Методология. При формировании методологии оценки рисков поврежденности материалов существенную роль приобретают методы оценки состояния конструкционных материалов и деградации их свойств в процессе эксплуатации.

Анализируя подходы, изложенные в [2–7], можно предложить обобщенное выражение интегрального риска, связанного с вероятностью повреждения элемента конструкции, или всего объекта, на стадии жизненного цикла:

$$R(t) = \sum P(t) \times U(t) \leq R_{cr}(t) \quad (1)$$

где $P(t)$ - вероятность происхождения события, приводящего к ущербу с вероятностью $U(t)$, $R_{cr}(t)$ - критическое значение риска. Причем, как следует из этого условия, чем больше ущерб от происходящего события, тем меньше должна быть вероятность риска. В приложении к конкретной ситуации это можно интерпретировать, как условие наименьшей вероятности повреждений и отказов оборудования, выход из строя которого, может привести к материальному или экологическому ущербу [5].

Диагностика и мониторинг рисков для обеспечения безопасности техногенных объектов позволяют существенно снизить степень риска эксплуатации, поскольку включают в себя не только их эксплуатационные параметры, но и степень опасности объектов, вероятные источники и схемы аварийных ситуаций. Необходимо также создание алгоритмов и программ расчета вероятностей и ущербов от аварий и катастроф, лежащих в основе математических выражений для количественной оценки рисков на заданной стадии жизненного цикла [5].

Одним из критериев анализа и оценки рисков разрушения оборудования и трубопроводов является уровень накопленных повреждений в конструкционных материалах. В процессе эксплуатации в конструкционных материалах происходят изменения физико-механических свойств, как правило, приводящие к образованию и

развитию повреждений. Процесс накопления повреждений зависит от множества факторов,

При функционировании технических систем решается задача технической диагностики ее состояния, определяется уровень повреждений методами неразрушающего контроля. При этом одним из важных показателей является остаточный ресурс системы, определяемый уровнем накопленных в системе повреждений [5]. Решение задачи по установлению основных параметров процесса поврежденности трубопроводов, нефтехранилищ, резервуаров может получено на основе проведения модельных или натуральных испытаний.

Основной задачей исследований является разработка методов прогнозирующих расчетов, позволяющих учесть природу и особенность поведения сталей и сплавов в процессе эксплуатации, основанных на результатах количественной оценки поврежденности материалов неразрушающими, повреждающими и разрушающими методами испытаний материалов.

Как показывает мировой опыт развития машиностроения, проблема обеспечения гарантированного ресурса работы оборудования решается еще на стадии проектирования, при принятии конструкторских решений, а также при эксплуатации в виде комплексной системы мониторинга технического состояния и диагностирования оборудования, в частности моделей функционирования и надежности объектов мониторинга, подсистемы сбора исходных данных и оценки диагностических признаков.

Таким образом, комплексная теоретико-расчетно-экспериментальная методология снижения рисков и повышения безопасности работы сложных технических систем должна быть разработана на основе критериев прочности, трещиностойкости, вибростойкости, основана на использовании нормируемых параметров рисков и безопасности по критериям надежности, прочности, ресурса, живучести. Методология предполагает дальнейшее развитие методов прогнозирования новых и оценки остаточного ресурса действующих объектов. Необходимо также дальнейшее развитие методов теоретико-экспериментальной оценки трещиностойкости элементов с трещинами и методов прогнозирования оборудования, работающего в контакте с агрессивными средами, т.е. при коррозионном растрескивании и водородном охрупчивании [7].

Разработка методических рекомендаций по применению теоретико-экспериментальных методов прогнозирования долговечности конструкционных материалов на основе методов неразрушающего контроля является частью комплекса мероприятий, направленных на обеспечение безаварийной работы оборудования, как на стадии проектирования, так и в процессе эксплуатации, в частности, при решении вопросов о возможном продлении ресурса действующего оборудования.

В указанном аспекте важно развивать методы прогнозирования долговечности конструкционных материалов, основанные на использовании теории физико-химических исследований и детерминированного подхода к моделям, описывающим процесс накопления повреждений сталей и сплавов при эксплуатации. Основной задачей является разработка методов расчетов долговечности сталей и сплавов, учитывающих особенность поведения сталей и сплавов, проявляющуюся в резком снижении характеристик прочности и пластичности во время эксплуатации. Результаты экспериментальных исследований также имеют важное значение при аттестации промышленного оборудования, подвергаемого выборочному или сплошному дефектоскопическому контролю.

Разработанные методики и оборудование неразрушающего контроля позволят гарантировать заданную долговечность и надежность работы материалов и изделий машиностроения.

Сложность протекающих в оборудовании физических процессов и невозможность предсказания поведения конструкционных материалов в эксплуатационных условиях без определенных экспериментальных данных делает условным самый приближенный расчет. Поэтому часто необходимо экспериментальное подтверждение надежности работы оборудования при соответствующих параметрах технологического процесса, играющее основную роль при проектировании потенциально опасного оборудования [2-9].

Результаты испытаний лабораторных образцов, моделей и штатных изделий позволяют определить запасы прочности, ресурса, живучести и безопасности. Перспективы ближайшего десятилетия в этом направлении связываются с применением комбинированного неразрушающего, повреждающего и разрушающего метода контроля, диагностики и мониторинга состояния материалов и конструкций для ответа на наиболее важный и интегральный вопрос – вопрос о мониторинге техногенных рисков [9].

В связи с этим возникает необходимость в проведении большого объема исследований, связанных с изучением условий образования предельных состояний и отказов по критериям прочности, ресурса, надежности и живучести на разных стадиях возникновения и развития аварий и катастроф. Эти данные необходимы для оценки рисков аварий и катастроф [2,5,9] при обеспечении их безопасности.

Результаты и обсуждение. Как отмечено в работах Махутова Н.А., для современных расчетов прочности, ресурса и живучести с использованием предельных и допускаемых состояний, становится важным принятие единых уравнений состояния, единых критериев разрушения и единых комплексов расчетных характеристик, независимо от типа конструкции. При этом наиболее перспективным, как отмечалось выше, является поэтапный переход от расчетов в напряжениях (что принято пока в большинстве нормативных документов) к расчетам в деформациях [2,5]

Поэтому при разработке обобщенных уравнений поврежденности объектов необходимо учитывать параметры системы: материал – деталь - коррозионная среда-напряженно-деформированное состояние [3,9]. Уравнения такого типа формируются на основе анализа риска, и могут быть записаны в виде:

$$P = f(\sigma, \varepsilon, \tau, P, \dots, c), \quad (2)$$

где P - параметр поврежденности, нормируемый в пределах:

$0 \leq P \leq 1$, причем в начальный момент времени $P=0$, а равенство $P = 1$ является условием разрушения;

f – функция состояния системы;

σ - напряжение;

ε - деформация;

τ - время;

c - параметр среды.

Поскольку в результате воздействия эксплуатационных факторов происходит деградация пластических свойств материалов, то правую часть уравнения (2) представим в виде двух слагаемых:

$$\frac{dP}{d\tau} = \chi(\varepsilon) + \psi(\tau), \quad (3)$$

где $\chi(\varepsilon)$ - функция, учитывающая снижение деформационной способности во времени;

$\psi(\tau)$ - функция, учитывающая уровень накопленной поврежденности при текущем значении деформации.

Дифференциальное уравнение, считая поврежденность Π как функцию изменения деформационной способности во времени:

$$\frac{d\Pi}{d\tau} = \frac{1}{C} \frac{d\varepsilon}{d\tau} + f\left[\varepsilon\left(\frac{d\varepsilon}{d\tau}\right)\right], \quad (4)$$

где $f\left[\varepsilon\left(\frac{d\varepsilon}{d\tau}\right)\right]$ - функция зависимости деформации от скорости деформирования при эксплуатационных нагрузках.

После интегрирования получим:

$$\Pi = \frac{\varepsilon(\tau)}{C} + \int_0^t f[\varepsilon(\tau)]d\tau \quad (5)$$

В момент разрушения $\Pi=1$, деформация в момент разрушения становится равной

$\varepsilon_p = \frac{d\varepsilon}{d\tau} t_p$, тогда первое слагаемое в (5) равно 1, и можно записать

$$\varepsilon_p = C \left(1 - \int_0^t f[\varepsilon(\tau)]d\tau \right). \quad (6)$$

При мгновенном разрушении на воздухе $C = \varepsilon_0$, где ε_0 - деформация в момент разрушения. Уравнение (3.40) примет вид:

$$\Pi = \frac{\varepsilon(\tau)}{\varepsilon_0} + \int_0^t f[\varepsilon(\tau)]d\tau. \quad (7)$$

Окончательное определение поврежденности может быть выполнено, если имеется зависимость:

$$f[\varepsilon(\tau)], \quad (8)$$

которая может быть установлена по результатам испытаний лабораторных образцов на растяжение в условиях, имитирующих эксплуатационные. Эта функция может отражать как процессы ползучести при высоких температурах, так и процессы коррозионного растрескивания [9,10]. Однако проведение таких исследований достаточно трудоемкое, длительное, причем испытания приходится проводить для каждой системы материал-среда с учетом температуры и скорости нагружения. Действующее оборудование и трубопроводы проходят входной контроль и периодический контроль неразрушающими методами, в частности, ультразвуковыми дефектоскопами. Поэтому нами предлагается в качестве аналогичной (8) зависимости использовать результаты неразрушающего контроля. Для этого необходимо провести ряд исследований по соответствию результатов испытаний на растяжение с медленной скоростью деформирования и результатов определения микротвердости материала труб и теплообменного оборудования с учетом отработанного ресурса. Результаты соответствия микротвердости и характеристик прочности уже заложены в руководстве переносных микротвердомеров ударного действия. Необходимо провести ряд испытаний и получить соответствующие таблицы или номограммы соответствия микротвердости и остаточной пластичности сталей и сплавов. В этом случае при периодическом освидетельствовании объектов можно оценить уровень

поврежденности материалов с учетом отработанного ресурса и рассчитать остаточный ресурс.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. – М.: Госстандарт. 2011. – 74 с.
2. Махутов Н.А., Петров В.П., Ахметханов Р.С. и др. Особенности сценарного анализа возникновения и развития техногенных катастроф// Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2007. - № 3. - С.3-28.
3. Митенков Ф.М., Большухин М.А., Козин А.В. и др. Технология эксплуатационного мониторинга ресурса оборудования и систем ЯЭУ//Проблемы прочности и пластичности. Вып. 74. 2012. - С. 68-77.
4. Волков И.А., Коротких Ю.Г., Панов В.А., Шишулин Д.Н. Моделирование процессов накопления усталостных повреждений в конструкционных сталях при блочном малоцикловом нагружении //Вычислительная механика сплошных сред. 2014. Т. 7. - № 1. – С. 15-22
5. Абросимов Н.В., Ахметханов Р.С., Махутов Н.А., Резников Д.О. и др., Безопасность России. Анализ риска и проблемы безопасности. Часть 1. Основы анализа и регулирования безопасности. – М.: МГФ «Знание». 2006. - 640 с.
6. Махутов Н.А., Петров В.П., Ахметханов Р.С. Природно-техногенно-социальные системы и риски// Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2004. - № 3. - С. 3- 28.
7. Махутов Н.А., Ахметханов Р.С., Земцов С.П., Овчинников В.В. Система оценки рисков при техническом регулировании. – М.: Издательство ОВЛ. 2006. - 96 с.
8. Махутов Н.А. Научные исследования и подготовка специалистов по обеспечению защищенности критически важных объектов / Н.А. Махутов, М.М. Гаденин // Машиностроение и инженерное образование. 2004. -№1. - С. 19-32.
9. Минц И.И., Ходыкина Л.Е. Прогнозирование остаточного ресурса гибов паропроводов при разных стадиях ползучести.//Теплоэнергетика.-2013.-№6.- С. 65-71.
10. Печерский В.Н., Саидахметов Т.П. Технологические особенности изготовления теплообменников, влияющие на долговечность при коррозионном воздействии теплоносителя/ Труды междунар. научно-практич. конф. «Развитие науки, образования и культуры независимого Казахстана в условиях глобальных вызовов современности», посвященной 70-летию ЮКГУ им. М. Ауэзова. Шымкент: ЮКГУ им. М. Ауэзова. 2013. – Т.9. - С. 339-342.

References

1. GOST R ISO/MEK 31010-2011. Menedzhment riska. Metody otsenki riska. – М.: Gosstandart. 2011. – 74 s.
2. Makhutov N.A., Petrov V.P., Akhmetkhanov R.S. i dr. Osobennosti stsenarnogo analiza vzniknoveniya i razvitiya tekhnogennykh katastrof// Problemy bezopasnosti i chrezvychaynykh situatsiy. 2007. - № 3. - S.3-28.
3. Mitenkov F.M., Bol'shukhin M.A., Kozin A.V. i dr. Tekhnologiya ekspluatatsionnogo monitoringa resursa oborudovaniya i sistem YaEU//Problemy prochnosti i plastichnosti. Vyp. 74. 2012. - S. 68-77.
4. Volkov I.A., Korotkikh Yu.G., Panov V.A., Shishulin D.N. Modelirovanie protsessov nakopleniya ustalostnykh povrezhdeniy v konstruktsionnykh stalyakh pri blochnom malotsiklovom nagruzhenii //Vychislitel'naya mekhanika sploshnykh sred. 2014. Т. 7. - № 1. – S. 15-22

5. Abrosimov N.V., Akhmetkhanov R.S., Makhutov N.A., Reznikov D.O. i dr., Bezopasnost' Rossii. Analiz riska i problemy bezopasnosti. Chast' 1. Osnovy analiza i regulirovaniya bezopasnosti. – M.: MGF «Znanie». 2006. - 640 s.

6. Makhutov N.A., Petrov V.P., Akhmetkhanov R.S. Prirodno-tekhnogenno-sotsial'nye sistemy i riski// Problemy bezopasnosti i chrezvychaynykh situatsiy. 2004. - № 3. - S. 3- 28.

7. Makhutov N.A., Akhmetkhanov R.S., Zemtsov S.P., Ovchinnikov V.V. Sistema otsenki riskov pri tekhnicheskoy regulirovani. – M.: Izdatel'stvo OVL. 2006. - 96 s.

8. Makhutov H.A. Nauchnye issledovaniya i podgotovka spetsialistov po obespecheniyu zaschishennosti kriticheski vazhnykh ob"ektov / H.A. Makhutov, M.M. Gadenin // Mashinostroenie i inzhenernoe obrazovanie. 2004. -№1. - S. 19-32.

9. Mints I.I., Khodykina L.E. Prognozirovaniye ostatochnogo resursa gibov paroprovodov pri raznykh stadiyakh polzuchesti.//Teploenergetika.-2013.-№6.- S. 65-71.

10. Pecherskiy V.N., Saidahmetov T.P. Tehnologicheskie osobennosti izgotovleniya teploobmennikov, vliyaushie na dolgovechnost pri korrozionnom vozdeistvii teplonositeelya/Trudi mejdnar. nauchno-praktich. konf. «Razvitie nauki, obrazovaniya i kulturi nezavisimogo Kazahstana v usloviyah globalnih vizovov sovremennosti», posvyashennoi 70-letiu UKGU im. M. Auezova. Shymkent: UKGU im. M. Auezova. 2013. – T.9. - S. 339-342.

УДК 620.194; 621.833

UDC 620.194; 621.833

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ НА ПРОЧНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ СТАЛЕЙ

INFLUENCE VALUATION THE TECHNOLOGICAL PARAMETERS PHYSICAL - CHEMICAL METHODS OF TREATMENTS ON THE DURABILITY AND LONGEVITY OF STEELS

**Печерский В.Н., Байгараева А.А., Байжанов Б.А.
Pecherskiy V.N., Baigarayeva A.A., Baizhanov B.A.**

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан

M.AuezovSouthKazakhstanStateUniversity, Shymkent, Kazakhstan

e-mail: vn-pecherskiy@mail.ru

Резюме

Из опыта эксплуатации известно, что при бурении ствол скважины неизбежно искривляется, поэтому к бурильным колоннам предъявляются жесткие требования по прочности и пластичности, а для обеспечения многократного использования труб и их соединений, подвергающихся свинчиванию соединений в процессе эксплуатации, необходимо обеспечить прочность, износостойкость резьбы и герметичность замкового соединения. В качестве физико-химических методов обработки поверхности сталей и сплавов успешно применяется жидкостной метод карбонитрации с использованием цианидов. Процесс жидкостной карбонитрации позволяет получать на поверхности стальных изделий карбонитридный слой высокой твердости с повышенной износостойкостью, и высокой прочностью.

Представлены результаты исследований повышения надежности и долговечности бурильных труб и замковых соединений, применением поверхностной обработки резьбовой части труб и их соединений с целью повышения износостойкости, коррозионной стойкости и соответствующей долговечности.

В качестве экспериментальных данных использовались температура и время процесса карбонитрации, определяющих качество упрочнения поверхностного слоя, твердость и его глубину. Показатель твердости используется в качестве основного параметра, характеризующего физико-механические свойства упрочненного слоя. Получено уравнение, описывающее зависимость распределения твердости по глубине слоя, от температуры и времени выдержки деталей в процессе карбонитрации.

Abstract

From experience it is known that when drilling well bore inevitably is curved, so the drill sternly conveys on strength and plasticity, and reusable tubes and their connections exposed screwing joints during operation, it is necessary to provide strength, durability and impermeability of the castle compound. As physical-chemical methods of surface treatment of steels and alloys successfully applied liquid carbonitriding method using cyanide. Liquid carbonitriding process allows you to get the carbon and nitride layer on the surface of steels products with high hardness, high abrasion resistance and high strength.

Research of improving the reliability and durability of the drill pipe and the Castle compounds, surface treatment of the threaded part of the pipes and their connections with the aim of improving wear resistance, corrosion resistance and appropriate durability.

As the experimental data used and temperature carbonitriding process, determine the quality of the surface layer hardening, hardness and its depth. Firmness is used as the basic parameter characterizing the physical and mechanical properties of hardened layer. An equation describing the dependence of the hardness distribution layer depth, temperature and exposure time of carbonitriding process details.

Ключевые слова: трубы бурильные, сталь, повреждение, ресурс, прочность, долговечность, механические свойства, твердость.

Keywords: drill pipe, steel, damage, resource, durability, longevity, mechanical properties, hardness.

Введение. Проблема повышения надежности и долговечности бурильных труб интересует не только казахстанских, но и иностранных фирм нефтедобывающих производств многих стран, в которых проводятся геологические изыскания и добыча углеводородов [1,2]. Поскольку интерес к разведочному бурению во многих странах с каждым годом возрастает, то организаторам буровых работ приходится достигать все большей глубины бурения от одной тысячи метров до десяти и даже больше. В соответствии с программой проекта «Евразия» [3] по подготовке кадров и оборудования для сверхглубокого бурения возникает необходимость проведения исследований по повышению прочности и надежности бурового оборудования.

При разработке казахстанских запасов нефти и других ископаемых приходится производить бурение не только мягкой и средней крепости пород, но и твердых пород, что соответственно требует применения высоко износостойкого породоразрушающего инструмента и соответствующих буровых труб и их соединений, муфт и др. [1,2,4-7]. При бурении скважин обрыв снаряда вследствие разрушения замкового соединения приводит к значительным экономическим убыткам и потере оборудования. Например, после разрушения колонны при глубине бурения 750 м, только прямой ущерб от потери комплекта труб составляет порядка 5 млн. тенге, не говоря о прочих не прямых убытках, связанных с расходом энергии, трудозатрат и др., или до 15% непроизводительных затрат.

В этой связи создание теоретических основ прогнозирования долговечности бурильных труб и оценки влияния изменения структуры металла на прочностные свойства изделий в процессе изготовления и эксплуатации, становится актуальной задачей. Также необходимо проводить исследования влияния технологического процесса на закономерности распределения дефектов в готовых изделиях и их влияния на прочность и долговечность изделий. Другим аспектом проблемы является необходимость учета коррозии бурового оборудования в агрессивных средах (пластовая вода, кислоты, щелочи в буровых скважинах, температуры среды и скорости движения жидкости, химического состава материала труб, скорости размыва труб под воздействием бурового раствора), а также мониторинг, анализ и теоретическая оценка влияния технологии изготовления и эксплуатационных факторов на прочность и долговечность бурильных труб и их соединений. Указанная задача решается на основе сопоставления результатов неразрушающего контроля, проводимого различными методами, и оценки допустимых значений дефектов и расстояний между ними. Такой подход позволяет учесть влияния поверхностных и внутренних дефектов, выявляемых различными методами контроля (ультразвуковой, вихретоковый, магнитопорошковый, радиографический контроль) на долговечность. Многими исследователями особо отмечается низкий ресурс замкового соединения бурильных труб [4-7].

С другой стороны, существующая нормативная база, регламентирующая материалы трубы, замков, точность их изготовления и дефектов, была разработана еще в 60-70 годы прошлого века. С тех пор получили развитие методы и оборудование неразрушающего контроля, методы прогнозирования долговечности с учетом усталостных и коррозионных повреждений, физико-механические и физико-химические методы обработки металлов. Многие казахстанские компании работают по международным стандартам, и предъявляют соответствующие требования к поставляемому оборудованию. Поэтому назрела необходимость разработки комплекса мероприятий по обеспечению заданного ресурса бурильных труб, их соединений и бурильных колонн в целом.

Методы исследований. Особый интерес представляют исследования по повышению надежности и долговечности замковых соединений труб, основанные на применении поверхностной обработки резьбовой части труб и их соединений с целью повышения износостойкости, коррозионной стойкости и соответствующей долговечности. Поскольку при бурении ствол скважины неизбежно искривляется, к бурильным трубам в целом предъявляются жесткие требования по прочности и пластичности, а для обеспечения многократного использования труб и их соединений, подвергающихся свинчиванию соединений в процессе эксплуатации, необходимо обеспечить прочность, износостойкость резьбы и герметичность замкового соединения. Для этого применяется поверхностная физико-химическая обработка, например, в качестве физико-химических методов обработки поверхности сталей и сплавов успешно применяется жидкостной метод карбонитрации с использованием цианидов. Процесс жидкостной карбонитрации позволяет получать на поверхности стальных изделий карбонитридный слой высокой твердости с повышенной износостойкостью, и практически лишенный хрупкости.

Благодаря высокой равномерности нагрева, обеспечиваемой в расплаве солей, коробление и деформация деталей в процессе карбонитрации исключены при условии проведения соответствующим образом предварительной термообработки – стабилизирующего отпуска, снимающего напряжения после механической обработки.

Еще одной особенностью данной технологии является возможность обработки деталей с частичным погружением, когда необходимо упрочнить только определенный участок, что в газовой азотирующей печи или при цементации, нитроцементации реализовать практически невозможно.

Как было отмечено выше, в целях обеспечения заданной прочности и пластичности трубы их соединений, при получении упрочненного поверхностного слоя, сердцевина тела трубы и деталей замковых соединений, должна обладать вязкими свойствами, в соответствии с нормативными механическими свойствами материала труб. В качестве критерия прочности и пластичности трубных сталей и сплавов принято использовать результаты измерениям твердости как по поверхности, так и по глубине упрочненного слоя..

Результаты и обсуждение. При физико-химической обработке методом оксикарбонитрации необходимо обеспечить достаточную глубину диффузионного слоя повышенной твердости. Для оценки физико-механических свойств покрытий использовали метод измерения твердости. Микротвердость упрочненного поверхностного слоя измерялась на приборе ПТМ -3. Алмазная пирамида вдавливалась на определенное место, найденное на шлифе при увеличении, под нагрузкой 0,98 Н, затем измеряется диагональ отпечатка, по величине которой судят о твердости [7]. Основной целью исследований было определение оптимальной температуры, времени выдержки изделий в расплаве солей, достаточных для получения требуемой толщины упрочненного поверхностного слоя. С другой стороны, необходимо было исследовать влияние температуры предварительного отжига на свойства упрочненного поверхностного слоя и структуру сердцевинной части деталей.

Исследовали две марки трубных сталей – 40Х и 40ХМ. Режимные параметры термической обработки соответствуют промышленному технологическому процессу: закалка 860⁰С, 0,5 часа- охлаждение в масло; отпуск 500⁰С - 1,5 часа; охлаждение в воду. Температура отпуска обоснованатем, что по известным данным [5], при повышении температуры отпуска до 550⁰С и увеличением продолжительности процесса до 6 часов образуются нитридные прожилки и включения -фазы, сильно охрупчивающие сталь [5,7]. Глубина поверхностного слоя h зависит в основном от времени выдержки деталей, в данном случае получали $h=0,55-0,6$ мм при общем времени процесса карбонитрации порядка 6 - 6,5 часов.

С целью отработки технологических режимов и выяснения указанных свойств, параллельно с изделиями в печь помещали образцы свидетели, вырезанные в виде кольца из муфт, ниппелей и резьбовых частей труб, для полного соответствия состава и структуры исследованных сталей. Образцы периодически извлекались из ванны с целью установления скорости процесса в зависимости от времени выдержки. Процесс насыщения мелкодисперсных карбонитридов легирующих элементов уменьшается от поверхности к сердцевине. Анализируя результаты распределения твердости HV по глубине поверхностного слоя h установлено, что зависимость $HV \sim h$ носит нелинейный характер, и убывает от 600 – 650 HV до 285-320 HV в сердцевинной части на глубине 0,5-0,6 мм.

Зависимость HV от h представлена в виде степенной функции:

$$HV = HV_{max}(1 - kh^m), \quad (1)$$

где коэффициенты k и m отражают влияние технологических параметров процесса карбонитрации. Значения коэффициентов k и m определены обработкой методом наименьших квадратов результатов измерения твердости по глубине поверхностного упрочненного слоя.

Выводы. Проведенные исследования позволили уточнить параметры режимов термической и физико-химической обработки поверхности резьбовых концов труб и замков с целью повышения прочности и качества изделий.

Разработанные мероприятия по обеспечению качества бурильных труб и замковых соединений позволят обеспечить заданную долговечность работы комплектов бурильных труб и повысить глубину разведочных скважин. Предлагаемая технология повышения прочности резьбового соединения бурильных труб в РК

практически еще не освоена. Внедрение технологии оксикарбонитрации на машиностроительных заводах в РК на примере ТОО «Казгеомаш», позволит улучшить качество поверхности изготавливаемых изделий за счет снижения поверхностных дефектов и повышения качества поверхности после обработки резанием.

Предполагается разработка рекомендаций по мониторингу и установления необходимого и достаточного объема выборки для проведения неразрушающего контроля новых комплектов труб, а также отбраковки труб из комплектов, бывших в эксплуатации некоторое время, но не выработавших установленный ресурс.

Литература

1. Нурабаев Б.К. Бурение сверхглубоких скважин: Перспективы развития отечественной геологической отрасли // Нефть и газ. - 2014.-№4. – С.75-76.
2. Штамбург В.Ф., Файн Г.М., Данелянц С.М., Шейна А.А. Бурильные трубы из алюминиевых сплавов .М.: Недра, 1980. - 241 с.
3. Куандыков Б.М. Новый уникальный проект «Евразия», иницируемый Казахстаном //Нефть и газ. - 2014.-№4. – С.77-81.
4. Файн, Г.М., Неймарк, А.С. Проектирование и эксплуатация бурильных колонн для глубоких скважин. М.: Недра, 1985. - 237 с.
5. Яхин А.Р., Исмаков Р.А., Гарифуллин Р.Р., Янгиров Ф.Н. Упрочнение поверхностей для повышения ресурса работы бурильных труб // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2014. - №4.-С.381-399.
6. Чистяков В.К. Геотехнологические опасности при поисках, разведке и эксплуатации месторождений природных газовых гидратов //Геология и полезные ископаемые мирового океана. -2008.-№3.- С.103-112.
7. Кузьминых Д.В. Совершенствование методов повышения долговечности замкового соединения бурильной колонны при многократном свинчивании. Дисс. канд. техн....наук. Ухта. 2011. – 128с.

References

1. Nurabaev B.K. Burenie sverkhglubokikh skvazhin: Perspektivy razvitiya otechestvennoy geologicheskoy otrasli // Neft' i gaz. - 2014.-№4. – S.75-76.
2. Shtamburg V.F., Fayn G.M., Danelyants S.M., Sheyna A.A. Buril'nye truby iz alyuminiyevykh splavov .M.: Nedra, 1980. - 241 s.
3. Kuandykov B.M. Novyy unikal'nyy proekt «Evraziya», initsiruemyy Kazakhstanom //Neft' i gaz. - 2014.-№4. – S.77-81.
4. Fayn, G.M., Neymark, A.S. Proektirovanie i ekspluatatsiya buril'nykh kolonn dlya glubokikh skvazhin. M.: Nedra, 1985. - 237 s.
5. Yakhin A.R., Ismakov R.A., Garifullin R.R., Yangirov F.N. Uprochnenie poverkhnostey dlya povysheniya resursa raboty buril'nykh trub // Elektronnyy nauchnyy zhurnal «Neftegazovoe delo». 2014. - №4.-S.381-399.
6. Chistyakov V.K. Geotekhnologicheskie opasnosti pri poiskakh, razvedke i ekspluatatsii mestorozhdeniy prirodnykh gazovykh gidratov //Geologiya i poleznye iskopaemye mirovogo okeana. -2008.-№3.- С.103-112.
7. Kuz'minykh D.V. Sovershenstvovanie metodov povysheniya dolgovechnosti zamkovogo soedineniya buril'noy kolonny pri mnogokratnom svinchivanii. Diss. kand. tekhn....nauk. Ukhta. 2011. – 128s.

**РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ
МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ В ЖИДКИХ СРЕДАХ**

**THE RESULTS OF MODELING EROSION RESISTANCE OF MATERIALS AND
COATINGS IN LIQUID ENVIRONMENTS**

**Айнабеков А.И., Сейтказенова К.К., Сейткаримов Н., Погодаев Л.И.
Ainabekov A.I., Seitkazenova K.K., Seitkarimov N., Pogodaev L.I.**

Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауезова, Шымкент,
Казахстан
M.AuezovSouthKazakhstanStateUniversity, Shymkent, Kazakhstan
dinamika-nauka@rambler.ru

Резюме

Исследование посвящено вопросам, связанным с надежностью деталей, подвергающихся в процессе эксплуатации эрозионному воздействию неоднородных жидких сред, содержащих парогазовые и более плотные тонкодисперсные субстанции.

Приведены результаты моделирования процессов динамического воздействия внешней среды на твердые ограждающие поверхности и реакции материалов с гетерогенной структурой и защитных покрытий на многократные внешние импульсные воздействия различной интенсивности.

Предложена структурно-энергетическая модель кавитационно-эрозионного изнашивания материалов и покрытий, критериальные физико-механические, в также временные параметры износостойкости и разработанные на их основе методики расчетного прогнозирования эрозионной стойкости и долговечности материалов.

Показано, что в качестве объективных критериев эрозионной стойкости материалов и покрытий можно использовать прочностные, энергетические и акустические характеристики материалов, а также усталостные характеристики.

Показана практическая реализация некоторых результатов, вытекающих из теоретической модели кавитационной эрозии, в частности: применение покрытий, обеспечивающих оптимальный угол смачивания рабочей жидкостью твердой поверхности и соответствующую наименьшую интенсивность эрозии; применение противоэрозионных покрытий: газотермических, композиционных стеклополимерных, гальванических; создание рельефа, обеспечивающего деталям безызносность; изменение свойств рабочей среды, снижающих её эрозионную активность и т.п.

Abstract

Research is sanctified to the questions, related to reliability of details, undergoing in the process of exploitation to erosive influence of heterogeneous liquid environments containing the steamgas and more dense micronized substances.

The results of modeling of processes of dynamic effects of the external environment on a solid cladding surface, and the reaction materials with heterogeneous structure and protective coatings on multiple external pulsed influence of different intensity.

The structure-energy model of cavitation-erosion wear of materials and coatings, criteriaphysic-mechanical, and also temporal parameters of wear resistance and developed on their basis of calculation methods of predicting erosion resistance and durability of materials are proposed.

It is shown that, as objective criteria for the erosion resistance of materials and coatings

can be used strength, energy, and acoustic characteristics of the materials, as well as fatigue characteristics.

Shows a practical realization of some of the results followed from the theoretical model of cavitation erosion, in particular: the use of coatings that provide optimal angle of moistening of the working fluid a hard surface and corresponds to the lowest intensity of erosion; the use of anti-erosion coatings: thermal spray, composite glasspolymer, electroplating; creation of relief, providing absence wear of details; changing the properties of the working environment, reducing its erosive activity, etc.

Ключевые слова: кавитация, эрозия, структурно-энергетическая модель, материал, покрытие, износостойкость, методика расчета.

Keywords: cavitation, erosion, structure-energy model, material, coating, wear resistance, method of calculation.

Возникновение кавитации в центробежных насосах, гидротурбинах, двигателях и в другом оборудовании приводит к резкому снижению к.п.д. гидромашин, интенсивной эрозии поверхностей деталей и другим нежелательным последствиям. Независимо от общей кавитации при обтекании потоком различного рода препятствий могут возникать местные кавитационные явления (срывная кавитация) и при криволинейных течениях (пограничная кавитация). В зависимости от степени развития местной кавитации детали подвергаются локальной эрозии. В ряде случаев скорость эрозии может резко возрасти, например, при работе деталей в воде, содержащей абразивные частицы.

Сильный износ чаще всего наблюдается при эксплуатации оборудования в неоптимальных режимах, значительно отличающихся от расчетных.

Динамическое воздействие кавитации на материалы имеет случайный характер, что требует рассмотрения процессов микроударного внешнего воздействия и эрозии деталей с позиции теории вероятности. В качестве меры интенсивности отдельного внешнего удара γ следует принять плотность потока мощности импульса давления p , действующего в течение времени Δt

$$\gamma = \int p^2 dt / (\rho c)_{ж} \Delta t, \quad (1)$$

$(\rho c)_{ж}$ – акустическое сопротивление жидкости ($\rho_{ж}$ – плотность; $c_{ж}$ – скорость звука).

Плотность распределения случайной величины γ , независимо от способа возбуждения кавитации, соответствует экспоненциальной функции при математическом ожидании γ , равном P , т.е.

$$P\phi(\gamma) = \exp(-\gamma / P) \quad \text{при } \gamma \geq 0 \quad (2)$$

В процессе эрозии поверхности материалов при ударном воздействии капель жидкости следует учитывать энергию ударных волн, кинетическую энергию капли и энергию растекающейся жидкости после соударения с жесткой поверхностью. При этом глубина кратера на эродируемой поверхности определяется отношением энергии внешнего воздействия $E_{вн}$ к удельной энергии пластической деформации материала $E_{уд}$ в степени $1/2$. Объем повреждения $V_{эр}$ в деформируемых слоях материала пропорционален отношению $(E_{вн} / E_{уд}^{3/2})$, идентичному отношению потока мощности внешнего воздействия к плотности потока мощности, достаточной для эрозии материала, т.е. $V_{эр} \sim (W_{вн} / W_{кр}^*)^n$ при значениях n , изменяющихся в зависимости от $W_{вн}$ в пределах от 0,5 до 4,0.

При кавитации в зависимости от интенсивности эрозии материалов, возникают и развиваются трещины, приводящие в итоге, к образованию продуктов изнашивания. Характерной особенностью кинетики кавитационно-эрозионного изнашивания

большинства конструкционных материалов и покрытий является наличие на графике зависимости износа ΔG от времени τ (или от числа внешних импульсных воздействий N) так называемого аккумуляционного (инкубационного) периода $\tau_{ак}$, в течение которого износ отсутствует. Продолжительность $\tau_{ак}$ (или $N_{кр} = \text{частоте ударов} \times \tau_{ак}$) являются важными характеристиками усталостной долговечности поверхностных слоев материалов. Они определяют характер кинетической кривой $\Delta G(t)$ и сопротивление материалов эрозии. В общем случае $\tau_{ак}$ зависит от соотношения скоростей (давлений) внешнего воздействия к предельным скоростям (давлениям), достаточным для поверхностного разрушения изнашиваемых материалов. При этом справедливы соотношения поверхностной усталости материалов

$$\tau_{ак}(N_{кр}) \sim (P_{кр}/P_{вн})^{m1} \sim (V_{кр}/V_{вн})^{m1}, \quad (3)$$

в котором m дискретно изменяется в пределах от 3 до 12. Опытным путем установлено, что на всех масштабных уровнях изнашивания между значениями n и m существует пропорциональность, согласно которой $n=km$ ($k=0,5 \dots 0,67$). Установленные значения коэффициента k в первом приближении соответствуют степенной аппроксимации кинетической кривой изнашивания в виде $\Delta G \sim t^k$.

В настоящее время эрозионные испытания материалов и различных технических устройств, работающих в условиях кавитации, проводят в основном на ударно-эрозионных стендах (УЭС), магнитоэрозионных установках (МСВ) и в гидродинамических трубах. При испытании материалов на эрозионную стойкость конструкция и принцип работы установок роли не играют. Главное – добиться соответствия энергии внешнего воздействия $W_{вн}$ на стендах и природных условиях.

Для оценки эрозионной стойкости материалов использовали метод нанесения на поверхность образцов или деталей тонкослойных покрытий из легкоразрушаемых материалов, метод поверхностной активации материалов радиоактивными изотопами, весовой и другие методы. Наибольшее внимание в работе уделено методам оценки износостойкости материалов по физике – механическим и усталостным характеристикам в связи с тем, что во многих случаях они позволяют избежать длительных и дорогостоящих испытаний на лабораторных стендах и в природных условиях.

Комплексные исследования показали, что в качестве объективных критериев эрозионной стойкости материалов и покрытий можно использовать прочностные, энергетические и акустические характеристики материалов: $P_{кр}$, $V_{кр}$, $E_{уд}$, $W_{кр}$, акустическое сопротивление $(\rho c)_м$, а также усталостные характеристики $N_{кр}$ и $\tau_{ак}$. Разработаны методики для оперативной оценки относительной кавитационно-эрозионной стойкости материалов и покрытий по всем вышеперечисленным характеристикам.

Выполненный анализ показал, что наиболее работоспособными критериями при любых разновидностях эрозии широкого круга материалов и покрытий являются их энергетические характеристики. Относительная износостойкость сталей различных классов и сплавов цветных металлов в жестких условиях кавитационной и гидроабразивной эрозии, независимо от их структуры, определяется соотношением $k_{\Delta G} \sim E_{уд}^{\eta=1,5}$. При ударном воздействии свободных и закрепленных абразивных частиц показатель степени при $E_{уд}$ изменяется в пределах от $\frac{3}{2}$ до $\frac{1}{2}$, а при скользящем воздействии абразива в условиях царапания и микрорезания η снижается до 0,2.

В общем случае показатель степени η при гидроэрозии материалов в зависимости от жесткости внешнего воздействия может принимать значения от 1,5 до 12. Чаще всего $\eta=1,5$ и 3,0 что соответствует зависимостям эрозионной стойкости материалов от скорости микроудара соответственно в кубе в шестой степени. Ступенчатое изменение

η связано с масштабными переходами и с изменением схемы напряженно – деформированного состояния изнашиваемых объемов материалов. Каждому масштабному переходу соответствуют дискретное изменение энергии активации ведущих процессов атомно-молекулярных перегруппировок в деформируемых объемах.

Зависимость аккумуляционного периода накопления повреждений в поверхностных слоях широкого круга сталей и сплавов цветных металлов $\tau_{ак}E_{уд}$ может быть представлена соотношением $\tau_{ак} \sim E_{уд}^k$, в котором показатель степени $k=1,5$ для пластичных и $k=1,0$ – для материалов, хрупко разрушающихся при кавитационной эрозии. Анализ результатов сравнительных испытаний 4-х групп материалов (сталей, бронз, латуней и наплавочных материалов) на МСВ указал на отрицательное влияние макропластичности I_0 на длительность $\tau_{ак}$, было установлено, что $\tau_{ак} \sim I_0^{0,6...0,7}$. Это соотношение не соответствует закону Коффина-Мансона, согласно которому должна существовать пропорциональность $\tau_{ак} \sim I_0^2$. Если кавитационную эрозию материалов рассматривать в связи с процессами поверхностной усталости, то продолжительность $\tau_{ак}$ более обоснованно оценивать при контролируемой амплитуде напряжения, а при переходе от $\tau_{ак} \sim E_{уд}$ и $k_{\Delta G}$ целесообразным является учет микродеформаций и микропластичности в циклически деформируемых микрообъемах.

Интенсивность вязко-хрупкого разрушения материалов при вибрационной кавитации определяется акустическим сопротивлением материалов в кубе $(\rho c)_m^3$ или отношением $(u/c)^2$, в котором u – скорость колебательных движений частиц материала при прохождении упругой волны деформации через фрагменты микроструктуры. При этом справедливы соотношения

$$\Delta G \sim \left(\frac{u}{c}\right)^p \sim \left(\frac{u}{V_{кр}}\right)^p \sim \left(\frac{\sigma_6}{V_{кр}}\right)^p \sim \left(\frac{HV}{E}\right)^p \sim \frac{1}{(\rho c)_m^p}, \quad (4)$$

где $V_{кр}$ - критическая скорость удара (разрушения); E и HV - предел прочности, модуль упругости и твердость изнашиваемого материала. При упруго – пластических микродеформациях $P=1,5$, а при упругих микродеформациях и преимущественно хрупком разрушении $P=3,0$.

При моделировании процессов КЭ материалов добиться достаточно полного подобия процессов из-за их сложности в лабораторных и натурных условиях не представляется возможным. Поэтому при исследовании КЭ материалов ограничиваются проведением сравнительных испытаний на стендах с последующей проверкой полученных результатов на натурных объектах.

Исходная модель интенсивности эрозионного воздействия кавитации на материалы $I_{кэ}$ может быть представлена зависимостью

$$I_{кэ} \sim \frac{J}{\left[\frac{1}{2}(\rho u)_m^2 C_m + (\rho v)_m^2 V_m\right]_{кр}}, \quad \text{где } de(V_m)_{кр} = V_{кр}^{ynp} + V_{кр}^{nl} \quad (5)$$

где J – интенсивность внешнего динамического воздействия; $\frac{1}{2}(\rho u)_m^2 C_m$ - объемная плотность потока мощности упругой деформации; $\frac{1}{2}(\rho v)_m^2 V_m$ - то же при переносе энергии в изнашиваемых объемах плоской волной пластической деформации; $V_{кр}^{ynp}$ и $V_{кр}^{nl}$ - упругая и пластическая составляющие общей критической скорости деформации.

Модель КЭ материалов в виде объемного износа ΔV вытекает из последней формулы в более подробной интерпретации:

$$\Delta V \sim \frac{E_{en} V_{if}(t)}{(E_{y\partial} V_{кр})_{nl} + (E_{y\partial} V_{кр})_{nl}} \sim \frac{W_{en} f(t)}{(W_{кр})_{общ}} \sim \frac{W_{en} f(t)}{W_{кр}^{ynp} + W_{кр}^{nl}} \quad (6)$$

где $f(t)$ – функция, определяющая характер кинетической кривой кавитационно – эрозионного изнашивания материалов; $W_{общ}^*$ – универсальный критерий эрозионной

стойкости материалов и покрытий, представляющий собой критическую плотность потока мощности деформации, достаточной для начала эрозии материалов при переносе энергии в них волнами упругих и пластических деформаций.

В общем случае модель эрозии должна учитывать масштабные переходы с одного уровня изнашивания на другой, а критерий W^* должен определяться с учетом осреднения энергии, запасенной в объеме продуктов изнашивания и схемы напряженного состояния.

Уточненную модель эрозии можно представить следующим образом

$$\Delta V = \Delta V_0 \left(\frac{W_{\text{вн}}}{W_{\text{кр}}^*} \right)^{m_2} \text{erf}(k\tau), \quad (7)$$

где ΔV_0 и k – опытные коэффициенты, а показатель степени m_2 дискретно изменяется при масштабных переходах; *) - знак осреднения.

Продолжительность $\tau_{\text{ак}}$ в последней формуле пропорциональна отношению $(W_{\text{кр}}^*/W_{\text{вн}})^{m_2}$, поэтому с увеличением частоты эрозионно-способных кавитационных импульсов критерий $W_{\text{кр}}^*$ уменьшается, а износ ΔV увеличивается. Теоретическая зависимость $\omega(W_{\text{кр}}^*)$ оказалась экспоненциальной $\omega \sim \exp(-kW_{\text{кр}}^*)$, при $V_i = \text{const}$. Испытания сталей и сплавов цветных металлов в гидродинамической трубе позволили получить при трех различных скоростях потока воды три частных зависимости $\omega(W_{\text{кр}}^*)$, полностью совпадающие с теоретической. Из частных соотношений $\omega(W_{\text{кр}}^*)$ была получена зависимость $\tau_{\text{ак}} = \text{const}/v^{m_1}$, в которой $m_1 = 4,4 \dots 4,7$ при изнашивании меди и дюралюминия на макроуровне и $m_1 = 5,2 \dots 7,7$ при эрозии латуни и нержавеющей стали на мезоструктурном уровне. Кроме этого были получены опытные зависимости: $W_{\text{кр}}^* \sim E_{\text{уд}}^{1,5}$ и $k_{\Delta V} = (\tau_{\text{ак}}^{\text{омн}})^{\frac{1}{2}}$, справедливость которых для условий гидродинамической кавитации показана впервые.

Таким образом, теоретическая модель кавитационной эрозии получила экспериментальное подтверждение, а частные зависимости $\Delta V(W_{\text{кр}}^*; \omega)$ и $k_{\Delta G}(\tau_{\text{ак}}^{\text{омн}})$ явились основой для разработки ускоренных расчетно-экспериментальных методов оценки износостойкости и долговечности материалов при кавитационно-эрозионном изнашивании, (рисунок 1 и 2).

Обобщенный энергетический критерий эрозионной стойкости материалов $W_{\text{кр}}^*$ может быть раскрыт через характеристики структуры и комплекс физико-механических свойств на макро, мезо- и микромасштабном уровнях внешнего воздействия.

Оптимизация структурных характеристик позволяет получить материалы с наиболее высоким уровнем физико – механических свойств, обеспечивающих повышенную стойкость и долговечность деформируемых объемов.

Численное значение критерия $W_{\text{кр}}^*$ можно определить через удельную энергоемкость материала $E_{\text{уд}}$ критическую скорость удара $V_{\text{кр}}$ по диаграмме твердости (микротвердости) материала, построенной, например, с использованием метода вдавливания конических инденторов с различными углами при вершине и с учетом жесткости напряженно – деформированного состояния.

Критерий $W_{\text{кр}}^*$ непосредственно связан с периодом $\tau_{\text{ак}}$ на кинетической кривой эрозии. Поэтому, зная величину $W_{\text{кр}}^*$, представляется возможность оценить относительную продолжительность $\tau_{\text{ак}}^{\text{омн}}$, т.е. определить важнейшую характеристику поверхностной усталости материала при кавитационно – эрозионном изнашивании, а по ней – долговечность и эрозионную стойкость материалов и покрытий, не проводя длительных стендовых и натурных испытаний. Продолжительность $\tau_{\text{ак}}$ определяет

характер и методику построения кинетической кривой эрозии в форме интеграла вероятностей.

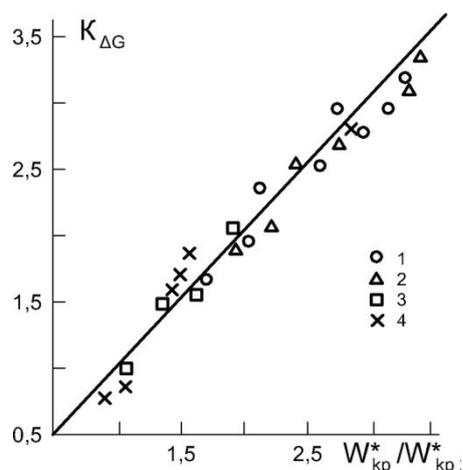


Рисунок 1. Зависимость относительной износостойкости сталей и сплавов цветных металлов от критерия $W_{отн}^{кр}$ в условиях гидроабразивного изнашивания на установке лоткового типа: 1-Gr-Mn стали аустенитно-мартенситного класса; 2-стали аустенитного и аустенитно-ферритного класса; 3-углеродистые и легированные конструкционные стали; 4-бронзы и латуни.

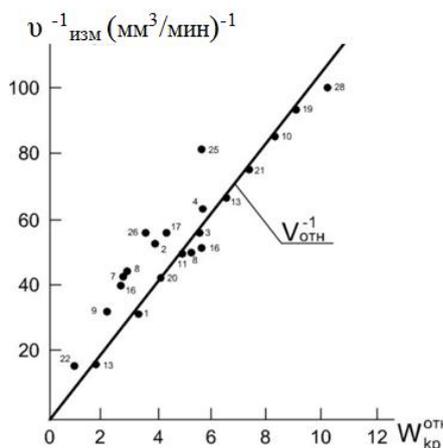


Рисунок 2. Зависимость кавитационной стойкости различных металлов от энергоемкости при испытании на МСВ: 1 – 6 и 9 – 12 – нержавеющие стали аустенитного класса; 15, 16 – нержавеющие ферритные стали; 17–22– нержавеющие Cr-Ni-Cu-Mo (17-4-2-2,5) стали типа «Пармаллой», обработанные на твердый раствор; 23-Sn-Zn-Pb – бронза; 24 – бронза «Новостон»; 25 и 26-Ni-Al бронза.

Установлено, что глубина наклепанного слоя δ_n на поверхности металлических материалов при эрозионном воздействии внешней среды сопоставима с размерами возникших в нем трещин i_δ , соответствующих завершению периода $\tau_{ак}$ и началу образования продуктов изнашивания крупностью, прямо пропорциональной σ_n, i_δ и коэффициенту интенсивности напряжений при вершине трещин. Критическая длина исходных трещин $i_{кр}$ и соответствующая вязкость разрушения K_{IS} , контролирующие размеры σ_n и i_δ , наряду с $W_{кр}^* \text{ и } \tau_{ак}$ являются критериями сопротивляемости поверхности материалов усталостному разрушению. При этом на каждом структурном уровне

наблюдается прямая пропорциональность между $i_{кр}$, K_{IC} , $\tau_{ак}$ и $W_{кр}^*$ при нелинейных частных соотношениях.

Износ материалов в неоднородных жидких средах ΔV при увеличении δ_n возрастает по степенной зависимости $\Delta V \sim \sigma_n^n$; $n = 1 \dots 2$ при амплитуде вибрации $A_{МСВ} \leq 18 \dots 25$ мкм и $n = 5,5 \dots 7,0$ при $A_{МСВ} \leq 18 \dots 20$ мкм.

В общем случае структурно – энергетический подход позволяет управлять эрозионной стойкостью и долговечностью материалов, разнообразных покрытий и конкретных деталей: с одной стороны путем создания и реализации наиболее благоприятной структуры и состава внешней среды, обладающих наименьшей энергией воздействия на ограждающую поверхности и, с другой стороны, - путем применения материалов, обладающих для конкретных условий работы деталей оптимальной структурой и комплексом физико – механических свойств, обеспечивающих наибольшую энергоемкость деформируемых объемов и переводящих процессы энергетического взаимодействия внешней среды с материалами с более – в менее эрозионноопасный масштабный (структурный) уровень.

Первое направление реализовано:

- изменением свойств жидкости (специальными добавками);
- оптимизацией режимов работы гидромашин, устраняющих возникновение отрывных (вихревых) течений жидких сред;
- созданием оптимальной шероховатости, препятствующей возникновению и развитию микротрещин из – за расклинивающего действия кавитационных импульсов во впадинах микрорельефа:

Второе направление реализовано:

- применением покрытий, обеспечивающих оптимальный угол смачивания рабочей жидкостью твердой поверхности и соответствующую наименьшую интенсивность эрозии;
- применением противоэрозионных покрытий: газотермических, композиционных стеклополимерных, гальванических, а также использованием технологий упрочнения поверхности деталей путем легирования в литейной форме и биметаллизации в процессе изготовления отливок;
- разработкой методик расчета относительной эрозионной стойкости и долговечности материалов различных классов и защитных покрытий по обобщенному энергетическому критерию и по аналогам при любых видах изнашивания.

Наиболее высокая эрозионная стойкость различных технических средств достигается при успешной реализации одновременно ряда мероприятий из обоих направлений с учетом технологических возможностей и экономической целесообразности технических решений [1-3].

Литература

1. Погодаев Л.И., Сейтказенова К.К. Моделирование эрозии и долговечности гетерогенных материалов методами механики деформируемых сред. – СПб: Академия транспорта РФ, 2003. - 265с.
2. Погодаев Л.И., Кузьмин В.Н. Структурно-энергетические модели надежности материалов и деталей машин. – СПб: Академия транспорта РФ, 2006. – 608с.
3. Погодаев Л.И., Кузьмин В.Н., Матвеевский О.О. Структурно-энергетические модели усталости и эрозии материалов с учетом масштабных уровней деформирования. // Трение и смазка в машинах и механизмах. №6, 2008, - С.3-12.

References

1. Pogodaev L.I., Seytkazenova K.K. Modelirovanie erozii i dolgovechnosti geterogennykh materialov metodami mekhaniki deformiruemykh sred. – SPb: Akademiya transporta RF, 2003. - 265s.

2. Pogodaev L.I., Kuz'min V.N. Strukturno-energeticheskie modeli nadezhnosti materialov i detaley mashin. – SPb: Akademiya transporta RF, 2006. – 608s.

3. Pogodaev L.I., Kuz'min V.N., Matveevskiy O.O. Strukturno-energeticheskie modeli ustalosti i erozii materialov s uchetom masshtabnykh urovney deformirovaniya. // Trenie i smazka v mashinakh i mekhanizmax. №6, 2008, - S.3-12.

УДК 622.692.4

UDC 622.692.4

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОВРЕЖДЕННОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ С УЧЕТОМ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

METHODS OF ESTIMATION THE DAMAGE OF CONSTRUCTIONAL STEELS TAKING INTO ACCOUNT THE DURATION OF EXPLOITATION

**А. И. Айнабеков, У.С. Сулейменов, М. А. Камбаров, Х. А. Абшенов
A.I. Ainabekov, U.S. Suleimenov, M.A. Kambarov, Kh. A. Abshenov**

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан

M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

e.mail:dinamika-nauka@rambler.ru

Резюме

В статье рассматривается вопрос разработки нового подхода к проблеме оценки поврежденности деталей машин, оборудования и установок с учетом изменения механических свойств конструкционной стали при длительной эксплуатации.

Приводится физическое и механическое обоснование предложенной идеи, которая основана на применении вероятностного подхода и привлечении методов математической статистики. Предложенный метод позволяет количественно оценить степень поврежденности конструкционной стали с учетом эксплуатационных факторов.

Согласно методу, в качестве параметра оценки состояния металла, используются не абсолютные значения измеренной твердости, а параметры рассеяния характеристик твердости, как более информативные и показательные, чем сама твердость.

В методике оценки поврежденности конструкционных сталей с учетом длительности эксплуатации за основу функций распределения принято двухпараметрическое распределение Вейбулла-Гнеденко, а в качестве показателя степени разброса значения исследуемого свойства материала принят коэффициент гомогенности Вейбулла.

При этом большим значениям коэффициента гомогенности соответствует низкий уровень рассеяния характеристик исследуемого свойства и, следовательно, неизменность структурного состояния материала, а меньшим значениям коэффициента, наоборот – высшая степень деградации свойств и поврежденности конструкционного материала.

Приведены расчетные формулы и описан порядок проведения оценки. Предлагаемый метод прост и может быть реализован непосредственно на испытываемой детали или элементе конструкции.

Abstract

The development of a new approach to the problem of estimation of damaged details of machines, equipment and installations taking into account changes of mechanical

properties of constructional steel for long term exploitation is considered in article. Physical and mechanical justification of the offered idea which is based on application of probabilistic approach and attraction of methods of mathematical statistics is given.

The offered method allows to estimate quantitatively degree of damage of constructional steel taking into account exploitation factors.

According to a method, as the parameter of estimation the state of metal, not absolute values of the measured hardness, and parameters of dispersion of characteristics of hardness, as more informative and indicative, than hardness are used.

In a methodology for estimation damage constructional steels taking into account duration exploitation as a basis for the distribution functions of two-parameter distribution Weibull-Gnedenko is received, and as an indicator of the degree of scatter of the values of the investigated property of the material coefficient of homogeneity by Weibull is received.

Thus to great values of coefficient of homogeneity there corresponds the low level of dispersion of characteristics of the studied property and, therefore, the immutability of a structural state of material, and to smaller values of coefficient, on the contrary – the highest degree of degradation of properties and damage of constructional material. Calculation formulas are given and the order of carrying out a estimation is described.

The offered method is simple and can be realized directly on the test detail or an element of a construction.

Ключевые слова: конструкционная сталь, поврежденность, длительность эксплуатации, распределение Вейбула, коэффициент гомогенности, структурное состояние

Keywords: constructional steel, damage, duration of exploitation, the Weibull distribution, the coefficient of homogeneity, structural state

Анализ нормативно-технических документов, направленных на регламентирование оценки повреждаемости деталей машин, оборудования и установок в процессе эксплуатации показывает отсутствие методически правильно поставленного метода оценки повреждаемости, связанного с тем, что они не учитывают изменения механических свойств конструкционного материала в процессе эксплуатации. Тем самым в неявной форме предполагается, что механические свойства металла детали сохраняются в первоначальном уровне на протяжении всего периода эксплуатации машин.

Вместе с тем, обзор существующих методик оценки поврежденности показывает, что зачастую в них повреждаемость детали и конструкции рассматриваются косвенно, в них нет комплексного рассмотрения проблемы с позиции поврежденности с учетом условий эксплуатации и различных, между собой взаимодействующих, факторов [1,2].

В связи с этим в настоящей работе рассматриваются вопросы разработки нового подхода к проблеме оценки поврежденности деталей и элементов конструкции с учетом длительности эксплуатации. Проводится физическое и механическое обоснование применения данной методики к оценке повреждаемости, прогнозированию долговечности и оценке ресурса детали машин или элементов конструкции.

В механике конструкционных материалов оценка поврежденности деталей машин, установок и элементов конструкций основан на результатах лабораторных испытаний с последующим построением критериальных соотношений, описывающих механизм развития деградации и изменения структуры материала. Эти методы построены на методах детерминированных оценок, что накладывает жесткие рамки для определения степени поврежденности и прогнозной ее оценки. Между тем результаты серийных испытаний лабораторных образцов показывают достаточно большой разброс исследуемых механических характеристик металла, что позволяет судить о случайном характере поврежденности. В связи с этим применение вероятностного подхода и

привлечение методов математической статистики позволяют разработать метод количественной оценки поврежденности детали машин, оборудования и элемента конструкций с учетом эксплуатационных факторов.

Широко используемой в технике характеристикой механических свойств конструкционного материала, определяемой без разрушения конструкции, является показатель твердости. С твердостью в большей или меньшей мере коррелируют характеристики почти всех механических свойств материала.

Методы статистической твердости нашли широкое применение в оценке состояния материала действующих машин и механизмов, элементов конструкций. Эти методы отличаются простотой и удобством определения характеристики твердости, простотой работы приборов и устройств, для ее определения. Однако метод твердости, несмотря на его достоинства, в его классическом варианте слабо коррелирует с изменением структуры металла, а в нашем случае с поврежденностью материала в процесс эксплуатации.

В настоящем исследовании для оценки поврежденности конструкционного материала предложено использовать метод, который основан на массовом измерении твердости и согласно которому в качестве параметра оценки состояния металла используются не абсолютные значения твердости, а параметры рассеяния характеристик твердости, как более информативные и показательные, чем сама твердость.

Физическое обоснование предложенной идеи заключается в том, что рассеяние механических характеристик, в том числе и твердости, присуще всем конструкционным материалам, а степень рассеяния этих характеристик зависит от структурного состояния материала. Следовательно, о степени изменения структурного состояния, деградации и поврежденности материала можно судить по показателю рассеяния исследуемых его механических характеристик, в частности твердости, определение которой в любом объеме испытаний проводится без разрушения детали и не требует сложного приборного обеспечения.

Механическое обоснование предложенной идеи заключается в выборе характеристики, которая характеризовала бы структурное состояние материала в отношении к степени рассеяния характеристик исследуемого свойства материала и в обосновании предложенного метода обработки результатов массовых испытаний на твердость с целью определения характеристик рассеяния и оценки состояния металла.

Оценку деградации свойств, поврежденности конструкционного материала связанных с изменением структуры материала при наличии большой совокупности данных о его механических свойствах, в том числе показателя твердости, и возможности определения рассеяния их значения, обычно проводится с использованием методов математической статистики и на основе выбора физически обоснованного закона распределения.

Существует большой опыт использования в механике деформированного твердого тела, при построении статистических теорий прочности и анализе характеристик свойств материала вероятностного подхода.

Основной задачей статистического анализа является определение функции распределения, наилучшим образом соответствующей экспериментальным значениям характеристик свойств материала. С этой целью проанализируем применения следующих функций распределения:

нормальное

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}S} \int_{-\infty}^x \exp\left[-\frac{(x-a)^2}{2S^2}\right] dx; \quad (1)$$

логарифмическое

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}S_y} \int_{-\infty}^y \exp\left[-\frac{(y-a_y)^2}{2S_y^2}\right] dy; \quad (2)$$

двухпараметрическое распределение Вейбулла

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{C}\right)^m\right], \quad (3)$$

где x – характеристики свойств материала, $y = \log x$, a , a_y , S , S_y , C , m – параметры распределений.

Очевидно, что нормальный и логарифмический закон распределения для решения подобных задач неприемлем, так как они не исключают наличия образцов с отрицательной характеристикой свойств, что, конечно, невозможно.

Вместе с тем, результаты исследования и статистического анализа параметров трещиностойкости конструкционных сталей и анализ соответствия распределения по критерию Колмогорова-Смирнова показали, что наиболее приемлемым для описания характеристик трещиностойкости рассматриваемых сталей является закон распределения Вейбулла. Причем данное распределение наилучшим образом подходит и с физической точки зрения [3, 4].

В связи с вышеуказанным, в разрабатываемой методике оценки поврежденности конструкционных сталей с учетом длительности эксплуатации за основу функций распределения принято двухпараметрическое распределение Вейбулла-Гнеденко [5].

В двухпараметрической функции распределения Вейбулла-Гнеденко (2.3) параметр b имеет смысл коэффициента гомогенности, отражающий степень рассеяния характеристик исследуемого механического свойства.

Коэффициент гомогенности определяется по формуле Гумбеля [6], которая записывается в виде

$$m = 0,4343d_n \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\lg x_i - \lg \bar{x})^2 \right]^{-\frac{1}{2}}, \quad (4)$$

где d_n - коэффициент зависящий от числа n измерений, n – число измерений, которая должна быть не менее 15, x_i – значение исследуемой характеристики свойств материала по i -му измерению, \bar{x} – среднее значение исследуемой характеристики свойств материала по результатам n – измерений.

В формуле (4) $\lg \bar{x}$ вычисляется по формуле

$$\lg \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg x_i, \quad (5)$$

Определяя, таким образом, показатель степени разброса значения исследуемого свойства материала можно будет судить о степени деградации и поврежденности материала с учетом различных факторов.

При этом большим значениям коэффициента гомогенности Вейбулла соответствует низкий уровень рассеяния характеристик исследуемого свойства и, следовательно, неизменность структурного состояния материала, а меньшим значениям коэффициента, наоборот – высшая степень деградации свойств и поврежденности конструкционного материала.

Описанная выше идея может быть использована при исследовании старения, деградации и изменения структуры конструкционного материала при действии различных факторов эксплуатационного и климатического характера, когда выявление

определяющего фактора невозможно, а также, может послужить основой для разработки инженерных методик оценки повреждаемости, длительной прочности и долговечности машин и механизмов.

Предложим следующую структурную схему методики оценки поврежденности конструкционного материала с учетом длительности эксплуатации, основанной на данной идее.

Методика оценки поврежденности деталей машин, оборудования и элементов конструкций с учетом длительности эксплуатации предлагается проведение следующих этапов:

1. Задаются технологические параметры работы машины, степень опасности, доверительная вероятность оценки γ , ошибки при испытании образцов δ , геометрические размеры.

2. Определяется марка исследуемой конструкционной стали и его механические свойства: σ_b – предел временного сопротивления, σ_T – предел текучести, ψ – относительное сужение в исходном состоянии по ГОСТ 1497-84.

3. Выбирается коэффициент вариации измерения v по ГОСТ 27.502-83. В зависимости от коэффициента вариации измерения v , доверительной вероятности оценки γ и отклонения ошибки измерения δ определяется минимальное число измерений n .

4. Проводятся измерения и определяются показатели твердости конструкционного материала в исходном состоянии и после эксплуатации испытаниями гладких образцов в зависимости от выбранного метода измерения по ГОСТ 9012-59* (СТСЭВ 468-88), ГОСТ 9013-59* и ГОСТ 2999-75.

5. Проводится статистическая обработка данных измерений твердости, определяются абсолютные значения твердости конструкционного материала в исходном состоянии и после эксплуатации. Строятся зависимости изменения абсолютных значений твердости от времени эксплуатации.

6. Определяется коэффициент гомогенности функций распределения Вейбулла-Гнеденко по формуле

$$m = 0,4343d_n \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\lg H_i - \lg \bar{H})^2 \right]^{-\frac{1}{2}}. \quad (6)$$

В формуле (6) коэффициент d_n определяется в зависимости от числа измерений n по таблицам РД 26-10-87 [7] или по графику в соответствии с рисунком 1.

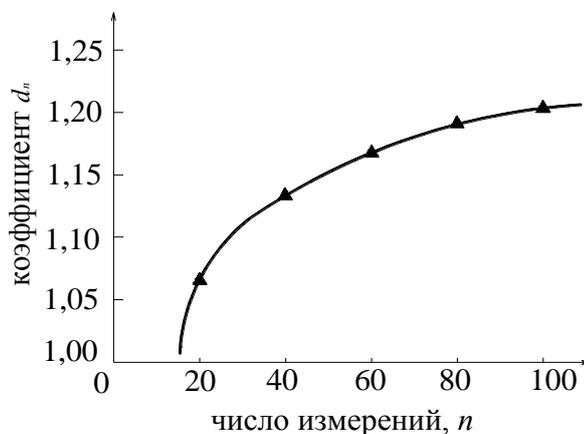


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента d_n от числа измерений n .

Среднее значение логарифмов твердости по результатам n измерений определяется из выражения:

$$\lg \bar{H} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg H_i, \quad (7)$$

где H_i – значение твердости по i -му измерению.

7. При большом разбросе значений твердости и коэффициента гомогенности, определенного по формуле (6), в качестве параметра, характеризующего повреждаемость металла, принимается относительная величина коэффициента гомогенности $m_{омн}$, который определяется из выражения:

$$m_{омн} = \frac{m_i}{m_{исх}}, \quad (8)$$

где m_i – значение коэффициента гомогенности, определенное по испытаниям на твердость эксплуатируемого конструкционного материала детали, $m_{исх}$ – значение коэффициента гомогенности, определенное по испытаниям на твердость конструкционного материала в исходном состоянии.

8. По результатам статистической обработки данных испытаний и определения коэффициента гомогенности распределения Вейбулла строится зависимость относительного коэффициента гомогенности $m_{омн}$ по твердости от длительности эксплуатации детали или элемента конструкций.

При этом большим значениям коэффициента гомогенности m соответствует низкий уровень рассеяния характеристик твердости и, следовательно, низкая степень поврежденности или изменения структуры металла, а меньшим значениям, наоборот, повышенная степень поврежденности металла.

9. Полученные зависимости «коэффициент гомогенности – время эксплуатации» аппроксимируются и оценивается кинетика поврежденности и структурных изменений исследуемого конструкционного материала с течением времени и делается прогноз.

Таким образом, можно заключить, что обычно применяемый метод твердости является не информативным к изменению структуры металла и поврежденности в процессе длительной эксплуатации. Более представительным в этом отношении может быть коэффициент гомогенности Вейбулла, определяемый по результатам массовых испытаний твердости с использованием формулы Гумбеля. Предлагаемый метод прост и может быть реализован непосредственно на испытываемой детали, оборудований или элементе конструкции.

Литература

1. Котречко С.А., Красовский А.Я., Мешков Ю.Я., Меттус Г.С., Полушкин Ю.А., Тороп В.М. Влияние длительной эксплуатации на вязкость трубной стали // Проблемы прочности. – 2002. - №6. - С. 21 -30.

2. Лякишев Н.П., Кантор М.М., Воронин В.Н., Тимофеев В.Н. и др. Исследование структуры металла газопроводов после их длительной эксплуатации // Металлы. - 2005. - №1. – С. 3-16.

3. Н.Блюмин А.А., Звездин Ю.И., Игнатов В.А., Тимофеев Б.Т., Филатов В.М. Применение критериев механики разрушения к оценке работоспособности крупногабаритных сосудов высокого давления // Проблемы прочности.-1987.-№6. - С.40-45.

4. Лыглаев А.В., Ларионов В.П. Оценка несущей способности трубопровода с применением критериев механики разрушения / В кн. тез.1.-го Международ. конгресса по разрушению материалов Индия, Нью-Дели, 1984. с. 39-42.

5. Weibull W. A statistical distribution function of wide applicability. J. Appl. Mech. 18:293-7, 1951.
6. Gumbel E.J. Statistical Theory of Extreme Values and some Practical Applications.- Washington: National Bureau of Standarts, 1954.-472 p.
7. РД 26.10-87 – Оценка надежности химического и нефтяного оборудования при поверхностном разрушении.

References

1. Katrechko SA Krasovskii AY, Meshkov YY, GS foederis Mettum Polushkin YA, Torop VM Effectus diu terminus operationis in viscositas ferrum tibia // Problematum fortitudinis. - 2002. - №6. - S. XXI -30.
2. Liakishev NP, Kantor M. Voronin VN Timofeev VN et al. Investigation structura metallum pipeline post diu terminus operationis // metalla. - 2005. - №1. - P. 3-16.
3. N.Blyumin AA Zvezdin Yu, Ignatov VA, Timofeev BT, Filatov VM Applicationem criteria pro fractura Mechanica aestimandis perficientur pressura magna vasa // Problematum prochnosti.-1987.-№6. -S.40-45.
4. Lyglaev A.B., Larionov VP Aestimatio criteria executio usura fractura pipeline Mechanica facultas erit. / caedem materiarum-ro tez.1. internationalem Indiae Dellium, MCMLXXXIV, p. 39-42.
5. VA Statistics et Weibull funktion distribution of-forma applikability. J. Apple. Gladio. XVIII: 293-7, MCMLI.
6. Gumbel E.Zh. Statistics et Teory extrema Values of-the Andean silurus Praktikal Applikations. Washington: National Bureau of-Latin, 1954. CDLXXII-p.
7. RD 26.10-87 - Sicurez Fiducia eget oleo et apparatu in superficie interitum.

УДК 648.13
UDC 648.13

ЛАКОКРАСОЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ КАЗАХСТАНА

COATING COVERING BASED ON KAZAKSTAN

**Абзалова Д., Кушеров К., Суендыкова К.
Abzalova D., Kuserov K., Suendikova K.**

Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, Шымкет,
Казахстан
M.Auezov Souh Kazahstan State University, Shymkent, Kazahstan

Резюме

Определяющую роль в развитии промышленности играют базовые отрасли индустрии, в том числе химия. В настоящее время основными задачами лакокрасочной промышленности являются повышение качества материалов и покрытий.

Лакокрасочные покрытия широко применяются для защиты промышленных изделий, металло-конструкций там, где имеет место интенсивное воздействие агрессивных сред на конструкционные материалы.

Одним из эффективных способов защиты аппаратов химического машиностроения, цехов химводоочистки являются полимерные покрытия.

Защита металлов и других конструкционных материалов от коррозии является важнейшей задачей и особенно на предприятиях химической промышленности, где оборудование и сооружения подвергаются наибольшему коррозионному разрушению. В отличие от других отраслей промышленности строительные конструкции и оборудование химических предприятий эксплуатируются в условиях постоянного воздействия жидких, паро- и газообразных, а также твердых агрессивных сред, выделяющихся на промежуточных и конечных стадиях технологического производства.

Проведены исследования антикоррозионных свойств покрытий на основе эпоксидно-новолачных композиций на основе ксилитана холодного режима отверждения.

Исследованы защитные свойства разработанных композиций на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана, отвержденного бензимидазолом. Подробно были исследованы лаки, содержащие различное количество катализатора, отвержденные при низких и, для сравнения, при высоких температурах.

Использованы различные методы исследования защитных свойств покрытий на основе лака ЭНБСк. В работе дано обоснование применения эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана как основы антикоррозионных композиций.

Abstract

Decisive role in the development of industry is played by basic industry fields, including chemistry. Nowadays, improving the quality of materials and covering is the primary task of paint-and-varnish industry.

Paint-and-varnish covering is used for industrial products', metal frameworks' protection, where the intensive affecting of corrosive medium for constructive materials exists.

One of the effective methods of machine's protection in chemical engineering industry, chemical water treatment plants is the polymeric covering. Protection of metals and other structural materials from corrosion is a major challenge, especially in the chemical industry, where the facilities are most liable to corrosive attack. Unlike other industries, building construction and equipment of chemical plants are operated under conditions of constant exposure to liquid, vapor and gases and solid corrosive environments evolved in the intermediate and final stages of the production.

The anticorrosive characteristics of covering, based on epoxy-novolac xylite block polymer cured at cold temperature by benzimidazole, are tested.

Furthermore, the protective characteristics of developed construction, based on epoxy-novolac xylite block polymer cured by benzimidazole, are studied. The lac varnishes, containing different quantity of catalyst, cured at low and, for comparison, at high temperatures, are investigated in detail.

The various research methods of protective properties of covering, on the basis of lac varnishes containing epoxy-novolac xylite block polymer, are used. The article has a proof for the use of epoxy-novolac xylite block polymer, as the basis of anticorrosive compositions.

Ключевые слова: покрытия, лаки, смола, агрессивная среда, композиция, свойства

Keywords: covering, lac varnish, resin, corrosive medium, composition, characteristics

Известен процесс получения нерастворимых и неплавких полимеров, обладающих трехмерностью, в результате реакции соединений с более высокой полифункциональностью, чем при реакции полимеризации двух функциональных соединений типа виниловых мономеров, такой как поликонденсация терефталевой

кислоты с этиленгликолем, при которых образуются линейные полимеры. Данное образование трехмерных полимеров обычно называют гелеобразование. В реакционных системах полифункциональных соединений при достижении определенной степени реакции происходит выделение нерастворимых веществ, что считается гелеобразованием или отверждением.

При отверждении количество функциональных групп, имеющих в основе реакции, и количество функциональных групп относительно величины молекул находятся во взаимосвязи со свойствами получаемых отвержденных материалов. В качестве отвердителя для ненасыщенных полиэфиров используют стироловый мономер, а в качестве отвердителя для эпоксидных смол используют полиамины. Отвердители оказывают большое влияние на свойства отвержденных материалов в зависимости от объема наполнения ими.

При использовании эпоксидных смол часто приходится выбирать среди различных систем, чтобы выбрать наиболее подходящую для данного конкретного случая, на практике наибольшее затруднение вызывает выбор отвердителя и возможного флексатора. Это затруднение особенно ощущается для случаев использования при температуре окружающей среды, при которой смола выполняет роль либо связующего вещества и покрывающего / например, при ремонте промышленных изделий из бетона/, либо защитного материала / для металлических сооружений, труб и т.д./.

Процесс отверждения покрытий на основе ЭНБС происходит при высокой температуре 200°C , что создает известные трудности при их использовании. Проблема снижения температуры и продолжительности отверждения являлась весьма важной. Ранее для получения композиций холодного режима отверждения использовали пиридин, но из-за его токсичности применение его затруднительно и ограничивает области применения композиций, поэтому, нами в работе использован катализатор ряда гетероциклических соединений-бензимидазол.

Интерес к этому классу соединений объясняется широким диапазоном областей применения различных производных бензимидазола. Известно использование бензимидазолов, полупродуктов для синтеза красителей, эмульгаторов, антиоксидантов и лекарственных препаратов в качестве биологически активных веществ и в ряде других областей. Особое внимание уделяется полимерам, содержащим в цепи бензимидазольные кольца и обладающие рядом уникальных свойств.

Для снижения температуры и сокращения времени отверждения в эпоксидные композиции вводят ускорители отверждения.

Новым направлением является использование для этих целей некоторых производных бензимидазола. Покрытия на основе ЭНБС ксилитана, содержащий данный катализатор, достигают необходимой полноты отверждения, которую определяли по содержанию гель-фракции на 5-7 сутки на холоду.

Подробно были исследованы лаки, содержащие различное количество катализатора, отвержденные при 20°C . Экспериментальные данные показали, что процентное содержание катализатора пропорционально степени отверждения. Необходимая полнота отверждения достигается на 5-7 сутки.

Исследование отверждения лака при повышенных температурах $80-140^{\circ}\text{C}$ позволяет сделать вывод о том, что отверждение может быть достигнуто за незначительное время (30 минут), но создает известные трудности применения этого метода в промышленных условиях.

Поэтому нами были проведены исследования покрытий холодного режима отверждения. Выбор катализатора и процентное его содержание в композиции определяется не только по режиму отверждения, но и зависит от согласования лучших физико-механических и защитных свойств покрытий.

Экспериментальные данные, полученные при изучении физико-механических свойств полученных покрытий, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Физико-механические свойства покрытий на основе ЭНБС ксилитана

свойства	марка лака			
	ЭНБСк-Б-1	ЭНБСк-Б-3-Т-20	ЭНБСк	ЭНБСкУ
толщина покрытия, мкм	100	100	100	100
прочность покрытия при ударе на приборе У1-А, кДж/м ²	4	4	5	4
прочность покрытия при изгибе по шкале ШГ, мм	1	1	2	3
твердость покрытия по маятниковому прибору типа М-3	0,93	0,95	0,83	0,83
адгезия по методу решетчатого надреза, балл	2	1	2	3

- ЭНБСк- отверждение при 180⁰С, τ=5 час.;
- ЭНБСкУ-отверждение уротропином при 80⁰С, τ=5 час.;
- ЭНБСк-Б-1- композиция на основе лака ЭНБСк с введением катализатора бензимидазола, цифра указывает процентное содержание катализатора к сухому остатку лака;
- ЭНБСк-Б-3-Т-20- композиция на основе лака ЭНБСк, отвержденная бензимидазолом с введением наполнителя TiO₂

Наряду с физико-механическими свойствами, стойкость к внешним воздействиям является главным показателем определяющим качество лакокрасочных покрытий. Адгезионная прочность зависит от структурных особенностей и химических свойств полимеров.

Испытания проводились в лабораторных условиях при комнатной температуре. Исследования химической стойкости покрытий на основе лаков ЭНБСк в различных агрессивных средах проводили в течение длительных сроков (среды обновлялись через каждые 500 часов испытаний)

Оценка качества покрытий и их антикоррозионных свойств производилась по четырехбалльной системе с учетом набухания.

Таблица 2. Система оценки химической стойкости покрытия

балл	оценка	изменение внешнего вида покрытия после экспонирования в агрессивной среде
1	весьма стойкое	без изменений
2	стойкое	незначительные изменения по цвету, потеря блеска
3	условно стойкое	набухание и образование вздутий или частичное растрескивание без коррозии металла под покрытием
4	нестойкое	Отслоение и разрушение покрытия, коррозия металла под ним

Полученные данные позволяют утверждать, что коррозионная стойкость покрытий в основном оставалась на высоком уровне.

Выводы:

1. Изучены технологические свойства катализированных лаков и установлены оптимальные режимы отверждения покрытий при низких температурах: эпоксидно-

новолачный лак на основе ксилитана, отвержденный бензимидазолом в процентном соотношении от 5 до 15.

2. Отверждение проводили при 20^{0С} в течение 5-7 суток.
3. Исследованы защитные свойства полученных покрытий.
4. Установлена возможность использования разработанного состава для защиты оборудования и металлоконструкций.

УДК 624.131; 539.215
UDC 624.131; 539.215

МЕТОД РАСЧЕТА БАЛОК НА НЕПРЕРЫВНО НЕОДНОРОДНОМ ОСНОВАНИИ

METHOD OF CALCULATION OF BEAMS ON CONTINUOUSLY NON-UNIFORM BASIS

Дасибеков А., Абдрашев С.Ж., Мырзалиев Д.С., Байжанов А.
Dasibekov A., Abdrashev S.Zh., Myrzaliyev D.S., Bayzhanov A.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан

M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

Резюме

В данной работе рассмотрим изгиб упругоползучей балки – полоски толщиной h , длиной $2l$, и шириной равной единице, которая находится под действием заданной нагрузки распределенной равномерно по любой линии вдоль плиты и по произвольному закону $q(x, t)$ поперек плиты.

Свойства ползучести материала плиты и основания описаны теорией упругоползучего тела Маслова Г.Н. – Арутюняна Н.Х. Коэффициент упругой поперечной деформации считается постоянным во времени $\mu^*(t, \tau) = \mu(t) = \mu = \text{const}$. Модули упругости плиты и основания изменяются по степенному закону.

Для аппроксимации закона распределения реактивных давлений использованы полиномы Гегенбауэра. Они использованы для решения задачи об изгибе балочной плиты, нагруженной обратно – симметричной нагрузкой, которая является одной из актуальной задачей механики деформируемого тела. В этом случае используемый ряд будет включать в себя только нечетные полиномы Гегенбауэра. При этом заданная нагрузка состоит из сил P , приложенных к концам балки. На основании полученных результатов приходим к выводу, что учет процесса деформирования во времени материала плиты и грунтов оснований оказывает существенное влияние на распределение усилий. При этом фактор времени приводит к увеличению расчетных значений внутренних усилий.

Abstract

In this work we will consider a bend of an uprugopolzuchy beam – a strip thickness, length, and width to equal unit which is under the influence of the set loading distributed evenly on any line along a plate and under any law across a plate.

Properties of creep of material of a plate and the basis are described by the theory of an

uprugopolzuchy body of Maslov G. N. – Arutyunyana N. H. Koeffitsiyent of elastic cross deformation is considered constant in time Modules of elasticity of a plate and basis change under the sedate law.

For approximation of the law of distribution of jet pressure Gegenbauer's polynoms are used. They are used for the solution of a task on a bend of the frame plate loaded back – symmetric loading which is one of an actual problem of mechanics of a deformable body. In this case the used row will include only odd polynoms of Gegenbauer. Thus the set loading consists of forces applied by the ends of a beam. On the basis of the received results we come to a conclusion that the accounting of process of deformation in time of material of a plate and soil of the bases has essential impact on distribution of efforts. Thus the factor of time leads to increase in calculated values of internal efforts.

Ключевые слова: напряжение, деформация, плита, неоднородность, ползучесть, полином, интеграл.

Keywords: tension, deformation, plate, heterogeneity, creep, polynom, integral.

При проектировании фундаментов на сплошном грунтовом основании большую роль играет выбор расчетной модели массива грунта. В связи с этим, рассматриваются различные модели грунтовых оснований для вычисления контактного давления, отражающего реальное напряженно-деформированное состояние грунтового массива. К таким моделям основания относятся слой ограниченной толщины и ширины, полуплоскость или полупространство, модель местных упругих деформаций, полупространство с изменяющимися характеристиками по глубине. Эти модели совершенно по-разному распределяют внешние нагрузки, приложенные на систему, и влияют на контактные напряжения.

Природа деформации грунтов основания весьма сложна. Учесть природные механические свойства грунтов практически полностью нельзя. Следовательно, приходится вводить некоторую схематизацию механических процессов, протекающих в грунтах. Это связано с выбором некоторой расчетной модели, описывающей данной процесс, что является важным этапом проектирования любой конструкции на грунтовом основании. При этом от степени соответствия модели реальному состоянию основания зависит степень достоверности расчета, следовательно, от этого зависит надежность, долговечность и стойкость самого сооружения.

В связи с этим внимание многих исследователей начали привлекать модель основания в виде непрерывно неоднородной среды. Это связано с изменением модуля деформации уплотняемой среды в зависимости от глубины. Такая модель впервые дана Клейном Г.К.[1]. Он предложил учитывать вместо постоянного переменного по глубине модуля деформации, т.е. изменяющегося с глубиной по какому-либо закону. Модель Клейна при правильном выборе расчетных параметров хорошо приближает расчетные данные к действительности.

Модель Клейна использовалась при решении контактных задач. Она стала основой многих работ [2-7]. При этом Клейн Г.К. показал, что учет неоднородности основания по глубине приводит к существенному снижению величины расчетных изгибающих моментов. Баршевский Б.Н., сравнивая результаты расчета осадок сооружений, отметил, что расчет по модели основания с переменным модулем упругости в большинстве случаев дает значение осадки, близкое к наблюдаемой осадке в натурных условиях.

Однако модель неоднородного основания недостаточно широко используется на практике. Это в основном из-за отсутствия инженерного метода расчета конструкций, лежащих на неоднородном грунтовом основании.

Метод расчета балок, лежащих на упругом непрерывно неоднородном основании, развил Ширинкулов Т.Ш. Он использовал полиномы Гегенбауэра для аппроксимации закона распределения реактивных давлений. Причем, его исследования показали, что в

большинстве случаев достаточно ограничиваться можно двумя или тремя членами разложения. Представляем это так, изгиб балочных плит происходит по цилиндрической поверхности, и тогда расчет таких плит заменяется расчетом балки-полоски шириной, равной единице.

В связи с этим рассмотрим изгиб упругоползучей балки – полоски толщиной h , длиной 2ℓ , и шириной равной единице, которая находится под действием заданной нагрузки распределенной равномерно по любой линии вдоль плиты и по произвольному закону $q(x, t)$ поперек плиты.

Свойства ползучести материала плиты и основания пусть будет описаны теорией упругоползучего тела Маслова Г.Н. – Арутюняна Н.Х.[8]. Коэффициент упругой поперечной деформации считаем постоянным во времени $\mu^*(t, \tau) = \mu(t) = \mu = \text{const}$. Модули упругости плиты и основания изменяются по закону

$$\left. \begin{aligned} E(t, z) &= E_m(t)z^m \\ C(t, \tau, z) &= C_m(t, \tau)z^{-m} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Здесь $C_m(t, \tau)$, $E_m(t)$ – соответственно мера ползучести и модуль деформации на глубине $z = 1$, m – показатель неоднородности.

Решение данной задачи сводится к решению системы трех уравнений

$$(1 + R^*) \frac{D(t)}{\ell^4} \frac{\partial^4 W^*(x, t)}{\partial x^4} = q(x, t) - P^*(x, t), \quad (2)$$

где R^* – интегральный оператор вида:

$$R^* f = \frac{1}{E(t)} \int_{\tau_1}^t R(t, \tau) E(\tau) f(\tau) d\tau, \quad (3)$$

$R(t, \tau)$ – резольвента ядра $K(t, \tau)$, т.е. ядра последействия по Арутюняну Н.Х.:

$$\hat{E}(t, \tau) = E(t) \frac{\partial}{\partial \tau} \left[\frac{1}{E(\tau)} + \tilde{N}(t, \tau) \right] = E(t) \frac{\partial}{\partial \tau} [\delta(t, \tau)], \quad (4)$$

где $\delta(t, \tau)$ – полная относительная деформация от единичного напряжения; $\tilde{N}(t, \tau)$ – мера ползучести.

$$P^*(\delta, t) = \frac{1}{\sqrt{(1-x^2)^{1-m}}} \sum_{n=0}^{\infty} A_n^*(t) C_n^{\frac{m}{2}}(x). \quad (5)$$

Здесь $\tilde{N}_n^{\frac{m}{2}}(x)$ – полиномы Гегенбауэра, т.е. они, представляются так:

$$C_i^{\frac{m}{2}}(x) = \sum_{j=0}^{\lfloor \frac{i}{2} \rfloor} \frac{(-1)^j 2^{j-2j} \tilde{A}\left(\frac{m}{2} + i - j\right)}{\tilde{A}\left(\frac{m}{2}\right) j!(i-2j)!} x^{i-2j}. \quad (6)$$

Кроме уравнений (2),(5) при (3),(4),(6) должно выполняться условие равновесия плиты и граничные условия рассматриваемой задачи, т.е.

$$W(x, t) \equiv V(x, t). \quad (7)$$

Выражение (5) подставив в (2), находим:

$$(1 - R^*) \frac{D(t)}{l^4} \frac{\partial^4 W^*(x, t)}{\partial x^4} = q(x, t) - \frac{1}{\sqrt{(1-x^2)^{1-m}}} \sum_{n=0}^{\infty} A_n(t) C_n^{\frac{m}{2}}(x) \quad (8)$$

Уравнение (8) приводим к виду:

$$\frac{\partial^4 W^*(x, t)}{\partial x^4} = \frac{l^4}{D} (1 + K^*) \left[q(x, t) - \frac{1}{\sqrt{(1-x^2)^{1-m}}} \sum_{n=0}^{\infty} A_n(t) C_n^{\frac{m}{2}}(x) \right] \quad (9)$$

$$\text{Тогда } \frac{\partial^3 W^*(x, t)}{\partial x^3} = \frac{l^4}{D} \left[C_1 + f_q^1 - \sum_{n=0}^{\infty} A_n(t) f_n^1(x) \right], \quad (10)$$

$$\text{где } f_q^1(x, t) = q(x, t); \quad f_n^1(x) = \frac{C_n^{\frac{m}{2}}(x)}{\sqrt{(1-x^2)^{1-m}}}.$$

Из (10) находим:

$$\frac{\partial^2 W^*(x, t)}{\partial x^2} = \frac{l^4}{D} \left[C_1 x + C_2 + f_q^{11} - \sum_{n=0}^{\infty} A_n(t) f_n^{11}(x) \right], \quad (11)$$

$$\text{где } f_q^{11}(x, t) = q(x, t); \quad f_n^{11}(x) = \frac{C_n^{\frac{m}{2}}(x)}{\sqrt{(1-x^2)^{1-m}}}.$$

Тогда аналогичным образом из (11) получим

$$\frac{\partial W^*(x, t)}{\partial x} = \frac{l^4}{D} \left[C_1 \frac{x^2}{2} + C_2 x + C_3 + f_q^{111} - \sum_{n=0}^{\infty} A_n(t) f_n^{111}(x) \right], \quad (12)$$

$$\text{где } f_q^{111}(x, t) = q(x, t); \quad f_n^{111}(x) = \frac{C_n^{\frac{m}{2}}(x)}{\sqrt{(1-x^2)^{1-m}}}.$$

Обе части уравнения (12) проинтегрируем еще раз по x , тогда:

$$W^*(x, t) = \frac{l^4}{D} f_q(x, t) \left[C_1 \frac{x^3}{6} + C_2 x + C_3 x + \frac{x^2}{2} + C_4 - \sum_{n=0}^{\infty} A_n(t) f_n(x) \right] \quad (13)$$

$f_q(x, t), f_n(x)$ - частные интегралы:

$$f_q^{IV}(x, t) = q(x, t); \quad f_n^{IV}(x) = \frac{C_n^{\frac{m}{2}}(x)}{\sqrt{(1-x^2)^{1-m}}}.$$

Таким образом, для общего случая при помощи выражений (9)-(13) можно определить все искомые величины. Используя тождество (7) для определения неизвестных коэффициентов $A_n^*(x)$, получаем необходимое число интегральных уравнений Вольтера второго рода.

Задача об изгибе балочной плиты, нагруженной обратно – симметричной нагрузкой является одной из актуальной задачей механики деформируемого тела. В этом случае ряд (5) будет включать в себя только нечетные полиномы Гегенбауэра. Предположим, что заданная нагрузка состоит из сил P , приложенных к концам балки.

Выражение для прогиба плиты (13) в этом случае можно представить в виде:

$$W(x, t) = \frac{\ell^4}{6D(t)} \times \left[-(1 - K^*) \frac{P}{\ell} x^3 + 6(1 - K_0^*) G(t) x - \right. \\ \left. \times -(1 - K^*) \sum_{n=0}^{\infty} A_{2n+1}(t) f_{2n+1}(x) \right]. \quad (14)$$

Для изгибающего момента и поперечной силы соответственно получаем:

$$M_x(x, t) = (1 + R^*) \frac{D(t)}{\ell^2} \frac{\partial^2 W(x, t)}{\partial x^2} = -\ell^2 \left[\frac{P}{\ell} x + \frac{1}{6} \sum_{n=0}^{\infty} A_{2n+1}(t) f_{2n+1}''(x) \right], \quad (15)$$

$$Q_x(x, t) = -(1 + R^*) \frac{D(t)}{\ell^2} \frac{\partial^3 W(x, t)}{\partial x^3} = -\ell \left[\frac{P}{\ell} + \frac{1}{6} \sum_{n=0}^{\infty} A_{2n+1}(t) f_{2n+1}'''(x) \right], \quad (16)$$

где $f_1(x) = -\frac{3\tilde{A}(m+1)\tilde{A}\left(\frac{m+1}{2}\right)}{\tilde{A}(m)\tilde{A}\left(\frac{m+3}{2}\right)} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k (1+m) \dots (m-2k+3)}{2^k k! (2k+1)(2k+2)(2k+3)} x^{2k+3}, \quad (17)$

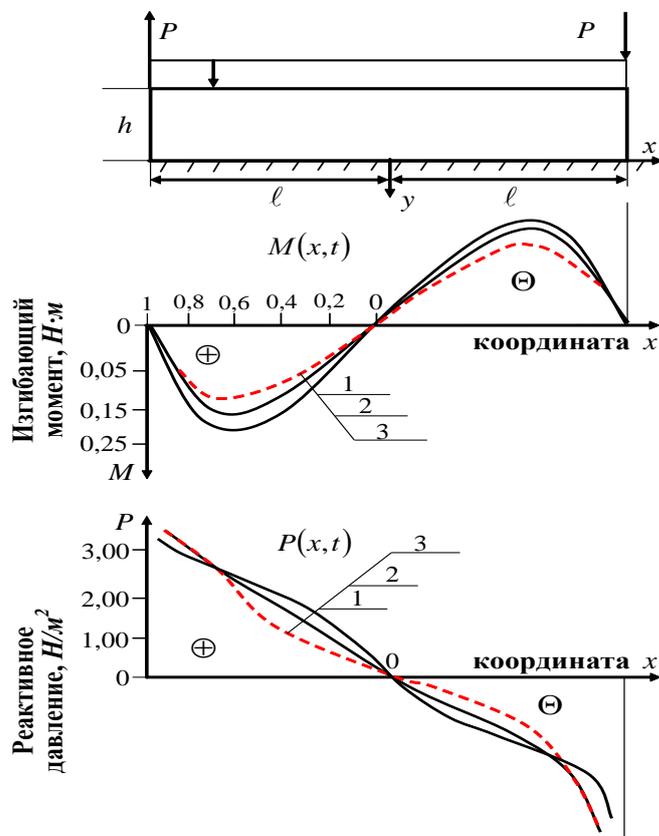
$$f_3(x) = -\frac{\tilde{A}(m+3)\tilde{A}\left(\frac{m+1}{2}\right)}{8\tilde{A}(m)\tilde{A}\left(\frac{m+7}{2}\right)} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^k (m+5) \dots (m-2k+7)}{2^k k! (2k+1)} x^{2k+1}, \quad (18)$$

$$f_5(x) = \frac{(m+9)\tilde{A}(m+5)\tilde{A}\left(\frac{m+1}{2}\right)}{640\tilde{A}(m)\tilde{A}\left(\frac{m+11}{2}\right)} \left[(1-x^2)^{\frac{m+7}{2}} - 1 \right] x. \quad (19)$$

$$f_{2n+1}(x) = -\frac{3\tilde{A}(m+2n+1)\tilde{A}\left(\frac{m+1}{2}\right)}{2^n \tilde{A}(m)\tilde{A}\left(\frac{3+m}{2} + 2n\right) (2n+1)!} \times \\ \times \left\{ \frac{d^{2n-3} (1-x^2)^{2n+\frac{1+m}{2}}}{x dx^{2n-3}} - \left[\frac{d^{2n-3}}{dx^{2n-3}} (1-x^2)^{2n+\frac{1+m}{2}} \right]_{x=0} \right\}. \quad (20)$$

Для определения влияния свойства неоднородности и ползучести материала плиты и основания на значения расчетных величин рассмотрено на конкретном примере. Для этого рассмотрим расчет полосы длиной $2\ell = 10\text{ м}$, высотой $h = 0,6\text{ м}$, лежащей на упругоползучем неоднородном основании. Пусть по концам этой балки

приложены две равные обратно направленные, сосредоточенные силы P . На рисунке 1 для $m=0,5$ приведены эпюры $M(x, t)$ и $Q(x, t)$..



1) $t = \tau$; 2) $\tau_1 = 14, t = 180$; 3) $\tau_1 = 14, t = 360$ (t, τ в сутках).

----- - решение упруго-мгновенной задачи;
 ————— - решение упругоползучей задачи.

Рисунок 1 – Эпюры $M(x, t)$ и $Q(x, t)$.

На основании результатов рассмотренного примера приходим к выводу, что учет процесса деформирования во времени материала плиты и грунтов оснований оказывает существенное влияние на распределение усилий. При этом фактор времени приводит к увеличению расчетных значений внутренних усилий.

Литература

1. Клейн Г.К. Учет неоднородности, разрывности деформаций и других механических свойств грунта при расчете сооружений на сплошном основании. /Тр. МИСИ им. В.В.Куйбышева. -М.: -1956.-С.57-65.
2. Баршевский Б.Н. Об определении характеристик деформируемой оси грунта, рассматриваемого как непрерывно неоднородная по глубине среда //Основания, фундаменты и механика грунтов. -1969.-№1. -С.46-58.
3. Ширинкулов Т.Ш. Методы расчета конструкций на сплошном основании с учетом ползучести. -Ташкент: Фан, 1969.-157с.
4. Ширинкулов Т.Ш. Расчет конструкций на неоднородном основании. - Ташкент: ФАН, 1972. -274 с.

5. Ширинкулов Т.Ш., Абильмаженов Т.Ж., Дасибеков А., Ширинкулов К.Т. Изгиб трехслойных железобетонных пластин на упругоползучем основании //Материалы Международной научно - технической конференции «Механика деформируемого твердого тела».-Самарканд, 2007.-С.237-242.

6. Ширинкулов Т.Ш., Ширинкулов К.Т., Дасибеков А.Д., Уралов Б.К. Изгиб составных упруго - вязким линейно - деформируемым основанием // Механика и моделирование процессов технологии. -2004. -№1.-С.17-21.

7. Ширинкулов Т.Ш., Уралов Б.К., Дасибеков А.Д. Расчет на изгиб упругоползучих тонких трехслойных плит на деформируемом основании //Наука и образование Южного Казахстана. -2008.-№ 1 (66).-С.161-167.

8. Арутюнян Н.Х. Некоторые вопросы теории ползучести.-М.: Гостехтеориздат, 1952.-371с.

References

1. Klein G. K. The accounting of heterogeneity, discontinuity of deformations and other mechanical properties of soil at calculation of constructions on the continuous basis. / Tr. MISI of V.V.Kuybyshev. - М.: -1956. - Page 57-65.

2. Barshevsky B. N. About definition of characteristics of a deformable axis of the soil considered as Wednesday, continuously non-uniform on depth, //the Bases, the bases and mechanics of soil.-1969.-№1. - Page 46-58.

3. Shirinkulov T.Sh. Methods of calculation of designs on the continuous basis taking into account creep. - Tashkent: Fan, 1969. - 157s.

4. Shirinkulov T.Sh. Calculation of designs on the non-uniform basis. - Tashkent: FAN, 1972.-274 pages.

5. Shirinkulov T.Sh., Abilmazhenov T.Zh., Dasibekov A., Shirinkulov K.T. Izgib of three-layer ferroconcrete plates on the uprugopolzuchy basis//Materials Mezhunarodna scientifically - the technical conference "Mechanics of a Deformable Solid Body". - Samarkand, 2007. - Page 237-242.

6. Shirinkulov T.Sh., Shirinkulov K.T., Dasibekov A.D., Uralov B. K. Izgib of the compound is elastic - viscous linearly - the deformable basis//Mechanics and modeling of processes of technology.-2004.-№1. - Page 17-21.

7. Shirinkulov T.Sh., Uralov B. K., Dasibekov A.D. Calculation on a bend the uprugopolzuchikh of thin three-layer plates on the deformable basis//Science and education of Youzhny of Kazakhstan.-2008.-№ 1 (66). - Page 161-167.

8. Arutyunyan N. H. Some questions of the theory of creep. - М.: Gostekhtheorizdat, 1952. - 371s.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ ПРИ НАРУЖНОМ БЕСЦЕНТРОВОМ ШЛИФОВАНИИ

DESIGN OF TEMPERATURE PAUL ON SURFACE OF DETAIL AT OUTWARD CENTERLESS GRINDING

Кади́ров Н.А., Ари́нова Д.Б., Сейха́нов А.М.
Kadirov N.A., Arinova D.B., Seykhanov A.M.

ЮКГУ им. М.Ауезова, г.Шымкент, Республика Казахстан
M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
Kadirov_Nurdaulet@mail.ru

Резюме

При шлифовании, в зависимости от принятой кинематической схемы и конструкции инструмента, соотношения скоростей резания, продольной и поперечной подачи, на обработанной поверхности формируется различный микрорельеф. Получаемые поверхности обладают и различными эксплуатационными показателями. В наибольшей степени эксплуатационным требованиям удовлетворяют поверхности, имеющие изотропный микрорельеф.

Формирование изотропного микрорельефа, как правило, происходит за счет совершенствования кинематики процесса. В этой связи актуальными являются направления научных исследований, заключающиеся в разработке способов и технологий, основанных на введении в зону резания дополнительных движений (вынужденных осцилляций). Кроме того, введение в зону резания вынужденных осцилляций способствует увеличению толщины среза единичным абразивным зерном, что приводит к сокращению времени обработки и, как следствие, повышению производительности.

Abstract

At polishing, depending on the accepted kinematics chart and construction of instrument, correlation of cutting speeds, longitudinal and transversal serves, on a treat surface different microrelief is formed. The got surfaces possess different operating indexes. In a most degree surfaces having isotropic microrelief satisfy operating requirements.

Forming of isotropic microrelief, as a rule, takes place due to perfection of kinematics of process. In this connection actual are directions of scientific researches, consisting in development of the methods and technologies, based on introduction to the zone of cutting of additional motions (force oscillations). In addition, introduction to the zone of cutting of force oscillations assists the increase of thickness of cut single abrasive grain, that results in reduction of time of treatment and, as a result, increase of the productivity.

Возрастающая роль финишных методов обработки обостряет технологическую проблему, связанную с необходимостью их совершенствования. Одним из перспективных направлений в разрешении проблемы является повышение эффективности использования шлифовальных кругов по ширине (по высоте), т. е. применение кругов с рациональной макрогеометрией. Часто производительность процесса и стойкость ограничивается локальным износом или потерей работоспособности отдельных участков рабочей поверхности круга. Значительный приработочный износ возникает при профильном врезном, глубинном и силовом

шлифовании и затачивании инструмента, обдирке. Уменьшение приработочного износа возможно за счет равномерного нагружения всей рабочей поверхности круга.

Одной из причин, ограничивающих величину допуска, снимаемого за один проход при наружном бесцентровом шлифовании, является опасность возникновения фазовых и структурных превращений в поверхностных слоях шлифуемых колец. Представляется важным определить максимальную величину припуска, который может быть снят в процессе каждого прохода, не вызывая при этом фазовые и структурные превращения в поверхностных слоях окончательно обработанных колец. Фазовые и структурные превращения, возникающие в поверхностных слоях шлифуемых изделий, обуславливаются высокими температурами, образующимися в зоне контакта режущего круга с кольцом. Отдельные зерна шлифовального круга работают как маленькие резцы. Время нагрева малого участка изделия до $900\text{—}1000^\circ$ составляет тысячные доли секунды. В следующее мгновение тепло быстро отводится в основную массу металла. Суммарное действие таких высокотемпературных очагов приводит к общему и, в некоторых случаях, значительному нагреву всего поверхностного слоя. Охлаждение шлифуемой детали жидкостями уменьшает общий нагрев поверхности, но не может заметно повлиять на скорость мгновенных нагревов и охлаждений поверхности, так как основная часть тепла отводится внутрь самого изделия [1].

Известно, что при грубом шлифовании изделий закаленная сталь при обработке шлифовальным кругом испытывает своеобразную закалку на аустенит. При этом верхний закаленный слой лежит на слое сильно отпущенного металла, который по мере углубления постепенно переходит через все стадии отпуска в исходную структуру закалки. Следовательно, при шлифовании возникают чисто термические процессы - отпуск и закалка.

В настоящее время общепризнано, что при резании металлов, в частности, при шлифовании значительная часть механической энергии превращается в тепло. Также установлено, что основная масса тепла, развивающегося в месте контакта режущего круга с изделием, расходуется на нагревание изделия, значительно повышая температуру его поверхностных слоев.

Таким образом, можно сделать важные для практики выводы:

1. Шлифование следует рассматривать не только в качестве механического процесса, но и в качестве термического.

2. Изменение микроструктуры поверхностных слоев закаленных стальных изделий влечет за собой изменение их физико-механических свойств, что во многих случаях понижает долговечность и качество выпускаемой продукции.

3. Для повышения долговечности и качества изделий, обрабатываемых на шлифовальных станках, величина снимаемого за один проход припуска должна быть, в первую очередь, обусловлена тепловыми явлениями, возникающими при шлифовании.

При сквозном бесцентровом шлифовании наружных цилиндрических поверхностей колец подшипников тепло концентрируется в месте контакта режущего круга с кольцом. Перемещаясь со скоростью v_k , каждая точка поверхности кольца подвергается непрерывному тепловому воздействию в течение времени

$$t_0 = l/v_k, \quad (1)$$

где l — длина дуги контакта шлифуемого кольца с режущим кругом. Величина l может быть рассчитана по формуле, предложенной Е.Н. Масловым [2]

$$D = dt \quad (2)$$

где D — диаметр режущего круга, d — диаметр кольца, t — величина припуска, снимаемого за один оборот кольца. Так как ширина режущего круга значительно больше высоты кольца, то действие теплового импульса, возникающего в месте контакта круга с кольцом можно употребить действию неограниченного вдоль оси

мгновенного плоского сосредоточенного источника тепла, интенсивность q которого может быть определена как

$$q = Q/Hlt \quad (3)$$

Здесь Q — количество тепла, выделившегося на площадке контакта круга с кольцом, H — высота кольца.

Процесс распространения тепла от мгновенного сосредоточенного источника является местным и протекает в ограниченном объеме металла. Кроме того, при шлифовании колец, проходящих зону резания непрерывным потоком, градиент температуры с торцевой поверхности колец близок к нулю.

В силу сказанного температурное поле в кольце, возникшее от воздействия мгновенного плоского источника тепла, будет одномерным, и дифференциальное уравнение теплопроводности запишется в виде:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \quad (4)$$

В уравнении (4) коэффициент является коэффициентом температуропроводности, характеризующим скорость выравнивания температуры при нестационарной теплопроводности

$$\alpha = l/cg, \quad (5)$$

где — коэффициент теплопроводности, c — удельная теплоемкость, g — удельный вес.

Для расчета процесса распространения тепла в кольце кроме дифференциального уравнения теплопроводности (4) необходимо задать краевые условия, т.е. начальное распределение температуры в кольце и условия теплообмена на его границах. В качестве начального распределения температуры в кольце примем, что температура кольца по всему сечению равна температуре окружающей среды. Ранее было принято, что температурное поле в кольце от действия мгновенного плоского источника тепла является одномерным, т.е. что изменение температуры будет происходить только вдоль оси z . Вырежем элемент кольца с параметрами H , l , d , где d — толщина кольца. Зададим граничные условия для верхней и нижней плоскостей рассматриваемого элемента, при этом кривизной поверхностей можно пренебречь в силу малости величины l .

Учитывая, что $a \ll l$, т.е., что коэффициент a значительно меньше коэффициента теплопроводности l ($a/l \ll 0$) и время t_0 составляет сотые доли секунды, можно принять верхние и нижние поверхности элемента в момент теплового импульса за адиабатические, т.е. за поверхности, не пропускающие тепло.

Задача определения температурного поля в элементе кольца, подвергшегося тепловому воздействию плоского источника тепла в течение времени t_0 , математически может быть поставлена следующим образом. Дано: дифференциальное уравнение временное краевое условие

$$T|_{t=0} = T_0, \quad (6)$$

где T_0 — температура окружающей среды, 1-ое граничное условие $(T/t)|_{t=0} = 0$, 2-ое граничное условие $(T/z)|_{z=d} = 0$. Следует определить температурную функцию $T = F(z, t)$. Процесс распространения тепла от источника Q с интенсивностью q в элементе объема кольца с непроницаемыми тепловыми плоскостями будем рассматривать как часть процесса распространения тепла от того же источника в неограниченном теле.

Используя метод дополнительных источников и принцип независимости действия распределенных источников, после ряда преобразований получим следующую зависимость для определения температурного поля в элементе объема кольца[3]:

$$T_{(\tau=\tau_0 \leq x \leq \sigma)} = \frac{q}{\lambda} \left\{ z \left[\Phi \left(\frac{z}{2\sqrt{\alpha\tau}} \right) - 1 \right] + (2\delta - z) \left[\Phi \left(\frac{2\delta - z}{2\sqrt{\alpha\tau}} \right) - 1 \right] + \left[\Phi \left(\frac{2\delta + z}{2\sqrt{\alpha\tau}} \right) - 1 \right] + \frac{2\sqrt{\alpha}}{\sqrt{\pi}} \left[\exp \left(-\frac{z^2}{4\alpha\tau_0} \right) + \exp \left(-\frac{(2\delta - z)^2}{4\alpha\tau_0} \right) + \exp \left(-\frac{(2\delta + z)^2}{4\alpha\tau_0} \right) \right] \right\} \quad (7)$$

Подставив в уравнение (2) $z=0$, получим выражение для максимальной контактной температуры на поверхности кольца:

$$T_{\max(\tau=\tau_0, x=0)} = \frac{2q}{\lambda} \left\{ 2\delta \left[\Phi \left(\frac{\delta}{\sqrt{\alpha\tau_0}} \right) - 1 \right] + \frac{\sqrt{\alpha\tau_0}}{\sqrt{\pi}} \left[1 + 2\exp \left(-\frac{\delta^2}{\alpha\tau_0} \right) \right] \right\} \quad (8)$$

Формула позволяет рассчитывать максимальную температуру на поверхности шлифуемого кольца, если известны числовые значения величин, входящих в правую часть выражения (3).

Литература

1. Ящерицын П.И. Технологическая наследственность и эксплуатационные свойства шлифованных деталей. — Минск: Наука и техника, 1971. — 212 с.
2. Маслов Е.Н. Теория шлифования металлов. — М.: Машиностроение, 1974. — 320 с.
3. Рыкалин Н.Н. Расчеты тепловых процессов при сварке. — М.: Машгиз, 1951. — 296 с.

References

1. Yashcheritsyn P.I. Tekhnologicheskaya nasledstvennost' i ekspluatatsionnye svoystva shlifovannykh detaley. — Minsk: Nauka i tekhnika, 1971. — 212 s.
2. Maslov E.N. Teoriya shlifovaniya metallov. — M.: Mashinostroenie, 1974. — 320 s.
3. Rykalin N.N. Raschety teplovykh protsessov pri svarke. — M.: Mashgiz, 1951. — 296

**АНИМАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ МЕХАНИЗМА В СИСТЕМЕ MAPLE
С ПОСТРОЕНИЕМ ЭПЮР ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ НА ЗВЕНЬЯХ
МЕХАНИЗМА**

**ANIMATION OF THE MOVEMENT OF THE MECHANISM IN MAPLE SYSTEM
WITH CREATION OF DIAGRAM OF INTERNAL EFFORTS ON MECHANISM'S
LINKS**

**М.У. Утепов, Н.М. Утепов, С.Т. Дузельбаев, С. К. Жилкибаева
M.U. Utenov, N.M. Utenov, S.T. Duselbayev, S.K. Zhilkibayeva**

Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, Алма-Ата, Казахстан
Al-Farabi Kazakh National university, Almaty, Kazakhstan
umu53@mail.ru

Резюме

В статье рассматривается новый аналитический метод определения внутренних усилий звеньев при действии на звенья стержневых механизмов распределенных поперечных и продольных инерционных нагрузок трапецеидального вида. Построена расчетная и дискретная модель исследуемого механизма. Получены для дискретной модели механизма вектор усилий в расчетных сечениях, матрицы коэффициентов уравнения динамического равновесия звеньев, силовой вектор для дискретной модели механизма и уравнения узлов через искомые величины в расчетных сечениях. По приведенному алгоритму составлены программы на MAPLE и получены в виде анимации интенсивности распределения поперечных и продольных инерционных нагрузок, изгибающих моментов, поперечных и продольных сил построенных на звеньях механизма четырехзвенного механизма.

Abstract

In article the new analytical method of definition of internal efforts of links is considered at action on links of rod mechanisms of the distributed cross and longitudinal inertial loadings of a trapezoidal look. The settlement and discrete model of the studied mechanism is constructed. Matrixes of coefficients of the equation of dynamic balance of links, a power vector for discrete model of the mechanism and the equation of knots through required sizes in settlement sections are received for discrete model of the mechanism a vector of efforts in settlement sections. On the given algorithm programs on MAPLE are made and received in the form of animation of intensity of distribution of the cross and longitudinal inertial loadings, the bending moments, cross and longitudinal forces constructed on links of the mechanism of the four-tier mechanism.

Ключевые слова: механизм, динамика, матрица аппроксимации, расчетная модель, дискретные модели, анимация, внутренние усилия.

Keywords: mechanism, dynamics, approximation matrix, settlement model, discrete models, animation, internal efforts.

Во время движения стержневых механизмов в его звеньях появляются распределенные инерционные силы сложного характера. Интенсивность распределения инерционных сил вдоль звена зависит от распределения масс вдоль звена и от быстроменяющихся кинематических характеристик механизма.

Одним из факторов, приводящих звенья к напряженно-деформированному состоянию, являются инерционные силы. В работе [1], установлены закономерности распределения поперечных и продольных инерционных сил вдоль оси звена, возникающих от собственных масс звеньев с постоянными и линейно-изменяющимися сечениями, при их плоскопараллельном движении.

Для определения внутренних усилий каждого элемента механизма достаточно знать значения этих усилий в конечном числе сечений каждого из этих элементов [2]. Количество сечений, в которых необходимо знать значения внутренних усилий, определяются степенями полиномов внешних воздействий. Таким образом, внутренние усилия каждого континуального звена однозначно определяются набором внутренних усилий в отдельных его сечениях и матриц аппроксимаций, поэтому задача сводится к вычислению внутренних усилий в конечном числе сечений элементов. В результате чего приходим к дискретной модели упругого расчета звеньев стержневых механизмов.

Рассмотрим построение дискретной модели плоских стержневых механизмов на примере четырехзвенного механизма второго класса. Построим дискретную модель плоского четырехзвенного стержневого механизма, с постоянными сечениями звеньев.

Во время движения такого механизма в звеньях появляются поперечные и продольные, распределенные по осям звеньев, инерционные силы, трапецеидального вида. Прилагая к звеньям все действующие инерционные силы, силы тяжести звеньев, а также к ведущему звену неизвестный движущий момент, обеспечивающий заданный закон движения ведущего звена механизма, перейдем к конструкции, показанной на рис.1. Степень подвижности этой конструкций равна нулю. Далее, для удобства составления дискретной модели механизма и разрешающих уравнений, определяющих внутренние усилия в звеньях, разложим звенья механизма на два типа балок.

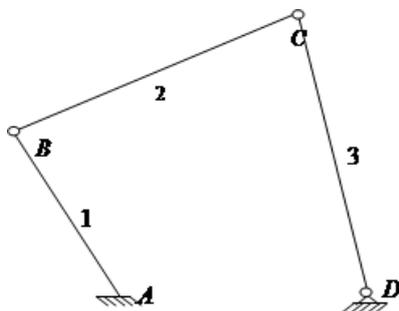


Рис. 1. Расчетная схема четырехзвенного механизма

Ведущее звено 1 рассмотрим как балку, один конец которой закреплен жестко, а другой конец шарнирно неподвижно (рис.2).



Рис. 2. Балка, один конец которой закреплен жестко, а другой конец - шарнирно неподвижно (второй тип балки)

Так как во время движения этого механизма по оси звеньев появляются поперечные и продольные распределенные нагрузки трапецеидального вида, то дискретная модель этого звена изображается схемой как показано на рисунке 3.

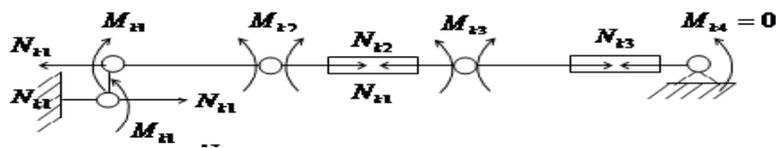


Рис. 3. Дискретная модель балки, при действии на балку распределенной нагрузки трапецеидального вида

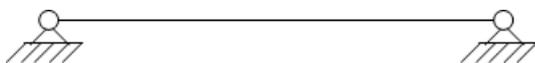


Рис. 4. Балка, оба конца которой закреплены шарнирно неподвижно

Звенья 2 и 3 рассмотрим, как балки, оба конца которой закреплены шарнирно неподвижно (рис.4.). При действии по оси поперечных и продольных распределенных нагрузок трапецеидальных видов на эти балки, дискретные модели этих балок выглядят схемой показанной как на рис.5.

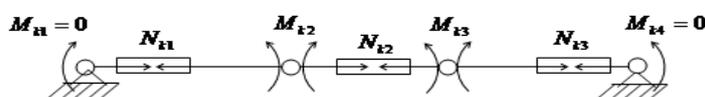


Рис. 5. Дискретная модель балки, при действии на балку распределенной нагрузки трапецеидального вида

Тогда дискретная модель рассматриваемой конструкции (рис.1.) изображается схемой как показано на рисунке 6.

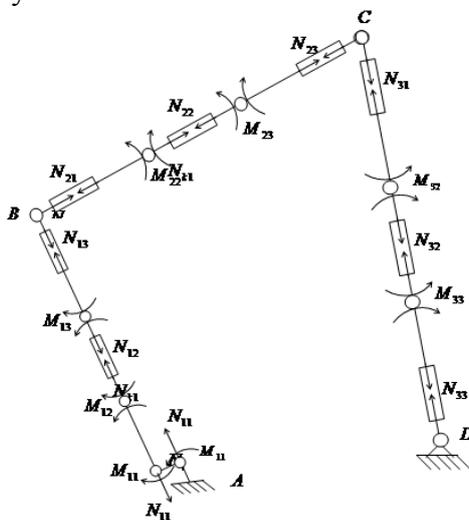


Рис. 6. Дискретная модель четырехзвенного механизма

Для построения вектора усилий в расчетных сечениях рассматриваемого механизма используем построенную дискретную модель. Из рисунка 6 можно увидеть все искомые величины, с помощью которых можно определить все внутренние усилия в любом сечении стержней механизма.

Для первого звена этого механизма вектор усилий в расчетных сечениях $\{S_1\}$ имеет следующие компоненты:

$$\{S_1\} = \{M_{11}, M_{12}, M_{13}, N_{11}, N_{12}, N_{13}\}^T. \quad (1)$$

Для второго и третьего звеньев рассматриваемого механизма вектора усилий в расчетных сечениях соответственно имеют следующие компоненты:

$$\{S_2\} = \{M_{22}, M_{23}, N_{21}, N_{22}, N_{23}\}^T; \quad (2)$$

$$\{S_3\} = \{M_{32}, M_{33}, N_{31}, N_{32}, N_{33}\}^T. \quad (3)$$

Для всей дискретной модели механизма вектор усилий в расчетных сечениях имеет вид:

$$\{S\} = \{\{S_1\}, \{S_2\}, \{S_3\}\}^T = \{M_{11}, M_{12}, M_{13}, N_{11}, N_{12}, N_{13}, M_{22}, M_{23}, N_{21}, N_{22}, N_{23}, M_{32}, M_{33}, N_{31}, N_{32}, N_{33}\}^T. \quad (4)$$

Матрицы коэффициентов уравнения динамического равновесия элементов 1,2,3 имеют соответственно следующие виды [3]:

$$[A_1] = \begin{bmatrix} -\frac{27}{l_1^3} & \frac{81}{l_1^3} & -\frac{81}{l_1^3} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{9}{2} & 9 & -\frac{9}{2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{4}{l_1^2} & -\frac{8}{l_1^2} & \frac{4}{l_1^2} \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$[A_2] = \begin{bmatrix} \frac{81}{l_2^3} & -\frac{81}{l_2^3} & 0 & 0 & 0 \\ 9 & -\frac{9}{2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{4}{l_2^2} & -\frac{8}{l_2^2} & \frac{4}{l_2^2} \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad [A_3] = \begin{bmatrix} \frac{81}{l_3^3} & -\frac{81}{l_3^3} & 0 & 0 & 0 \\ 9 & -\frac{9}{2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{4}{l_3^2} & -\frac{8}{l_3^2} & \frac{4}{l_3^2} \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Силовые вектора элементов 1,2,3 соответственно имеют виды:

$$\{F_1\} = \begin{Bmatrix} b_{1q} \\ -a_{1q} \frac{l_1^2}{2} - b_{1q} \frac{l_1^3}{6} \\ -b_{1n} \\ -a_{1n} l_1 - b_{1n} \frac{l_1^2}{2} \end{Bmatrix}; \quad \{F_2\} = \begin{Bmatrix} b_{2q} \\ -a_{2q} \frac{l_2^2}{2} - b_{2q} \frac{l_2^3}{6} \\ -b_{2n} \\ -a_{2n} l_2 - b_{2n} \frac{l_2^2}{2} \end{Bmatrix}; \quad \{F_3\} = \begin{Bmatrix} b_{3q} \\ -a_{3q} \frac{l_3^2}{2} - b_{3q} \frac{l_3^3}{6} \\ -b_{3n} \\ -a_{3n} l_3 - b_{3n} \frac{l_3^2}{2} \end{Bmatrix}. \quad (6)$$

Силовой вектор для дискретной модели механизма:

$$\{F\} = \left\{ b_{1q}, -a_{1q} \frac{l_1^2}{2} - b_{1q} \frac{l_1^3}{6}, -b_{1n}, -a_{1n} l_1 - b_{1n} \frac{l_1^2}{2}, b_{2q}, -a_{2q} \frac{l_2^2}{2} - b_{2q} \frac{l_2^3}{6}, -b_{2n}, -a_{2n} l_2 - b_{2n} \frac{l_2^2}{2}, \right.$$

$$b_{23}, -a_{3q} \frac{l_3^2}{2} - b_{3q} \frac{l_3^3}{6}, -b_{3n}, -a_{3n} l_2 - b_{3n} \frac{l_3^2}{2}, 0, 0, 0, 0 \}^T. \quad (7)$$

Запишем уравнения равновесия узлов B и C . Уравнения равновесия для таких узлов будет два. Уравнения равновесия узла B имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{9 \sin \theta_2}{l_2} M_{22} - \frac{9 \sin \theta_2}{2l_2} M_{23} + \cos \theta_2 N_{21} \\ - \frac{\sin \theta_{10}}{l_1} M_{11} + \frac{9 \sin \theta_{10}}{2l_1} M_{12} - \frac{9 \sin \theta_{10}}{l_1} M_{13} + \cos \theta_{10} N_{13} = 0; \\ - \frac{9 \cos \theta_2}{l_2} M_{22} + \frac{9 \cos \theta_2}{2l_2} M_{23} + \sin \theta_2 N_{21} + \\ \frac{\cos \theta_{10}}{l_1} M_{11} - \frac{9 \cos \theta_{10}}{2l_1} M_{12} + \frac{9 \cos \theta_{10}}{l_1} M_{13} + \sin \theta_{10} N_{13} = 0; \end{cases} \quad (8)$$

где $\theta_{10} = \arctg \frac{Y_A - Y_B}{X_A - X_B}$.

Аналогично запишем уравнения равновесия узла C рассматриваемого механизма:

$$\begin{cases} \frac{9 \sin \theta_{30}}{2l_3} M_{32} - \frac{9 \sin \theta_{30}}{l_3} M_{33} + \cos \theta_{30} N_{33} + \\ \frac{9 \sin \theta_{20}}{2l_2} M_{22} - \frac{9 \sin \theta_{20}}{l_2} M_{23} + \cos \theta_{20} N_{23} = 0; \\ - \frac{9 \cos \theta_{30}}{2l_3} M_{32} + \frac{9 \cos \theta_{30}}{l_3} M_{33} + \sin \theta_{30} N_{33} \\ - \frac{9 \cos \theta_{20}}{2l_2} M_{22} + \frac{9 \cos \theta_{20}}{l_2} M_{23} + \sin \theta_{20} N_{23} = 0; \end{cases}$$

где $\theta_{20} = \arctg \frac{Y_B - Y_C}{X_B - X_C}$; $\theta_{30} = \arctg \frac{Y_D - Y_C}{X_D - X_C}$.

По приведенному алгоритму составлены программы на MAPLE и получены в виде анимации интенсивности распределения поперечных и продольных инерционных нагрузок, изгибающих моментов, поперечных и продольных сил построенных на звеньях механизма четырехзвенника.

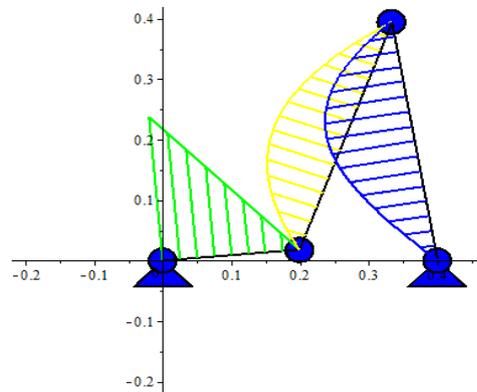


Рис. 7. Четырехзвенный механизм с постоянными сечениями звеньев второго класса с одним ведущим звеном, на звеньях которого построены эпюры изгибающих моментов

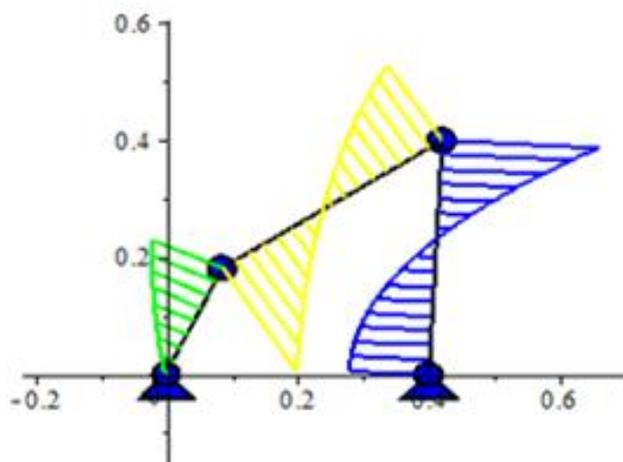


Рис. 8. Четырехзвенный механизм с постоянными сечениями звеньев второго класса с одним ведущим звеном, на звеньях которого построены эпюры поперечных сил

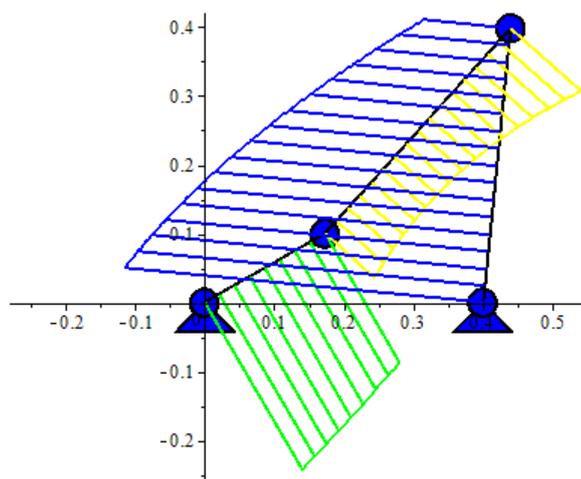


Рис. 9. Четырехзвенный механизм с постоянными сечениями звеньев второго класса с одним ведущим звеном, на звеньях которого построены эпюры продольных сил

Заключение. В статье предложен новый аналитический метод определения внутренних усилий в стержневых механизмах. Приведена расчетная схема и дискретная модель четырехзвенного механизма, при действии на его звеньев поперечных и продольных распределенных инерционных нагрузок трапецидального вида. Получены для дискретной модели механизма вектор усилий в расчетных сечениях, матрицы коэффициентов уравнения динамического равновесия звеньев, силовой вектор для дискретной модели механизма и уравнения узлов через искомые величины в расчетных сечениях звеньев. По приведенному алгоритму составлены программы на MAPLE и получены в виде анимации интенсивности распределения поперечных и продольных инерционных нагрузок, изгибающих моментов, поперечных и продольных сил построенных на звеньях механизма четырехзвенного механизма.

Литература

1. Утенов М.У. Исследования сил, возникающих от собственных масс звеньев с постоянными и переменными сечениями при их плоскопараллельном движении. Материалы первой международной научно-практической конференции: Транспорт Евразии: взгляд XXI век. 18-19 октября 2000г. - Т.2., Алматы: Издательство «БАСТАУ». - 2000.-С.30-34.

2. Утенов М.У. Матрица аппроксимации усилий элемента, подверженного действию распределенной нагрузки с интенсивностью параболического типа. Транспорт Евразии: взгляд в XXI век. Материалы первой Международной научно-практической конференции. 18-19 октября 2000г. -Т.2., -Алматы,-2000,-С.55-58.

3. Утенов М.У. Уравнения равновесия звена при плоскопараллельном движении. ВЕСТНИК Казахской Академии Транспорта и Коммуникаций. №2 [14].-2002,-С.28-33.

4. Чирас А.А. Строительная механика. – М.: Стройиздат, 1989. -255с.

References

1. M.U. Utenov. Researches of forces arising from own mass of links with constants and variable sections at their plane-parallel movement. Materials of the first international scientific and practical conference: Transport of Eurasia: a look in the XXI century. On October 18-19, 2000 - V.2., Almaty: BASTAU publishing house. - 2000. - p.30-34.

2. Utenov of M. U. Matrixes of approximation of efforts of an element subject to action of the distributed loading with intensity of parabolic type. Transport of Eurasia: a look in the XXI century. Materials of the first International scientific and practical conference. On October 18-19, 2000 - V.2., - Almaty,-2000, - p.55-58.

3. Utenov M. U. The equations of balance of a link at the plane-parallel movement. BULLETIN of the Kazakh Academy of Transport and Communications. No. 2 [14].-2002, - p.28-33.

4. Chiras A.A. Construction mechanics. – М.: Stroyizdat, 1989. – 255p.

ӘОЖ66-2
UDK 66-2

ЖҮЙЕЛІ ЖЫЛЖЫМАЛЫ ТҮТҚАМАЛЫ АППАРАТТАРДЫ ЕСЕПТЕУДІҢ НЕГІЗГІ ӘДІСТЕРІ

THE MAIN METHODS OF CALCULATIONS OF MOBILE DEVICES

Сейтханов А.М., Балтабаева Ш.Е., Тілеуова Ж.М., Кадиров Н.А.,
Seythanov A.M., Baltabaeva Sh.E., Tileuova J.M., Kadyrov N.A.,

М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент,
Қазақстан

M. Aueзов South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

azamat...@mail.ru, 94.shynar@mail.ru

Түйін

Жұмыстарда жүйелі жылжымалы тұтқамалы аппараттың гидродинамикалық заңдылықтарын зерттеу нәтижелері келтірілді. Жүйеді тұтқамалы аппараттың гидродинамикалық және құрылымдық сипаттамаларын есептеуге арналған өрнектер ұсынылды. Жүйелі жылжымалы аппараттардың барлық түрлері үшін ұсталған сұйық мөлшерін есептеуге энергетикалық ұстаным қабылданған және де бұл ұстанымның

мағынасы бір ұяшықтың элементар көлеміндегі бір өлшемді және орныққан қозғалыстағы газ ағыны энергиясының сақталу өрнегіне негізделген. Пластинаны дiрiлдеушi және айналмалы тұтқаманы үшiн, сондай-ақ сұйық бойынша үлкен жүктеменi қолдану жағдайына аналитикалық өрнек алынған.

Abstract

Work has been a systematic study of patterns of mobile tutqamalı apparatus test results. Tutqamalı of the proposed formulas for the calculation of hydrodynamic and structural characteristics of the machine. System for all types of mobile devices used in the power position qabıldanғанjänecalcula- amount of liquid in the elementary cell the same size and meaning of this concept is based on a well-established formula of a moving stream of gas energy conservation. Lamellar vibrating and rotating handles, as well as a huge load on the application of the liquid from the analytical expression.

Кiлтiк сөздер: скруббер, суыту, газ, жылуалмасу, тұтқаманы, пластина

Keywords: scrubber, cooling, gas, heat transfer, knob, plate

[2, 3] жұмыстарда жүйелi жылжымалы тұтқамалы аппараттың гидродинамикалық заңдылықтарын зерттеу нәтижелерi келтiрiлдi, мұнда тұтқамалық элемент жоғарғы ұшы торға бекiтiлiп, төменгi ұшы тұғырлық тарату торының тесiктерi арқылы еркiн өткiзiлген сымға бекiтiлген. Тұтқаманы ретiнде диаметрi 40мм тығыздығы 650кг/м³ болатын қатаң кеуек резиналы шар қолданылды. Тұтқаманы тiзiлетiн сым иiлгiш сымнан жасаған бiр-бiрiнен 100мм қашықтыққа теңбүйiрлi үшбұрыш ұштары бойында орнатылған. Сымда түзiлген тұтқамалы элементтердiң тiк бағыттағы арақашықтығы 120мм, мұнда көршi сымдардағы тұтқаманы элементтерi бiр-бiрiнен жарты адымға ығысқан. Зерттеу нәтижелерi бойынша ЖЖТ аппараты жұмысының келесi тәртiптерi анықталды: пленкалы, ауыспалы, дамыған, турбуленттi және қарқынды тамшы әкетiлу.

Жүйедi тұтқамалы аппараттың гидродинамикалық және құрылымдық сипаттамаларын есептеуге арналған өрнектер ұсынылды. Аппараттың гидравликалық кедергiсiн келесi өрнек бойынша анықтайды:

$$\Delta P = \xi_{c.p.} \frac{p_e W_e^2}{2S_0^2} + 2\xi_{cm} \left(\frac{W_e}{\varphi}\right)^2 \frac{H_0}{D_a} + \Delta P_{c.n.} + \left[\varepsilon_0 - \varphi - 4\left(\frac{d_n}{D_a}\right)^2 n_3 \frac{h_{nl}}{H_0}\right] \rho_{жс} * g H_0 \quad (1)$$

өрнектегi

$$\Delta P_{c.n.} = 2\xi_n \frac{p_e W_e^2 (1 - \varepsilon_0)}{d_n \varepsilon_n^2} \quad (2)$$

Ұсталған мөлшерi келесi өрнек бойынша есептеледi:

$$F_2 = 0.019 \left(\frac{W_e}{W_{жс}}\right)^{0.17} S_0^{0.25} \quad (3)$$

Газсұйықты қабаттың биiктiгiн есептеу үшiн өрнек ұсынылды:

$$H_0 = \frac{h_0}{\varepsilon_0} \left[1 + \frac{K(1 - \varepsilon_0)}{\varepsilon_0}\right] F_2 + \sqrt{\frac{K}{\varepsilon_0}} F_2 \quad (4)$$

Ал газұстамдылықты есептеу үшiн

$$\varphi = \frac{2}{\sqrt{\frac{1}{K\varepsilon_0 F_2} \left[1 + \frac{2K(1 - \varepsilon_0)}{\varepsilon_0} F_2 + \sqrt{\frac{K}{\varepsilon_0}} F_2\right] + 1 + 1}} \quad (5)$$

Сұйық фазасының ұзынабойғы араласу коэффициентiн келесi өрнек бойынша есептеймiз

$$E_{жс} = K_{нр} \frac{(\varepsilon_0 - \varphi)^{2/3}}{\varphi} \left(\frac{p_c}{p_{жс}} \right)^{1/3} \left(\frac{d_n}{t_\theta t_r^2} \right)^{1/3} \left(\frac{H_0 D_a}{H_0 + D_a} \right)^{1/3} H_0 W_2 \quad (6)$$

Жүйелі жылжымалы пластиналы тұтқамалы аппараттар үшін [1] гидродинамикалық заңдылығы зерттелініп гидравликалық кедергісін есептеу өрнегі ұсынылды:

$$\Delta P = \Delta P_c (1 + f) \quad (7)$$

Мұнда

$$\Delta P_c = \xi \theta_\theta \frac{p_c W_c^2}{2 \varepsilon_0^2} * \frac{H}{t_\theta} \quad (8)$$

мұндағы $\xi = 1.1$ -тікбұрышты жазық пластиналардың коэффициенті, θ_θ -сымдағы тұтқамалардың орналасуының әсерін ескеретін параметр келесі өрнек бойынша анықталады:

$$\theta_\theta = \frac{2\theta * t_\theta}{4\theta^2 - 2\theta - t_\theta + t_\theta} \quad (9)$$

ЖЖТ аппараттың эжекциялық және форсункалық нұсқалары үшін [3] гидравликалық кедергіні есептеу өрнегі алынды:

$$\Delta P = \Delta P_c + \Delta P_{жс} \quad (10)$$

эжекциялық нұсқа үшін

$$\Delta P_c = \left(\xi_n + \frac{\xi_n H_n}{\varepsilon_n^2 t^2} \right) * \frac{p_c W_{cn}^2}{2} \quad (11)$$

форсункалық нұсқа үшін

$$\Delta P_c = \left(\xi_p \frac{1}{S_0^2} + \frac{S_n}{\varepsilon_n^2} * \frac{H_n}{t_\theta} \right) * \frac{p_c W_{cn}^2}{2} \quad (12)$$

мұндағы $\xi_n, \xi_p, \xi_{жс}$ - сәйкесінше газпатрубканың, торлардың және тұтқаманың кедергі коэффициенттері. Тұтқама кедергісінің коэффициенттері үшін өрнек ұсынылған:

$$\xi_n = 0,26 * \theta_\theta * \theta_2 * \exp \left(0,121 \frac{t_\theta}{\theta} \right) \quad (13)$$

мұндағы θ_θ, θ_2 -сәйкесінше тік және көлденең бағыттардағы құйындардың өзара әрекеттесуі дәрежесін сипаттаушы коэффициенттер.

Газсұйықта қабаттың кедергісі эжекциялық аппарат үшін (10) өрнек төмендегідей шешіледі:

$$\Delta P_{жс} = \lambda \frac{p_c W_{cn}^2}{2} + \rho_{жс} g [(1 - \varphi_\theta) * \Delta h + h_{нл}] \quad (14)$$

Түрлі геометриялық пішіндердегі [79, 9] жүйелі жылжымалы тұтқамалы аппараттар үшін гидравликалық кедергіні анықтау үшін бірінғай ұстаным қабылданды.

$$\Delta P = \xi \frac{H}{t_\theta} * \frac{p_c W_c^2}{2 \varepsilon_0^2}; \quad (15)$$

мұндағы $\xi_L = K * \theta_{\theta L} * \theta_{pL} (t_\theta / \theta)^{0,65} \exp(-0,177 * t_\theta / \theta)$ үлкен себелеу тығыздығындағы пластиналық тұтқама үшін кедергі коэффициент [3].

Пластиналық дірілді тұтқама үшін кедергі коэффициент [4]

$\xi_c = 0,35 * \theta_\theta * \theta_p * K_\varepsilon^{0,024}$ дөңгелек және квадратты пішіндегі айналмалы пластиналы тұтқама үшін кедергі коэффициенті [1]; $K_1 = 0,1$ дөңгелек және $K_1 = 0,075$ квадрат пішіндегі пластиналық тұтқама үшін; θ_θ және θ_p -тік және радиустық бағыттағы құйындардың өзара әрекеттесуінің дәрежесін ескеру коэффициенттері.

Жүйелі жылжымалы аппараттардың барлық түрлері үшін ұсталған сұйық мөлшерін есептеугде энергетикалық ұстаным қабылданған және де бұл ұстанымның мағынасы бір ұяшықтың элементар көлеміндегі бір өлшемді және орныққан

қозғалыстағы газ ағыны энергиясының сақталу өрнегіне негізделген. Нәтижесінде ұсталған сұйық мөлшерін анықтауға арналған өрнек алынды.

Нәтижесінде ұсталған сұйық мөлшерін анықтауға арналған өрнек алынды:

$$h_0 = (h_{nl} + h_k) * \frac{H}{t_g} \quad (16)$$

Жазық пластинаның тұтқама үшін ҰСМ пленкалы құраушысын келесі өрнек бойынша есептейді:

$$\Delta P = \xi \frac{H}{t_g} * \frac{p_c W_c^2}{2 \varepsilon_0^2} \quad (17)$$

Жазық пластинаның тұтқама үшін ҰСМ пленкалы құраушысын келесі өрнек бойынша есептейді:

$$h_{nl} = \delta_{nl} v^2 / t_c^2 \quad (18)$$

мұндағы δ_{nl} пластина бетіндегі сұйық пленкасының қалыңдығы, м

$$\delta_{nl} = 0,5 \left(\frac{v * U_{ж}}{\mu \sqrt{g}} \right)^{2/3} \left(\frac{\cos \alpha}{1 + \cos \alpha} \right)^{2/3} \quad (19)$$

мұндағы $\mu = 0,32$ шығын коэффициенті, α - қиғаштық бұрышы.

ҰСМ тамшылық құраушысы келесі түрге ие болады:

$$h_k = B_h \frac{\xi_L}{g \rho_{ж}} * \frac{p_c W_c^2}{2} * \frac{(2 - \varepsilon_0)(1 - \varepsilon_0^2)}{\varepsilon_0^2} \quad (20)$$

Пластинаның дірілдеуші және айналмалы тұтқама үшін, сондай-ақ сұйық бойынша үлкен жүктемені қолдану жағдайына [3] аналитикалық өрнек алынған.

Барлық зерттелген жүйелі пластинаның тұтқамалы аппараттардығы қабаттың газұстамдылығын есептеуді белгелі баланстық теңдеу негізінде орындайды.

$$\varphi = \varepsilon \left(1 - \frac{h_0}{H} \right) \quad (21)$$

Соныменен гидродинамиканы зерттеулер нәтижелерін тұжырымдай отырып, гидравликалық кедергіні есептеу барысында екі ұстанымды қолданады: бірінші әсерлесуші фазалар кедергілерінің аддитивтілігіне шоғырланатын болса, екіншісі бейдәстүрлі ұстаным, мұнда құйындық ағындардың әрекеттесу механизмін ескереді.

Екінші ұстаным гидравликалық кедергі үшін біршама дұрыс, өйткені тұтқамалық элементтерден кейінгі түзілетін тік және радиустік бағыттардағы құйындық ағындардың әрекеттесу механизмдері ескеріледі.

ЖПТ аппараттардағы ұсталған сұйық мөлшерін және қабаттың газұстамдылығын есептеу үшін біртұтас энергетикалық ұстанымды қолданады.

Әдебиеттер

1. Волненко А.А. Научные основы разработки и расчеты вихревых массообменных и пылеулавливающих аппаратов: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Шымкент, 1999.-50с.
2. Сабырханов Д.С. Разработка, расчет и внедрение массообменных и пылеулавливающих аппаратов с подвижной и регулярной насадкой: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Шымкент, 1996-30с.
3. Мустафина А.И. Гидродинамика и массообмена аппарате с регулярной подвижной пластинчатой насадкой в широком диапазоне нагрузок по жидкости. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1989.-16с.
4. Хоблер Т. Теплопередача и теплообменники. М.: Госхимиздат, 1961. -820с.

References

1. Volnenko A. A. Scientific basis for the development and calculations of vortex massoobmennyh and dust removal devices: author. dis. ... d-RA tekhn.Sciences. – Shymkent, 1999.-50C.

2. Sabirjanov D. S. Development, calculation and implementation massoobmennyh and dust removal devices with the mobile and regular showerheads: author. dis. ... d-RA tekhn.Sciences. – Shymkent, 1996-30С.

3. Mustafina, A. I. Hydrodynamics and mass transfer apparatus with a regular nozzle movable plate in a wide range of loads on liquid. Author.dis. ... candidate.tech. Sciences. – М., 1989.-16С.

4. Hobler T. Heat transfer and heat exchangers. М.: Goskhimizdat, 1961. -S.

УДК378.147
UDC 378.147

УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПРЕПОДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

THE ROLE OF TEACHERS COMPTTENCE IN THE ORGANIZATION OF STUDTNTS LEARNING

**Ақтаева Ұ.Ж., Бектүреева Г.У., Саржанова М.Ж.
Aktaeva U.J., Vektureeva G.U., Sarjanova M.J.**

М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік уннверситеті, Шымкент,
Қазақстан
M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

Резюме

Проблемное обучения возможно применять для усвоения обобщенных знаний - понятий, правил, законов, причинно-следственных и других логических зависимостей. Оно нужно тогда, когда ставится техническая задача перед студентами, для обучения приемам и способам умственной деятельности, необходимым при добывании знаний и решении поисковых задач.

Abstract

Problem learning may be used for learning generalized knowledge - concepts, rules, laws, causal and other logical relationships. It is necessary when a technical problem put before the students for learning techniques and methods for mental activities required for getting of knowledge and solving search problems.

Ключевые слова: исследованияуровень, проблемное обучения, этапы, достоинство. недостатки, объёма знаний, умений

Keywords: research level, problem-based learning, steps dignity. disadvantages, the volume of knowledge, skills

Успех интеллектуального развития студентов достигается главным образом на занятиях, от умения преподавателя организовать систематическую познавательную деятельность, интерес студентов к учебе, готовность к постоянному самообразованию.

Считается, что развитие творческих способностей студентов студентоми интеллектуальных умений невозможно без проблемного обучения.Творческие способности реализуются через мыслительную деятельность.

Психологической основой концепции проблемного обучения является теория

мышления, как продуктивного процесса. Мышление, занимает ведущую роль в интеллектуальном развитии человека.

Актуальность проблемного обучения заключается в том, что оно в отличие от традиционного доставляет студентам радость самостоятельного поиска и открытия и, что самое главное, обеспечивает развитие познавательной самостоятельности студентов, их творческой активности. Проблемное обучение направлено на то, чтобы сформировать у студентов необходимую систему знаний, умений и навыков, а также достигнуть высокого уровня развития студентов, развития способности к самообучению, самообразованию.

Сущность проблемного обучения И.Я. Лернер видит в том, что «студент под руководством преподавателя принимает участие в решении новых для него познавательных и практических проблем в определенной системе, соответствующей образовательно-воспитательным целям учебного заведения» [2].

Т.В. Кудрявцев суть процесса проблемного обучения видит в выдвижении перед учащимися дидактических проблем, в их решении и овладении учащимися обобщенными знаниями и принципами проблемных задач [1].

Кроме этих статей во многих работах проблемное обучение рассматривается не прямо, а в контексте и более широко, как средство активизации учения, повышения эффективности обучения технических дисциплин. [1].

Не было единства и в вопросе, должна ли проблемная ситуация «создаваться» или естественно «вытекать» из самого характера материала. Большинство было за создание преподавателем проблемной ситуации, независимо от того, является ли она отражением реально существующего в науке противоречия или носит методический характер.

Такие разногласия возникли потому, что есть явления, которые человечеству известны, назовём их объективно существующими знаниями об этих явлениях, научными знаниями, но есть и явления, о которых человечество ещё ничего не знает. Важно помнить, что есть знания и субъективные, т.е. знания отдельного человека, они могут быть полными и неполными [1].

На уровне познавательной деятельности студентов различают: проблемный вопрос, проблемную задачу, проблемную ситуацию и проблему.

Проблемный вопрос – это «однократное» действие. Подобные вопросы стимулируют мысль, активизируют мышление, заставляют человека думать.

Проблемная задача предполагает ряд действий, для её решения студентам нужно самостоятельно провести частичный поиск. Это уже достаточно крупная учебно-познавательная задача, для решения которой требуется провести специальный поиск способа действий или найти какие-то недостающие данные.

Проблемная ситуация, это психологическое состояние интеллектуального затруднения, которое возникает у человека, если он не может объяснить новый факт при помощи имеющихся знаний или выполнить известное действие прежними знакомыми ему способами и должен найти новый. Тут возникает потребность активно мыслить, и, главное, ответить на вопрос «почему». Потребность, рождает мотив, побуждающий человека думать и действовать. В этом суть проблемного обучения [1].

Существуют четыре уровня проблемного обучения.

1. Преподаватель сам решает при активном слушании и обсуждении студентов.
2. Преподаватель ставит проблему, студенты самостоятельно или под руководством преподавателя решают её.
3. Студент ставит проблему, преподаватель помогает её решить.
4. Студент сам ставит проблему и сам её решает.

Третий и четвёртый уровни – это исследовательский метод.

Итак, проблемное обучение на третьем, четвёртом уровне, а иногда и на втором связано с исследованием, следовательно, проблемное обучение – это обучение решению

нестандартных задач, в ходе которого студент усваивают новые знания и приобретают навыки и умения творческой деятельности.

Преимущества проблемного обучения это в первую очередь большие возможности для развития внимания, наблюдательности, активизации мышления, активизации познавательной деятельности студента; оно развивает самостоятельность, ответственность, критичность и самокритичность, инициативность, нестандартность мышления, осторожность и решительность и т.п. Кроме того проблемное обучение обеспечивает прочность приобретаемых знаний, это во-первых, и, во-вторых, здесь срабатывает «эффект неоконченного действия», открытый Б.В. Зейгарник. Его суть в том, что действия, которые были начаты, но не закончены, запоминаются лучше: «между началом действия и ожидаемым результатом сохраняется актуальная связь, и нас мучит недоделанное, помнится недоведенное до конца».

Проблемное обучение связано с исследованием и поэтому предполагает растянутое во времени решение задачи. Человек попадает в ситуацию подобно деятелю, решающему творческую задачу или проблему. Он постоянно думает над ней и не выходит из этого состояния, пока её не решит. Именно за счёт этой незавершённости и формируются прочные знания, навыки и умения.

К недостаткам проблемного обучения можно отнести то, что оно всегда вызывает затруднение у студентов в учебном процессе, поэтому на его осмысление и поиски путей решения уходит значительно больше времени, чем при традиционном обучении. Кроме того, разработка технологии проблемного обучения требует от преподавателя большого педагогического мастерства и много времени. Видимо, именно эти обстоятельства не позволяют широко применять проблемное обучение. Проблемное обучение отвечает требованиям дня: обучать исследуя, исследовать обучая. Только так и можно формировать творческую личность, т.е. выполнять сверхзадачу нашего педагогического труда [1].

Этапы построения проблемного занятия могут быть следующими:

1. актуализация опорных знаний;
2. анализ проблемного задания;
3. вычленение проблемы;
4. выдвижение всевозможных предположений;
5. сужение поля поиска;
6. доказательство рабочих гипотез;
7. проверка правильности решения.

Прежде всего, отметим, что обозначенные выше этапы соотносятся с элементами проблемно-структурированного блока следующим образом: первый, второй и третий этапы соотносятся с организацией проблемной ситуации; четвертый и пятый - с выдвижением гипотезы; шестой - с доказательством, седьмой - с выводом [3].

Проблемное обучение может быть реализовано при наличии определённых условий.

Первое условие. Важнейшим условием эффективности проблемного обучения в технических ВУЗ-ах, при наличии высококвалифицированного специалиста - педагога. Организация проблемного обучения требует от него нового уровня систематической творческой работы. Своевременное определение психического состояния студентов, уровня его готовности к учению, создание проблемных ситуаций, стимулирование студентов к самостоятельным познавательным действиям, управление этими действиями и т.п. - всё это требует одновременно развитой педагогической интуиции, гибкости ума, умения мгновенно перестраиваться, навыков научного подхода к проблемам.

Готовность преподавателя к проблемному преподаванию определяется, главным образом, следующим:

- а) уровень образованности преподавателя. Преподаватель должен быть

всесторонне развитым, широко (как только можно в современных условиях) образованным человеком своего времени, творчески работающие над проблемой воспитания познавательной самостоятельности студентов;

б) личные качества преподавателя, его характер и уровень воспитанности, его морально-этическое убеждения. Наблюдения педагогов, исследовавших влияние характера преподавателей, свидетельствует о том, что студенты больше всего любят преподавателя, который помогает в учебной работе, доходчиво объясняет новый материал и задания, в процессе объяснения использует интересные примеры; который умеет заинтересовать студентов, сделать любую работу интересной и занимательной;

Второе условие. В преподавании должно быть сочетание обучения определённым знаниям с обучением способам поиска знаний вообще и рациональным способам самостоятельной познавательной деятельности в частности. Научить студентов способам проблемного учения невозможно, если одновременно не обучать его правилам сбора, классификации и использования информации из любых источников. Реализация этого условия связана с созданием методики проблемного обучения по каждому предмету. Роль преподавателя в личностно-ориентированном обучении очень существенна. Он ведёт дискуссию, задаёт наводящие вопросы. Для студентов он равноправный партнёр. В процессе работы решается ещё одна идея - сочетание индивидуальной, групповой и коллективной деятельности с помощью технологии учебного сотрудничества.

Третье условие - формирование у студентов устойчивых мотивов учения. Важнейшим средством развития мотивов учения являются сами проблемные ситуации в сочетании с эмоциональным фактором.

Четвёртое условие. Подвижность уровня информационной ёмкости учебных занятий и её полнота. Здесь различается два аспекта.

- Первый - это необходимость увеличения времени преподавателя на изложение новых знаний или руководство познавательной деятельностью студентов за счёт уменьшения времени на управление их поведением.

- Второй - изменение соотношения объёма знаний, излагаемых преподавателем и приобретаемых студентами самостоятельно.

Условием проблемного преподавания является принцип неполноты информации. Возможны ситуации, при которых надо жертвовать полнотой передачи материала для того, чтобы дать возможность студентам самим решить какую-либо задачу.

Пятое условие - обучение должно строиться в соответствии с принципами неравномерности и разнообразия. Это означает:

во-первых, обучение не должно быть монотонным. Это требование связывается с открытым психологами законом угасания введённой в мозг информации по экспоненте, который действует прямо против педагогических целей, если знания передаются студентам равномерными порциями.

Во-вторых, должно быть чередование видов и форм учебных занятий с таким расчётом, чтобы систематически менялись приёмы и способы познавательной деятельности студентов.

Шестое условие - связано с диагностикой, т.е. возможно более полной и объективной оценкой результатов деятельности студентов по усвоению знаний, умений и навыков и его продвижения в своём развитии. На невозможность активизации процесса учения без непрерывного определения уровня знаний умений студентов указывается многими учёными.

Седьмое условие - это обязательная дифференциация учебного материала в соответствии с различным уровнем готовности студентов к учению и индивидуализация обучения на всех этапах учебного процесса в зависимости от различного темпа учебной деятельности студентов одной группы. Если учебную проблему систематически решает только небольшая группа «сильных» студентов, то

проблемное обучение будет не только не эффективным, но и нецелесообразным, поскольку основная масса студентов не получит знаний и развития.

Эффективным может считаться такой процесс обучения, который обуславливает:

- увеличение объёма знаний, умений и навыков студентов;
- углубление и упрочение знаний, новый уровень обученности и воспитанности;
- новый уровень познавательных потребностей учения;
- новый уровень сформированности познавательной самостоятельности и творческих способностей.

В психолого-педагогической литературе для измерения результатов проблемного обучения используют такие показатели (параметры), как «уровень усвоения» и «уровень обученности». Они важны для определения эффективности, но недостаточны. Поэтому ещё используются внутренне связанные между собой параметры «уровень проблемности» и «уровень эффективности».

Уровень проблемности в обучении определяется двумя основными признаками:

- степенью сложности проблемных вопросов, задач и заданий, предъявленных учащемуся;
- степенью полноты этапов (и элементов) процесса проблемного обучения.

Педагогическим показателем эффективности процесса проблемного обучения является степень (уровень) познавательной самостоятельности студентов.

Имеется три общепедагогических показателя наличия познавательной самостоятельности. Кроме того, на каждом процессе учебного процесса, имеющем определённый уровень проблемности, может быть разная степень познавательной самостоятельности студентов. Она определяется такими психолого-педагогическими качествами студента, как:

- умение «увидеть» проблему и осознать её;
- умение сформулировать или переформулировать проблему;
- умение выдвигать предположения и гипотезы;
- умение обосновывать и доказывать выдвинутые гипотезы;
- умение применять на практике найденный способ решения учебной проблемы. Все эти показатели характеризуют уровень интеллектуального развития студента.

Создавая проблемные ситуации, преподаватель должен находить приёмы усиления познавательного интереса студента к проблеме. Важными путями такого усиления является связь с жизнью и межпредметные связи. При этом имеются два наиболее эффективных способа (приёмов может быть много) формирования познавательного интереса к технической проблеме:

- а) воздействие на эмоции и чувства студентов;
- б) раскрытие жизненной (практической) значимости проблемы;

Педагогическая практика показывает, что создание проблемной ситуации и её осознание студентами возможно при изучении почти любой учебной темы технических дисциплин, так как в большинстве случаев можно поставить перед студентами проблемный вопрос для самостоятельного решения. Именно в этом, т.е. прежде всего в создании проблемных ситуаций, проявляется мастерство преподавателя. Подготовленность студентов к проблемному учению определяется, прежде всего, его умением «увидеть» выдвинутую преподавателем проблему, сформулировать её, найти пути решения и решить самими эффективными приёмами.

Заключение

Проблемное обучение возможно применять для усвоения обобщенных знаний - понятий, правил, законов, причинно-следственных и других логических зависимостей. Оно нужно тогда, когда ставится техническая задача перед студентами, для обучения приемам и способам умственной деятельности, необходимым при добывании знаний и решении поисковых задач.

Проблемными, как правило, являются темы технических дисциплин, ибо они содержат в себе новые по сравнению с ранее изученным теоретические и практические положения.

Исследования показывают, что педагогическими условиями, обеспечивающими наибольшую эффективность проблемного обучения в технических специальностях, являются:

1. Наличие высококвалифицированного преподавателя.
2. Сочетание обучения знаниям с обучением способам поиска знаний.
3. Формирование устойчивых мотивов учения.
4. Подвижность и полнота уровня информационной ёмкости учебных занятий.
5. Использование принципа разнообразия и неравномерности.
6. Диагностика уровня знаний и умений.
7. Дифференциация учебного материала.

Литература

1. Басова, Н.В. Педагогика и практическая психология /Н.В. Басова - Ростов н/Д: Феникс, 2000. -416 с.
2. Кудрявцев, Т.В. Проблемное обучение: истоки, сущность, перспективы / Т.В. Кудрявцев - М.: Знание, 2011. 180 с.
3. Никитина, Н.Н. Основы профессионально-педагогической деятельности: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. Образования / Н.Н. Никитина, О.М. Железнякова; под ред. М.А. Петухова - М.: Мастерство, 2002. -288 с.

References

1. Basova, N.V. Pedagogika i prakticheskaya psikhologiya /N.V. Basova - Rostov n/D: Feniks, 2000. -416 s.
2. Kudryavtsev, T.V. Problemnoe obuchenie: istoki, sushchnost', perspektivy / T.V. Kudryavtsev - M.: Znanie, 2011. 180 s.
3. Nikitina, N.N. Osnovy professional'no-pedagogicheskoy deyatel'nosti: ucheb. posobiedlyastud. uchrezhdeniysred. prof. Obrazovaniya / N.N. Nikitina, O.M. Zheleznyakova; podred. M.A. Petukhova - M.: Masterstvo, 2002. -288 s.

ОСОБЕННОСТИ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ СВНЕШНИМ ПОДВОДОМ ТЕПЛА

FEATURES AND PRINCIPLE OF OPERATION OF THE ENGINE WITH THE EXTERNAL SUPPLY OF HEAT

Молдагалиев А.Б., Ауелбеков Ж.К.
Moldagaliyev A.B., Auyelbekov Zh.K.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауезова, Шымкент,
Казахстан
M.AuezovSouthKazakhstanStateUniversity, Shymkent, Kazakhstan
arm_mold81@mail.ru, zhasik_ak@mail.ru

Резюме

В статье рассматривается возможность обработки материала подвергающемуся жесткому контролю, благодаря чему удается добиться высокого качества обрабатываемых деталей и максимальной точности их размеров. Современное оборудование позволяет добиться высокой производительности труда. Механическая обработка деталей и заготовок из металла – один из самых распространенных способов обработки. Именно с его помощью производится большая часть металлических деталей.

Abstract

In article possibility of processing of material to the exposed rigid control thanks to what it is possible to achieve the quality processed details and the maximum accuracy of their sizes is considered. The modern equipment allows to achieve high efficiency of work. Machining of details and preparations from metal – one of the most widespread ways of processing. With its help the most part of metal details is made.

Ключевые слова: Механическая обработка деталей и заготовок из металла, фрезерные, адаптивное регулирование, повышение эффективности.

Keywords: Machining of details and preparations from metal, milling, adaptive regulation, efficiency increase.

Двигатель Стирлинга был впервые запатентован шотландским священником Робертом Стирлингом 27 сентября 1816 года (английский патент № 4081). Однако первые элементарные «двигатели горячего воздуха» были известны ещё в конце XVII века, задолго до Стирлинга. Достижением Стирлинга является добавление очистителя, который он назвал «экономом».

В современной научной литературе этот очиститель называется «регенератор». Он увеличивает производительность двигателя, удерживая тепло в тёплой части двигателя, в то время как рабочее тело охлаждается. Этот процесс намного повышает эффективность системы. Чаще всего регенератор представляет собой камеру, заполненную проволокой, гранулами, гофрированной фольгой (гофры идут вдоль направления потока газа). Газ, проходя через наполнитель очистителя в одну сторону, отдаёт (или приобретает) тепло, а при движении в другую сторону отбирает (отдаёт) его. Очиститель может быть внешним по отношению к цилиндрам, а может быть размещён на поршне-вытеснителе в бета- и гамма-конфигурациях. В последнем случае размеры и вес машины оказываются меньше. Частично роль очистителя выполняет

зазор между вытеснителем и стенками цилиндра (при длинном цилиндре надобность в таком устройстве вообще исчезает, но появляются значительные потери из-за вязкости газа). В альфа-стирлинге очиститель может быть только внешним. Он устанавливается последовательно с теплообменником, в котором происходит нагрев рабочего тела, со стороны холодного поршня.

В 1843 году Джеймс Стирлинг использовал этот двигатель на заводе, где он в то время работал инженером. В 1938 году фирма «Филипс» инвестировала в двигатель Стирлинга мощностью более двухсот лошадиных сил и отдачей более 30 %. Двигатель Стирлинга имеет много преимуществ и был широко распространён в эпоху паровых машин [2].

В XIX веке инженеры хотели создать безопасную замену паровым двигателям того времени, котлы которых часто взрывались из-за высоких давлений пара и неподходящих материалов для их постройки. Хороший вариант появился с созданием двигателя Стирлинга, который мог преобразовывать в работу любую разницу температур. Основной принцип работы двигателя Стирлинга заключается в постоянно чередуемых нагревании и охлаждении рабочего тела в закрытом цилиндре [2].

Основной принцип работы двигателя Стирлинга заключается в постоянно чередуемых нагревании и охлаждении рабочего тела в закрытом цилиндре. Обычно в роли рабочего тела выступает воздух, но также используются водород и гелий. В ряде опытных образцов испытывались фреоны, двуокись азота, сжиженный пропан-бутан и вода. В последнем случае вода остаётся в жидком состоянии на всех участках термодинамического цикла. Особенности «стирлинга» с жидким рабочим телом являются малые размеры, высокая удельная мощность и большие рабочие давления. Существует также «стирлинг» с двухфазным рабочим телом. Он тоже характеризуется высокой удельной мощностью, высоким рабочим давлением.

Из термодинамики известно, что давление, температура и объём идеального газа взаимосвязаны и следуют закону:

$$PV = \nu RT$$

Это означает, что при нагревании газа его объём увеличивается, а при охлаждении — уменьшается. Это свойство газов и лежит в основе работы двигателя Стирлинга.

Двигатель Стирлинга использует цикл Стирлинга, который по термодинамической эффективности не уступает циклу Карно, и даже обладает преимуществом. Дело в том, что цикл Карно состоит из мало отличающихся между собой изотерм и адиабат. Практическое воплощение этого цикла мало перспективно. Цикл Стирлинга позволил получить работающий на практике двигатель в приемлемых размерах.

Диаграмма «давление-объём» идеализированного цикла Стирлинга.

Цикл Стирлинга состоит из четырёх фаз и разделён двумя переходными фазами: нагрев, расширение, переход к источнику холода, охлаждение, сжатие и переход к источнику тепла. Таким образом, при переходе от тёплого источника к холодному источнику происходит расширение и сжатие газа, находящегося в цилиндре. При этом изменяется давление, за счёт чего можно получить полезную работу.

Механическая обработка деталей - процесс снятия металла с заготовки режущими инструментами с целью получения необходимой формы, точности размеров и чистоты поверхности, заданных чертежом детали. Точность и чистота поверхности деталей машин, назначаемые конструкторами, в подавляющем большинстве случаев обеспечиваются лишь обработкой резанием на металлорежущих станках. Таким образом, задача механической обработки - придать заготовкам окончательную форму, чтобы они соответствовали рабочим чертежам деталей.

При механической обработке деталей используют различные станки: токарно-винторезные, фрезерные, сверлильные, координатно-расточные, шлифовальные.

Громоздкость и материалоемкость — основной недостаток поршневых вариантов двигателя. У двигателей внешнего сгорания вообще, и двигателя Стирлинга в частности, рабочее тело необходимо охлаждать, и это приводит к существенному увеличению массогабаритных показателей силовой установки за счёт увеличенных радиаторов.

Для получения характеристик, сравнимых с характеристиками ДВС, приходится применять высокие давления (свыше 100 атм.) и особые виды рабочего тела — водород, гелий.

Тепло подводится не к рабочему телу непосредственно, а только через стенки теплообменников. Стенки имеют ограниченную теплопроводность, из-за чего КПД оказывается ниже, чем можно было ожидать. Горячий теплообменник работает в очень напряжённых условиях теплопередачи и при очень высоких давлениях, что требует применения высококачественных и дорогостоящих материалов. Создание теплообменника, который удовлетворял бы противоречивым требованиям, — весьма нетривиальная задача. Чем больше площадь теплообмена, тем больше потери тепла. При этом растёт размер теплообменника и объём рабочего тела, не участвующий в работе. Поскольку источник тепла расположен снаружи, двигатель медленно откликается на изменение теплового потока, подводимого к цилиндру, и не сразу может выдать нужную мощность при запуске [3].

Для быстрого изменения мощности двигателя используются способы, отличные от применяемых в двигателях внутреннего сгорания: буферная ёмкость изменяемого объёма, изменение среднего давления рабочего тела в камерах, изменение фазного угла между рабочим поршнем и вытеснителем. В последнем случае отклик двигателя на управляющее действие водителя является почти мгновенным.

Литература

1. Адаптивное управление технологическими процессами / Ю.М. Соломенцев [и др.]. - М.: Машиностроение, 1980. - 536 с.
2. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник-учебник в 3-х т. Т.3: Проектирование станочных систем / Под общей ред. А.С. Проникова - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана; Изд-во МГТУ «Станкин», 2000. -584 с.
3. Станки с ЧПУ и оборудование гибких производственных систем: Учебное пособие для студентов вузов. / Под ред. Харченко А.О. - К.: ИД «Профессионал», 2004. -304 с.

References

1. Adaptive management of technological processes / Yu.M. Solomentsev [etc.]. - M.: Mechanical engineering, 1980. - 536 pages.
2. Design of metal-cutting machines and machine systems: The reference book textbook in 3 t. T.3: Design of machine systems / Under the general editorship of A.S. Pronikov - M.: Publishing house of MGTU of N.E. Bauman; Publishing house of MGTU of "Stankin", 2000.-584 pages.
3. Machines about ChPU and the equipment of flexible production systems: Manual for students of higher education institutions. / Under the editorship of Harchenko A.O. - To.: IDES "Professional", 2004.-304 pages.

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ
(СЕТЕВЫХ) ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАНИЯ**

**A PRACTICAL APPENDIX OF THEORY OF INFORMATION (NETWORK)
TECHNOLOGIES IN FIELD OF EDUCATION**

**Исаева Г.Б., Нурмаганбетова А.Т., Мырзалиев Д.С., Сапарбай А.Д.
Isaeva G.B., Nurmaganbetova A.T., Mirsaliev D.S.,Saparbay A.D.**

Каспийский университет, Алматы
Южно-Казахстанский государственный университетим.М.Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
Caspian University, Almaty
M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

Резюме

В данной статье рассматривается методика обучения преподавателей сетевым технологиям. Методика обучения сетевым технологиям в рамках предметной и специализированной подготовок позволяет преподавателям сформировать у них специальную компетентность в предметной области и будет способствовать развитию информационно-образовательных сред учебных заведений, базирующихся на учебных компьютерных сетях.

Abstract

Methodology of training of teachers to network technologies is examined in this article. Methodology of training to network technologies within of subject and specialized preparations allows to the teachers to form for them the special competence in a subject area and will conduct development of informatively-educational environments of educational establishments being based on educational computer networks

Ключевые слова: сетевые технологии, преподаватель, модули, методика обучения, компетентность.

Key words: network technologies, teacher, modules, methodology of training, competence.

Сегодня важнейшая роль в развитии общества принадлежит информации как глобальному ресурсу человечества и информатизации, как процессу совершенствования использования достижений информационной цивилизации во всех сферах человеческой деятельности. Одними из основных направлений информатизации общества являются: формирование и развитие информационной инфраструктуры Республики Казахстан с учетом современного мирового уровня развития инновационных технологий, информационное обеспечение социального экономического развития страны.

Основной целью информатизации системы образования Республики Казахстан является создание единой образовательной информационной среды в Республике Казахстан, позволяющей на основе использования новых информационных технологий повысить качество казахстанского образования, обеспечить равные возможности гражданам на получение образования всех уровней и ступеней, а также интегрировать информационное пространство Республики Казахстан в мировое образовательное пространство. Достижение высокого уровня качества высшего образования, удовлетворяющего потребности рынка труда, задача индустриально-инновационного развития страны, личности и соответствующего лучшим мировым практикам в области

образования [1].

Для достижения поставленных целей и эффективного использования единой образовательной информационной среды необходимо комплексное решение следующих наиболее значимых задач:

- создание, распространение и внедрение в учебный процесс современных электронных учебных материалов, разработанных на государственном языке, их интеграция с традиционными учебными пособиями, а также разработка средств поддержки и сопровождения, обеспечение качества, стандартизация и сертификация средств информационных технологий учебного назначения;

- подготовка педагогических, административных и инженерно-технических кадров государственных учреждений образования, способных использовать в учебном процессе новейшие информационные технологии;

- обеспечение государственных учреждений образования средствами вычислительной техники, современными электронными учебными материалами, а также средствами доступа к глобальным информационным сетям;

- создание информационной инфраструктуры системы образования Республики Казахстан, объединяющей информационные системы и ресурсы всех уровней образования и повышения квалификации, а также научно-исследовательские, учебно-методические и технологические центры сферы образования;

- научное обеспечение процесса информатизации, разработка методологии современного образования на основе информационных технологий;

- реализация комплекса мер, направленных на предотвращение и устранение угроз информационной безопасности Казахстана при взаимодействии с мировыми информационными ресурсами.

В основе концепции обучения и отбора содержания обучения сетевым технологиям будущих специалистов лежит понимание *сетевого администрирования* как деятельности, в процессе которой:

- (а) *в широком смысле* осуществляется управление информационно-образовательной средой учебного заведения, направленное на развитие образовательного учреждения в целом;

- (б) *в узком смысле* происходит управление учебной компьютерной сетью (в контексте ее использования, проектирования, настройки, обслуживания и администрирования), в целом направленное на развитие информационно-образовательной системы учебного заведения (например, использование цифровых образовательных ресурсов, информационного обеспечения и взаимодействия субъектов образовательного процесса)[2].

Мы выделили *два направления* практического приложения теории информационных (сетевых) технологий в области образования, на которых базируется концепция обучения будущих специалистов в области сетевых технологий:

- первое*– сетевые технологии организации информационно-образовательной среды учебного заведения (учебная компьютерная сеть);

- второе*– сетевые технологии организации дистанционного обучения распределенной образовательной среды.

Базовыми составляющими концепции обучения специалиста в области сетевых технологий и их использования в администрировании УКС образовательных систем разного уровня являются:

- (а) знания в области учебных компьютерных сетей;

- (б) умения в области администрирования УКС, включающие их проектирование, настройку и обслуживание;

- (в) приложения виртуальных машин как средство обучения сетевым технологиям;

- (г) управление развитием информационно-образовательной среды учебного заведения.

Основными подходами в обучении выбраны:

1) *компетентностный подход* как система принципов, установок и методов деятельности, создающих условия для развития универсальных способностей студентов;

2) *модульный подход* (традиционный – зачетно-модульный), позволяющий студенту с большей степенью самостоятельности подойти к освоению содержания обучения, а преподавателю предоставляющий вариативность к организации учебного процесса.

В «Методике обучения сетевым технологиям» реализована концепция подготовки специалиста на уровне построения и конкретной реализации методической системы обучения. На основе выполненного анализа подходов к обучению сетевым технологиям в вузах и обзор существующих учебно-методических ресурсов, в том числе и электронных, сделан вывод о необходимости доминирования деятельностной составляющей в подготовке специалистов в области сетевых технологий в вузах, поскольку в действующих программах не предполагается, в достаточной степени, изучение технологических аспектов использования, проектирования, создания, настройки, обслуживания и администрирования компьютерных сетей.

Все это относится и к подготовке специалиста к различным видам его профессиональной деятельности в условиях информатизации и виртуализации современного образования, в частности в области использования педагогических технологий информационно-образовательных систем обучения (ИОСО) в образовательном процессе. Вместе с тем проблема формирования готовности специалиста к использованию педагогических технологий в ИОСО для реализации педагогических задач профессиональной деятельности остается не решенной до конца. Основной целью обучения сетевым технологиям будущих специалистов (внешней целью МСО) является обучение решению профессиональных задач в области сетевых технологий, связанных с проектированием, настройкой, обслуживанием и администрированием учебных компьютерных сетей, составляющих *специализированную компетентность будущего специалиста*. Так, например, о сформированности специализированной компетентности специалиста можно судить, основываясь на его готовности решать профессиональные задачи в области сетевых технологий, применяя следующие предметные знания и умения:

- *на ключевом уровне* – установка и настройка различных сетевых ОС (модуль 1); осуществление взаимодействия между различными ОС (модуль 1); работа со службой DNS (модуль 4); работа с таблицей маршрутизации (модуль 4); работа со стеком коммуникационных протоколов TCP/IP (модуль 4);

- *на базовом уровне* – использование сетевых адаптеров (модуль 2); соединение компьютеров в сеть посредством телефонной линии (модуль 2); соединение компьютеров в сеть напрямую (модуль 2); настройка компьютеров для работы в беспроводных сетях (Wi-Fi) (модуль 3); применение устройств Bluetooth для передачи информации (модуль 3); использование возможностей ЛВС (модуль 5); организация общения в локальной сети (модуль 5); получение доступа к удаленному компьютеру (модуль 5); установка серверной ОС (модуль 6); установка сетевой антивирусной защиты (модуль 8); работа с резервными копиями файлов ОС (модуль 9);

- *на специальном уровне* – проектирование ЛВС (локальная вычислительная сеть) организации (модуль 6); создание домена (модуль 6); настройка сервера DNS (модуль 6); настройка основных серверов (модуль 7); настройка параметров безопасности домена (модуль 7); мониторинг состояния элементов сети (модуль 8); исследование удаленной системы (модуль 8); установка защиты на локальном компьютере (модуль 9); организация потокового вещания (модуль 10); использование технологий IP-телефонии (модуль 10); организация видеоконференции (модуль 10).

Согласно сформулированной концепции структура содержания обучения будет базироваться на *двух составляющих*:

1) *теоретических знаний*, которые определяются совокупностью базовых понятий, правил, законов, принципов, суждений из теории, технологии и практики сетевых технологий и отражаются в *теоретическом блоке* содержания обучения;

2) *технологических умений*, которые определяются совокупностью практических умений и навыков на основе приобретенных теоретических знаний из области сетевых технологий, соответствующих этапам деятельности системного администратора компьютерных сетей, и составляют практико-технологический блок содержания обучения, включая упражнения по технологиям – *задачный материал*.

Нами выделены учебные практические задачи, которые целесообразно решать с помощью средств сетевых технологий для повышения эффективности образовательного процесса:

- практические задачи, связанные с визуализацией учебного материала и результатов самостоятельной работы обучающихся: совместное создание, редактирование и использование в сети текстовых документов, электронных таблиц, презентаций, графических изображений, фото и видеосервисов и т.д.;

- практические задачи на поиск и передачу информации среди ресурсов Интернета, сохранение для коллективного и индивидуального использования информационных объектов из глобальных компьютерных сетей и ссылок на них: совместный поиск информации, совместное хранение закладок и т.д.;

- практические задачи, для организации коллективного взаимодействия: форум, телеконференция, блог и т.д.;

- практические задачи, связанные с созданием и обработкой комплексного информационного объекта в виде веб-страницы с использованием шаблонов: создание гипертекстовых объектов (статьи, доклады, рефераты, wiki-газеты, буклеты, эссе) с помощью средств, использующих wiki-технологию.

В современной практике обучения сетевым технологиям используются: системы управления обучением; универсальные и специальные пакеты анализа и моделирования телекоммуникационных систем и сетей; автоматизированные обучающие системы; электронные научно-образовательные комплексы, электронные справочно-информационные системы (on-line); образовательные сайты; электронные журналы; компьютерные тренажеры; программные средства для контроля и измерения уровня знаний, умений и навыков обучения; различные системы управления корпоративными локальными сетями для мониторинга, разграничения доступа, администрирования[3].

В локальных сетях, как правило, используется разделяемая среда передачи данных (моноканал) и основная роль отводится протоколами физического и канального уровней, так как эти уровни в наибольшей степени отражают специфику локальных сетей.

Сетевая технология – это согласованный набор стандартных протоколов и реализующих их программно-аппаратных средств, достаточный для построения локальной вычислительной сети. Сетевые технологии называют базовыми технологиями или сетевыми архитектурами локальных сетей.

Сетевая технология или архитектура определяет топологию и метод доступа к среде передачи данных, кабельную систему или среду передачи данных, формат сетевых кадров тип кодирования сигналов, скорость передачи в локальной сети. В современных локальных вычислительных сетях широкое распространение получили такие технологии или сетевые архитектуры, как: Ethernet, Token-Ring, ArcNet, FDDI.

Стоимость систем хранения информации стремительно снижается: NAS-решения, преимущественно на базе дисков с интерфейсом ATA, относят уже к системам начального уровня. Впрочем, NAS не единственная широкодоступная технология на

рынке. Именно в разнообразии решений и технологий хранения информации, а также их рыночных перспективах мы и попробуем разобраться.

Вопрос о необходимости построения системы хранения на предприятии возникает по самым разным причинам. Этого диктуется возросшими требованиями к уровню безопасности данных, впрочем, и сам рост объемов хранимой информации заставляет задуматься об этом. В результате, компаниям-интеграторам приходится сталкиваться с довольно сложными и трудоемкими задачами, решение которых можно свести к следующему: либо модернизировать существующую в компании систему хранения, либо создать принципиально новую. Среди наиболее типичных проблем - недостаточный объем дискового пространства на имеющемся файл-сервере при отсутствии возможности его расширения. Например, в корпусе сервера попросту нет места для установки новых дисков, а установленная операционная система (системы SGI, AlphaServer, Mac) не позволяет производить модернизацию стандартными доступными средствами. К слову, именно последняя проблема нередко и обуславливает высокий интерес к внешним системам хранения, применение которых становится единственным способом решения целого сектора проблем. Также следует понимать, что на базе файл-сервера не всегда возможна организация надежной и отказоустойчивой системы хранения. Иногда, чтобы добиться необходимого уровня безопасности и надежности, приходится обращаться к кластеризации, а в этом случае без создания выделенной системы хранения информации просто не обойтись. Исключение составляет массив независимых серверов с избыточностью (Redundant Array of Independent Server), подразумевающей чередующееся использование серверов, который, как и любая резервная система с избыточностью, не всегда может быть принят на вооружение из-за крайней неэкономичности по отношению к аппаратным ресурсам.

Методика обучения сетевым технологиям будущих специалистов в рамках предметной и специализированной подготовок позволяет сформировать у них специальную компетентность в данной предметной области и будет способствовать развитию информационно-образовательных сред учебных заведений, базирующихся на учебных компьютерных сетях.

Литература

1. Баймулдина Н.С., Джаманкулова Н.О. Внедрение системы электронного обучения в вузах Республики Казахстан. // Бюллетень лаборатории математического, естественнонаучного образования и информатизации. Рецензируемый сборник научных трудов. Том 2. г. Москва, 2012. - с.364-368;
2. Рыжова Н.И., Королева Н.Ю., Ляш О.И. Виртуальные машины как средство обучения будущих учителей информатики сетевым технологиям. // Информатика и образование, 10, 2007. - с.97-100. (0,25 п.л. в соавторстве, авторских 0,08 п.л.);
3. Ляш О.И., Королева Н.Ю. Использование виртуальных машин при обучении учителей информатики сетевым технологиям // Ученые записки. Вып.24. Сб. научн. трудов ИИО РАО, 2007. - с.217-222. (0,31 п.л. в соавторстве, авторских 0,15 п.л.).

References

1. Baymul'dina N. S., Dzhamankulova N. O. vnedreniesistemielektronnoogoobuchenia v vusahRespubliki Kazakhstan.// Bulletin laboratory mathematical, estesstvennonauchnoobrazovania i informatization. Resenziruemiisborniknauchnihtrudov.Tom 2.Moscva, 2012. - s.364-368.
2. Ryzhova N. I., Koroleva NN. Yu., Lyash O. I. Virtual machini as sredstvooobucheniabudushihuchiteley informatics setevim technologies.//Informatics and obrazovanie, 10, 2007. -s.97-100. (0,25p.l vsoavtorstve, avtorskih 0,08 p.l.)
3. Lyash O. I., Koroleva N. Yu. Ispolzovaniye of virtual mashinpriobucheniiuchiteleyinformaticisetevim technologies. //ucheniesapiski. Vyp.24.sb. nauchnihtrudov IO of RAO, 2007.- s.217-222. (0,31p.l vsoavtorstve, avtorskih 0,15 p.l.).

СИНТЕЗ ТРАЕКТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ В ОБЩЕМ СЛУЧАЕ

SYNTHESIS TRAJECTORY MECHANISMS IN GENERAL

Мырзалиев Д.С., Сапарбай А.Д., Иманбаева Н.С., Нурмаганбетова А.Т.,
Мажен А.Н.

Myrzaliyev D.S., Saparbay A.D., Imanbaeva N.S., Nurmaganbetova A.T., Magen A.N.

ЮКГУ им.М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан
КазНТУ им.К.Сатпаева, Алматы, Казахстан
Каспийский университет, Алматы, Казахстан
КазНУ им.аль-Фараби, Алматы, Казахстан
M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
K. Satpaev KazNTU, Almaty, Kazakhstan
Caspian University, Almaty, Kazakhstan
Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

Резюме

В данной статье рассматривается направляющий механизм, воспроизводящий криволинейную траекторию.

При предлагаемой методике, основанной на квадратическом приближении, достигаются следующие преимущества по сравнению с модульным принципом: отсутствуют промежуточные критерии, т.е. минимизируемая функция отражает непосредственно выходной критерий, оптимизационные параметры не влияют на сборку механизма, т.е. снимается проблема «дефекта ветвления» (параметры x_1, x_2, \dots, x_6 в задаче линейного программирования находятся «вне» контура $ABCD$, определяющего сборку). Предлагаемая методика универсальная и может быть применена к любому механизму, так как используется одна и та же подпрограмма.

Abstract

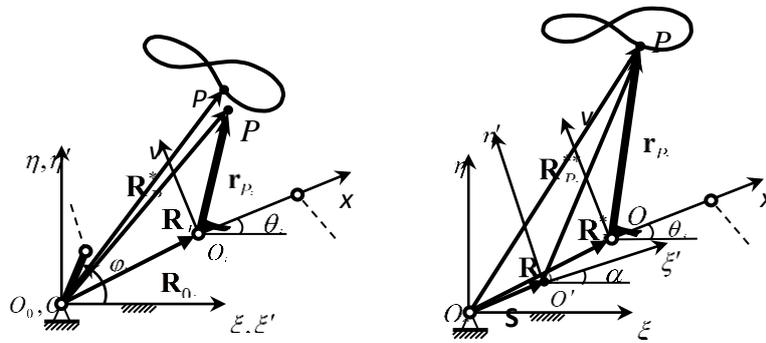
A directing mechanism playback a curved is examined in this article. At the offered methodology based on the quadratic approximation, next advantages are arrived at as compared to module principle: intermediate criteria are absent, i.e. the minimized function reflects an output criterion directly, optimization parameters do not influence on assembling of mechanism, i.e. the problem of "defect of branching" (parameters of x_1, x_2, \dots, x_6 in the task of the linear programming are "out of" contour of $ABCD$, defining the assembly) is taken off.

In addition, methodology is universal enough and can be applied to any mechanism, because the same program is used.

Ключевые слова: траектория, механизм, методология, параметр, синтез, критерий, приближение.

Key words: trajectory, mechanism, methodology, parameter, synthesis, criterion, approximation.

Рассмотрим общий случай, показанный на рисунке, когда



С этой траекторией жестко свяжем систему координат $\xi' O' \eta'$, в начальном приближении совпадающей с неподвижной системой координат $\xi O_0 \eta$. Тогда в качестве параметров \mathbf{P} рассматриваемой задачи синтеза для воспроизведения сложной траектории выбираем параметры ориентации плоскости $\xi' O' \eta'$ относительно плоскости $\xi O_0 \eta$, то есть вектор параллельного переноса $\mathbf{S}(S_\eta, S_\xi)$ и угол относительного поворота α , а также координаты рабочей точки x_P, y_P в локальной системе координат xOy : $\mathbf{P} = [\alpha, S_\xi, S_\eta, x_P, y_P]^T$

Новые положения точек кривой определяются через исходные программные положения $\mathbf{R}_{P_i}^*$ следующим выражением

$$\mathbf{R}_{P_i}^{**} = \mathbf{S} + \Gamma(\alpha) \cdot \mathbf{R}_{P_i}^* \quad (1)$$

Тогда задачу приближения Чебышевского сформулируем следующим образом:

$$S(\alpha, S_x, S_y, x_P, y_P) = \max_{i=1, N} \|\mathbf{R}_{P_i}^{**} - \mathbf{R}_{P_i}^*\| \Rightarrow \min S \quad (2)$$

$(\alpha, S_x, S_y, x_P, y_P)$

где $\|\mathbf{R}_{P_i}^{**} - \mathbf{R}_{P_i}^*\| = \max_{i=1, N} (|\xi_{P_i}^{**} - \xi_{P_i}^*|, |\eta_{P_i}^{**} - \eta_{P_i}^*|)$.

Пусть ε - требуемая точность аппроксимации

$$|\xi_{P_i}^{**} - \xi_{P_i}^*| < \varepsilon, \quad |\eta_{P_i}^{**} - \eta_{P_i}^*| < \varepsilon, \quad i = 1, \dots, N,$$

то есть

$$\begin{cases} -\varepsilon \leq \xi_{O_i} - (\xi_{P_i}^* \cdot \cos \alpha - \eta_{P_i}^* \cdot \sin \alpha) + x_P \cdot \cos \theta_i - y_P \cdot \sin \theta_i - S_x \leq \varepsilon, \\ -\varepsilon \leq \eta_{O_i} - (\xi_{P_i}^* \cdot \sin \alpha + \eta_{P_i}^* \cdot \cos \alpha) + x_P \cdot \sin \theta_i + y_P \cdot \cos \theta_i - S_y \leq \varepsilon, \end{cases} \quad (3)$$

Тогда задача (2) может быть сведена к следующей задаче нелинейного программирования

$$\sigma = 0 \cdot \alpha + 0 \cdot S_x + 0 \cdot S_y + 0 \cdot x_P + 0 \cdot y_P + 1 \cdot \varepsilon \Rightarrow \min \sigma \quad (4)$$

$(\alpha, S_x, S_y, x_P, y_P, \varepsilon)$

при нелинейных ограничениях (3). Задача может быть решена, например, методом деформируемого многогранника [1]. Вычислительных сложностей, связанных с нелинейностью, можно избежать двумя способами. В первом случае считаем, что α - задано, то есть ориентация программной траектории как целого не меняется. Тогда при обозначениях $p_1 = x_P, p_2 = y_P, p_3 = S_x, p_4 = S_y, p_5 = \varepsilon$, ограничения (3) будут иметь линейный вид

$$\begin{cases} -g'_{1_i} \cdot p_1 - g'_{2_i} \cdot p_2 - g'_{3_i} \cdot p_3 + p_5 - g'_{0_i} \geq 0, \\ g'_{1_i} \cdot p_1 + g'_{2_i} \cdot p_2 + g'_{3_i} \cdot p_3 + p_5 + g'_{0_i} \geq 0, \\ -g''_{1_i} \cdot p_1 - g''_{2_i} \cdot p_2 - g''_{4_i} \cdot p_4 + p_5 - g''_{0_i} \geq 0, \\ g''_{1_i} \cdot p_1 + g''_{2_i} \cdot p_2 + g''_{4_i} \cdot p_4 + p_5 + g''_{0_i} \geq 0, \end{cases} \quad i = 1, \dots, N \quad (5)$$

где

$$\begin{aligned} g'_{0_i} &= \xi_{o_i} - \xi_{p_i}^*, \quad g'_{1_i} = \cos \theta_i, \quad g'_{2_i} = -\sin \theta_i, \quad g'_{3_i} = -1, \\ g''_{0_i} &= \eta_{o_i} - \eta_{p_i}^*, \quad g''_{1_i} = \sin \theta_i, \quad g''_{2_i} = \cos \theta_i, \quad g''_{4_i} = -1, \end{aligned}$$

то есть, получим задачу линейного программирования (5), где $\mathbf{c}=[0,0,0,0,1]^T$, $\mathbf{x}=[p_1, p_2, p_3, p_4, p_5]^T$.

Второй способ состоит в том, чтобы ввести дополнительную переменную k следующего содержания

$$\mathbf{R}_{p_i}^{**} = \mathbf{S} + k\Gamma(\alpha) \cdot \mathbf{R}_{p_i}^* \quad (6)$$

то есть, по существу, коэффициент «масштабирования». Действительно, при обозначении $x_{p1} = x_p$, $p_2 = y_p$, $p_3 = S_x$, $p_4 = S_y$, $p_5 = \varepsilon$, $p_6 = k \cdot \cos \alpha$, $p_7 = k \cdot \sin \alpha$, получим задачу линейного программирования при следующих линейных ограничениях

$$\begin{cases} -g'_{1_i} \cdot p_1 - g'_{2_i} \cdot p_2 - g'_{3_i} \cdot p_3 + p_5 - g'_{6_i} \cdot p_6 - g'_{7_i} \cdot p_7 - g'_{0_i} \geq 0, \\ g'_{1_i} \cdot p_1 + g'_{2_i} \cdot p_2 + g'_{3_i} \cdot p_3 + p_5 + g'_{6_i} \cdot p_6 + g'_{7_i} \cdot p_7 + g'_{0_i} \geq 0, \\ -g''_{1_i} \cdot p_1 - g''_{2_i} \cdot p_2 - g''_{4_i} \cdot p_4 + p_5 - g''_{6_i} \cdot p_6 - g''_{7_i} \cdot p_7 - g''_{0_i} \geq 0, \\ g''_{1_i} \cdot p_1 + g''_{2_i} \cdot p_2 + g''_{4_i} \cdot p_4 + p_5 + g''_{6_i} \cdot p_6 + g''_{7_i} \cdot p_7 + g''_{0_i} \geq 0, \end{cases} \quad (7)$$

где $\mathbf{c}=[0,0,0,0,1,0,0]^T$, $\mathbf{x}=[p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7]^T$.

$$\begin{aligned} g'_{0_i} &= \xi_{o_i}, \quad g'_{1_i} = \cos \theta_i, \quad g'_{2_i} = -\sin \theta_i, \quad g'_{3_i} = -1, \quad g'_{6_i} = -\xi_{p_i}^*, \quad g'_{7_i} = -\eta_{p_i}^*, \\ g''_{0_i} &= \eta_{o_i}, \quad g''_{1_i} = \sin \theta_i, \quad g''_{2_i} = \cos \theta_i, \quad g''_{4_i} = -1, \quad g''_{6_i} = -\eta_{p_i}^*, \quad g''_{7_i} = -\xi_{p_i}^*. \end{aligned}$$

Для применения описанной методики необходима нормализация параметров механизма:

- координаты стойки A принимаются равными нулю: $X_A=Y_A=0$;
- длина AD считается единичной, координаты стойки D принимаются равными $X_D=1, Y_D=0$.

При этом введённые новые переменные заменяют следующие параметры механизма: \mathbf{S} - координаты стойки A (X_A, Y_A), переменные α, k (поворот и растяжение всего механизма) заменяют координаты стойки D . Кроме того, вместо длин l_{CT}, l_{DT} будут использованы локальные координаты $x_T^{(2)}, y_T^{(2)}$ точки T в подвижной системе координат, жёстко связанной с плоскостью шатуна.

Таким образом, из 11 неизвестных параметров механизма, 6 параметров определяются решением задачи линейного программирования. Оставшиеся 5 «нелинейных» параметра \mathbf{Y} : $y_1=l_{AB}/l_{AD}$, $y_2=l_{BC}/l_{AD}$, $y_3=l_{CD}/l_{AD}$, а также $y_4=\varphi_1$ – начальный угол поворота кривошипа (соответствующий началу фазы опоры заданного шагового цикла) и угол $y_5=\varphi$, задающий продолжительность фазы опоры [2]. По условию синтеза $\varphi > \pi$ или, что то же, соотношение продолжительностей фаз опоры и переноса ноги $\varphi/(2\pi-\varphi)$ при равномерном вращении кривошипа больше единицы.

Для отыскания этих «нелинейных» параметров применялись следующие подходы. При первом подходе все 5 параметров варьировались с помощью ЛП-последовательностей, равномерно распределённых в 5-мерном параллелепипеде [3].

Для каждого набора значений этих параметров, проверялось выполнение условия существования кривошипа и затем из анализа механизма определялись N конечно-удалённых положений плоскости шатуна CD . Далее определялись 6 «линейных» параметров и так для каждого сгенерированного набора параметров «нормализованного» механизма.

При втором подходе для каждого случайного набора параметров «нормализованного» механизма проводилась дальнейшая оптимизация по части переменных, а именно по переменным $y_4=\varphi_1$ и $y_5=\varphi$. Сгенерированные случайно значения этих переменных принимались за стартовые (начальные) значения для оптимизации методом Нёдлера-Мидда (деформируемого многогранника). При этом на каждой итерации алгоритма Нёдлера-Мидда решается задача линейного программирования и определяются новые значения 6 «линейных» параметров.

Замечание. Выбор параметров $y_4=\varphi_1$ и $y_5=\varphi$ в качестве оптимизационных (а не других, например, $y_1=l_{AB}/l_{AD}$, $y_2=l_{BC}/l_{AD}$ или $y_2=l_{BC}/l_{AD}$, $y_3=l_{CD}/l_{AD}$) не случаен. Варьирование этих параметров в ходе минимизации не нарушают условия существования кривошипа. Из случайных наборов значений «нормализованного» четырёхзвенника отбрасывая те, которые не обеспечивают требуемый угол давления, можно синтезировать механизмы с заданными ограничениями на углы давления.

Таким образом, при предлагаемой методике достигаются следующие преимущества по сравнению с модульным принципом (основанном на квадратическом приближении):

- отсутствуют промежуточные критерий, т.е. минимизируемая функция отражает непосредственно выходной критерий;
- оптимизационные параметры не влияют на сборку механизма, т.е. снимается проблема «дефекта ветвления» (параметры x_1, x_2, \dots, x_6 в задаче линейного программирования находятся «вне» контура $ABCD$, определяющего сборку);
- используется «наилучшее» приближение вместо квадратического при модульном подходе.

Кроме того, методика достаточно универсальна и может быть применена к любому механизму, так как используется одна и та же подпрограмма.

Литературы

1. Ibraev S.M., Peisah E., Schoenherr J. (2000): *Synthese von hoehergliedrigen Koppelgetrieben. Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik*, Techn.Univ.Dresden, 29.03.–31.03.2000. – S. 270–280.
2. Кожевников С.Н. Основания структурного синтеза механизмов. - Киев, 1979. – 321 с.
3. Статников Р.Б., Соболев И.М. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями. - М.: Дрофа, 2006. - 175с.
- 4.

References

1. Ibraev S.M., Peisah E., Schoenherr J. (2000): *Synthese von hoehergliedrigen Koppelgetrieben. Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik*, Techn.Univ.Dresden, 29.03.–31.03.2000. – S. 270–280.
2. Kozhevnikov S.N. *Osnovaniya strukturnogo sinteza mekhanizmov*. - Kiev, 1979. – 321 s.
3. Statnikov R.B., Sobol' I.M. *Vybor optimal'nykh parametrov v zadachakh so mnogimi kriteriyami*. - M.: Drofa, 2006. - 175s.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ ЖӘНЕ МЕТРОЛОГИЯ

СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ И МЕТРОЛОГИЯ

STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION

УДК691:620.1

UDC691:620.1

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ СТАНДАРТОВ

THE ECONOMIC EFFICIENCY OF STANDARDS

Калдыбекова Ж.Б., Нуридинова А.Е., Макулбекова Г.О., Токтабек А.
Kaldybekova Zh.B., Nuridinova A.E., Makulbekova G.O., Toktabek A.

Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауэзова, Шымкент,
Казахстан

M.Aueзов South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

zkaldybekova@mail.ru

Резюме

Описаны основные принципы и методы определения экономической эффективности стандартизации и рассмотрены практические приемы оценки экономической эффективности внедрения различных видов стандартов.

Abstract

The basic principles and methods of determining the cost-effectiveness of standardization and practical methods of assessment are considered the cost-effectiveness of different types of standards.

Ключевые слова: стандартизация, затраты, экономия, потребность, эффективность, работа, единица продукции

Keywords: standardization, cost savings, demand, efficiency, work unit production

Под экономическим эффектом стандартизации понимают экономию живого и овеществленного труда в общественном производстве в результате внедрения стандарта с учетом необходимых для этого затрат. Стандартизация - высокоэффективный способ организации производственной деятельности.

Он может быть выражен в денежной или в натуральной форме (снижение трудоемкости, экономия материалов, уменьшение потребности в оборудовании и площадях, сокращение длительности циклов проектирования и изготовления и т. п.), если затраты измерены в тех же единицах, что и экономия. При расчетах экономического эффекта стандартизации на стадии проектирования следует учитывать сокращение объема работ, трудоемкости, стоимости и сроков проектирования.

При этом следует учитывать изменение как текущих затрат проектных организаций и подразделений, так и капитальных. Расчеты экономического эффекта на стадии производства следует проводить с учетом повышения серийности (массовости) и определять уменьшение материалоемкости; снижение трудоемкости процессов

производства; эффект от унификации, агрегатирования и увеличения применения составных частей, приобретаемых на предприятиях специализированного производства; увеличение коэффициента взаимозаменяемости; уменьшение фондоемкости; снижение удельных затрат электроэнергии и топлива и др.

При расчетах экономического эффекта на стадии эксплуатации (применения) следует учитывать снижение затрат потребителя в результате повышения технического уровня и качества стандартизуемой продукции; замены одним стандартным изделием (единицей продукции) нескольких; увеличения срока службы изделия; повышения надежности изделия; уменьшения удельной энергоемкости, потребления топлива и вспомогательных материалов; уменьшения численности обслуживающего персонала; снижения потребности в запасных частях и стоимости ремонтных работ; повышения качества продукции, выпускаемой улучшенными машинами после их стандартизации.

Определение эффективности работ по стандартизации осуществляется в целях:

- обоснования целесообразности включения конкретных работ по стандартизации в планы государственной и межгосударственной стандартизации;
- выбора наиболее оптимальных вариантов, включаемых в стандарты требований;
- оценки результативности деятельности в области стандартизации.

В качестве показателей экономической эффективности работ по стандартизации используются:

экономия — величина суммарного уменьшения затрат в народном хозяйстве страны в связи с применением конкретного стандарта на единицу стандартизуемой продукции;

затраты — величина суммарного увеличения затрат в народном хозяйстве страны в связи с применением конкретного стандарта;

экономический эффект на единицу продукции — величина итогового уменьшения затрат при производстве, обращении, применении и утилизации единицы стандартизуемой продукции, определяемый как разность между экономией и затратами;

экономическая эффективность работ — соотношение экономического эффекта и затрат в народном хозяйстве страны в связи с применением конкретного стандарта.

Определение экономической эффективности рекомендуется осуществлять при разработке и применении стандартов: на продукцию и услуги, устанавливающих технические требования или технические условия; работы; методы контроля.

Техническая эффективность работ по стандартизации может выражаться в относительных показателях технических эффектов, получаемых в результате применения стандарта: например, в росте уровня безопасности, снижения вредных воздействий и выбросов, снижение материало-или энергоемкости производства или эксплуатации, повышении ресурса, надежности и др.

Экономическая эффективность стандартизации в первую очередь связана с сокращением номенклатуры продукции до некоторого рационального минимума и с отбором из всевозможных решений минимума наиболее рациональных. Экономия в этом случае достигается за счет необоснованного многообразия изделий, агрегатов, узлов и деталей, технологических процессов, методов, режимов и т. д. Одновременно создаются предпосылки для концентрации производства и организации специализированных производств, обладающими экономическими преимуществами по сравнению многономенклатурными предприятиями.

Другим источником эффективности стандартизации является повышение качества выпускаемой продукции в результате внедрения стандартов, содержащие повышенные требования к качеству продукции. В этом случае экономия достигается в сфере эксплуатации и за счет повышения конкурентоспособности на внешнем рынке.

Определение экономической эффективности стандартизации даёт возможность оценивать влияние стандартизации на производственно-хозяйственные показатели

предприятий всех отраслей, определять наиболее эффективные направления стандартизации, устанавливать уровень цен на стандартную продукцию, осуществлять материальное поощрение работ в области стандартизации.

Экономическая эффективность стандартизации в народном хозяйстве. Работы, проводимые по стандартизации в нашей стране, способствуют повышению эффективности производства, улучшению качества продукции, ее надежности и долговечности.

Оценка экономической эффективности стандартизации должна осуществляться на всех стадиях проектирования, производства и эксплуатации изделий и быть комплексной, т. е. учитывать все многообразие технических, экономических и организационных факторов, их взаимосвязь в ходе создания, производства и применения стандартизованной продукции.

Основным критерием экономической эффективности стандартизации изделий, имеющих самостоятельное эксплуатационное назначение (автомобиль, самолет, станок, автоматическая телефонная станция, спутник связи, радиорелейная станция и т. п.), является суммарная народно-хозяйственная экономия.

Экономическая эффективность стандартизации продукции определяется как в производственной сфере (опытно-конструкторские работы и серийное производство), так и в сфере эксплуатации.

Для определения экономической эффективности стандартизации используют формулу. Приведенные затраты на единицу продукции (работы), руб., представляют собой сумму себестоимости и нормативной прибыли:

$$З = С + E_n K,$$

где C - себестоимость единицы продукции (работ), руб.; E_n - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, принимаемый равным 0,15; K - капитальные удельные вложения в производственные (основные и оборотные) фонды, руб.

Годовой экономический эффект, полученный в производстве от внедрения стандартов, направленных на усовершенствования технологических процессов, механизацию автоматизацию производства, улучшения способов организации производства и труда, рассчитывается по одной из следующих формул:

$$\Delta = (Z_1 - Z_2) A_2 = (C_1 + E_n K_1) A_2 - (C_2 + E_n K_2) A_2;$$

$$\Delta = (\partial C \pm E_n \partial K) A_2;$$

$$\Delta = (C'_1 + E_n K'_1) - (C'_2 + E_n K'_2);$$

$$\Delta = \partial C' \pm E_n \partial K'$$

где Z_1, Z_2 - затраты на единицу продукции, руб.; A_2 - годовой выпуск продукции после внедрения стандарта, в натуральных единицах; C_1, C_2 - себестоимость единицы продукции, руб.; ∂C - изменение себестоимости единицы продукции, руб.; ∂K - изменение капитальных удельных вложений, руб.; C'_1, C'_2 - себестоимость годового выпуска продукции, руб.; K'_1, K'_2 - стоимость производственных фондов, руб.; $\partial C'$ - изменение себестоимости годового выпуска продукции, руб.; $\partial K'$ - изменение стоимости производственных фондов, руб.

В соответствии с ГОСТ 20779-81 "Экономическая эффективность стандартизации. Методы определения. Основные положения" расчет экономической эффективности стандартов выполняется:

- при включении разработки проекта стандарта в план работ по стандартизации (ожидаемый экономический эффект);

- при представлении на учреждения проекта стандарта, к которому должна быть предложена "Информационная карта технико-экономической эффективности стандарта";

- после внедрения стандарта (фактический экономический эффект).

Кроме этого стандарта, при определении экономической эффективности стандартизации используется ГОСТ 19539-80 "Экономическая эффективность стандартизации. Методы определения затрат на разработку стандартов", ГОСТ 20780-81 "Экономическая эффективность стандартизации. Методы определения фактической экономической эффективности действующих стандартов", ГОСТ 21340-80 "Экономическая эффективность стандартизации. Определение эффективности стандартизации экспортной продукции", а также ряд методик и руководящих документов. За основной показатель, характеризующий эффективность стандартизации, принимается величина годового экономического эффекта, определяемого как разность приведенных затрат до и после стандартизации.

Кроме того, при учете технико-экономической эффективности используется система натуральных показателей, характеризующих реальную экономию труда и ресурсов в народном хозяйстве. К таким показателям относятся снижение трудоемкости проектирования, производства или эксплуатации, повышение производительности труда, экономия сырья или материалов, топлива, электроэнергии, повышение качества продукции, ее надежности, долговечности и др.

Комплектность стандартизации обеспечивается разработкой программ, охватывающих стандартизацией не только готовые изделия, но и сырье, материалы, комплектующие изделия, элементы технологии, средства измерения, методы подготовки и организации производства. В условиях все усложняющихся связей по координации, интеграции и специализации производства, взаимодействию предприятий, министерств и ведомств программы комплексной стандартизации зарекомендовали себя как действенное средство межотраслевой кооперации, преодоления ведомственных барьеров.

Внедрение стандарта должно быть закончено до даты вступления в силу. Стандарт считается внедренным на предприятии, если установленные им требования соблюдают согласно его сферы действия и обеспечивают стабильность качества изготовления продукции.

Завершение работ с внедрением стандарта оформляется актом, который утверждает руководитель(заместитель)предприятия.

За внедрением и соблюдением стандартов осуществляет государственный надзор.

Государственный надзор - это деятельность специально уполномоченных органов государственной исполнительной власти по контролю за соблюдением субъектами предпринимательской деятельности стандартов, норм и правил при производстве и выпуске продукции с целью обеспечения интересов общества и потребителей, их надлежащего качества, безопасной для жизни, здоровья, имущества людей и окружающей среды.

Государственный надзор осуществляется по планам органов государственного надзора или по обращению граждан. Наряду с проведением государственного надзора проводится и ведомственный надзор.

Стандартизация является частью работ по созданию новой техники и характеризуется высокой экономической эффективностью. Экономическая эффективность определяется тем, что стандартизация позволяет:

- 1.Привести показатели качества продукции и соответствие достижений науки и техники.

- 2.Увязать свойства сырья, материалов, полуфабрикатов и готовой продукции.

- 3.Сократить сроки, трудоемкость разработки и освоения производства новых видов продукции.

4. Упорядочить системы документации
5. Повысить уровень специализации производства.
6. Осуществить надзор за внедрением и соблюдением стандартов в народном хозяйстве.

Экономическая эффективность стандартизации может быть определена в масштабе государства, отрасли или отдельного предприятия.

Экономический эффект от стандартизации составляет выраженную в денежных или натуральных показателях экономии живого и овеществленного труда в общественном производстве в результате внедрения стандарта с учетом необходимых затрат. Кроме того, проведение работ по стандартизации имеет не только экономические, но и технические и социальные последствия для государства.

Для некоторых стандартов невозможно определить экономическую эффективность. Например, это стандарты, в которых технико-экономические показатели остались без изменений или стандарты на установление порядка проведения работ (инструкции, положения, правила, нормы). Для таких стандартов дают качественные характеристики их целесообразности и затраты на их разработку и внедрение.

Литература

1. Федюкин В.К., Дурнев В.Д., Лебедев В.Г. Методы оценки и управления качеством промышленной продукции: Учебник. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: "Филинь", Рилант, 2008. – 328 с.

2. Амирджанянц Ф.А., Рабинович Б.Д., Швандар В.А. Эффективность стандартизации. – М.: Стандарттар баспаханасы, 1987. - 328 б.

References

1. Fedyukin V.K. Durnev V.D Lebedev V.G. Methods of estimation and management by quality of industrial products : Textbook.Publ. 2th, processed and complemented-M.:Filin. Rilant.2008-328 с.

2. Amirdzhanyanz F.A. Rabinovich B.D. Shvandar V.A.Efficiency of standardization.-M.: standards publishers.,1987-328p.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНО – ПРАВОВОЙ БАЗЫ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ХЛОПКОВОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

PERFECTION THE NORMATIVE AND LEGAL BASE OF PROCESSES FOR PRODUCTION OF COTTON CELLULOSE

Бердиярова Б.А., Тулекбаева А.К., Сабырханов Д.С., Ортаев А.Е.
Berdiyarova B.A., Tulekbayeva A.K., Sabyrkhanov D.S., Ortaev A.E.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
banu_143@mail.ru

Резюме

В статье рассматриваются вопросы развития и повышения конкурентоспособности предприятий хлопкового кластера, в частности предприятий по выпуску хлопковой целлюлозы на основе разработки новых категорий стандартов, таких как предварительный национальный стандарт или национальный стандарт вида общие технические условия.

Abstract

In the article deals with the development and increase the competitiveness of cotton cluster in particular enterprises producing cotton cellulose based on the development of new categories of standards, such as the preliminary national standard or the national standard type of general specifications.

Ключевые слова: стандартизация, нормативная база, национальные стандарты, стандарт организации, технический регламент, нормативные документы, хлопок, целлюлоза, отечественная продукция

Keywords: standardization, normative base, national standards, standards organizations, technical regulation, normative documents, cotton, cellulose, products of fatherland

Южно-Казахстанская область является основным регионом по выращиванию хлопка-сырца, в котором, размещены промышленные предприятия по его переработке и выпуску целой линейки готовой продукции. ТОО «Хлопкопром-Целлюлоза» входит в группу компаний «Хлопкопром», занятых в сфере хлопкового кластера Казахстана. Деятельность компаний охватывает все виды работ, связанных с хлопком, – от выращивания на собственных полях до очистки и глубокой переработки на собственных предприятиях. К основным видам, выпускаемой продукции компании относятся: хлопковое волокно всех сортов, хлопковый линт, улюк, хлопковые семена, хлопковая целлюлоза всех марок, гигроскопическая вата, техническая и очищенная карбоксиметилцеллюлоза [1].

Выпуск промышленной целлюлозы из хлопка - это возможность импортозамещения, так как в природе целлюлоза никогда не встречается в чистом виде. Сырьем для ее производства является древесина, содержание целлюлозы в которой, колеблется в пределах 40—60% и волокна хлопка, содержащие от 92 до 95% целлюлозы [2].

Промышленное производство собственной целлюлозы обусловлено тем, что хлопковая целлюлоза является исходным сырьем для пороховой, лакокрасочной и других промышленности. Применяя хлопковую целлюлозу можно выработать более

120 наименований товаров. Среди них: микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ), карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), порошок, коллоксилины, лаки, краски, пластмассы, высококачественные сорта бумаги, пластический материал, применяемый в авиа /судо/ ракетостроении и многое другое[3].

Начиная с момента запуска на предприятии, перед специалистами встал вопрос, налаживания на современном оборудовании не только вопросов развития и совершенствования технологии получения целлюлозы, но и разработки нормативных документов, таких как стандартов на готовую продукцию для подтверждения соответствия показателей качества и безопасности, требуемой системой технического регулирования и метрологии.

Для развития и повышения конкурентоспособности предприятий хлопкового кластера необходимо решение актуальных задач в области разработки и совершенствования нормативной составляющей, таких как:

- Внедрение стандартов оценки качества целлюлозы из хлопка
- Совершенствование нормативно- правовой базы
- Разработки технических регламентов и стандартов, соответствующих международным требованиям.

Поэтому актуальность работы для предприятий ЮКО по выпуску продуктов переработки хлопка, в частности промышленной целлюлозы из хлопка, приобретает жизненную необходимость, так как без нормативных документов, соответствующих мировым стандартам конкурентоспособность отечественной продукции, как на территории Таможенного Союза и Евразийского экономического союза и тем более в рамках ВТО будет низкой.

Цель наших исследований заключается в проведении работ по разработке нормативных документов различных категорий и видов стандартов с обеспечением их гармонизации с основными международными процессами стандартизации.

Для достижения поставленной цели в нашем диссертационном исследовании будут решаться следующие задачи:

1. Проведение анализа нормативно- правовой базы Республики Казахстан, стран СНГ в области продуктов переработки хлопка- сырца - хлопковой целлюлозы.
2. Изучение основных проблем предприятий по получению хлопковой целлюлозы в области разработки и внедрения стандартов оценки качества целлюлозы из хлопка.
3. Исследования по выбору категории и видов стандартов на готовую продукцию.
4. Разработка рекомендаций по планированию работ по стандартизации на ТОО «Хлопкопром-Целлюлоза».
5. Разработка рекомендаций по порядку внесения предложений на разработку технического регламента и предварительного национального стандарта.
6. Разработка проектов нормативных документов.
7. Апробация полученных результатов на примере ТОО «Хлопкопром-Целлюлоза».

В настоящее время в Республики Казахстан национального стандарта на целлюлозу хлопковую отсутствует, в качестве нормативных документов, используемых для такой продукции применяется либо межгосударственный ГОСТ 595-79 - Целлюлоза хлопковая. Технические условия [4], либо разработанные предприятием стандарты организации (СТ О). Есть государственный стандарт СТ РК 1596-2006 на линт хлопковый, являющийся сырьем для получения хлопковой целлюлозы вида технические условия [5].

Согласно ГОСТ 595-79 – Целлюлоза хлопковая. Технические условия [4], в зависимости от физико-технических показателей хлопковую целлюлозу подразделяют на три сорта: высший, 1-й, 2-й сорт. По химико-техническим показателям хлопковая целлюлоза должна соответствовать нормам, указанным в таблице 1.

1. По согласованию с потребителем допускается поставить хлопковую целлюлозу с массовой долей воды выше норм для каждого сорта. При этом пересчет массы целлюлозы производят по ГОСТ 4680.

2. Массовую долю альфа-целлюлозы определяют любым методом. При возникновении разногласий в оценке показателя альфа-целлюлозы применяют весовой метод (п. 4.3.1).

3. Показатели 7, 8, 9 определяют по требованию потребителей.

4. Показатель смачиваемости хлопковой целлюлозы, предназначенный для производства ацетилцеллюлозы, медно-аммиачного волокна, картона должен соответствовать нормам, указанным в договоре.

Таблица 1–Физико- химические показатели хлопковой целлюлозы

Наименование показателя	Норма для сортов			Методы испытания
	Высшего	первого	Второго	
1. Внешний вид	Рыхлая масса белог цвета, не содержащая включений в виде щепа, песка, кусочков резины, металлических включений и других примесей нецеллюлозного характера			По п. 4.2
2. Массовая доля альфа-целлюлозы, %, не менее				По п. 4.3 По п. 4.3.1
а) по весовому методу для марок				
15	98,2	97,2	96,0	
25, 35	98,5	97,7	97,5	
для других	99,0	98,0	97,5	
б) по фотометрическому методу для марок				По п. 4.3.2
15	98,2	97,2	96,0	
25, 35	98,5	97,7	97,5	
для других	99,0	98,0	97,5	
3. Смачиваемость (для производства нитроцеллюлозы), г, не менее для марки				По п. 4.4
15	145	140	130	
для других	150	140	130	
4. Массовая доля воды, % не более	8,0	10,0	10,0	По п. 4.5
5. Массовая доля золы, % не более	0,1	0,2	0,3	По п. 4.6
6. Массовая доля остатка, не растворимого в серной кислоте, % не более	0,10	0,30	0,50	По п. 4.7
7. Массовая доля волокнистой пыли, % не более	2,0	2,0	2,0	По п. 4.8
8. Белизна, % не менее	88	85	-	По п. 4.9
9. Масса железа, мг/кг абсолютно сухой целлюлозы, не более	25	-	-	По п. 4.10
10. Динамическая вязкость, сПа·с (СП) для марок:				По п. 4.11
15		1,0-2,0 (10-20)		
25		2,1-3,0 (21-30)		
35		4,6-8,5 (46-85)		
70		8,6-11,5 (86-115)		
100		11,6-17,5 (116-175)		
150		17,6-30,0 (176-300)		
250		30,1-43,0 (301-430)		
350		43,1-85,0 (431-850)		
650				

Однако необходимо отметить, что наличие государственных (национальных стандартов) позволит учитывать особенности применяемой технологии, качественные показатели сырья для производства готовой продукции, следовательно, выбор категорий и видов стандартов на целлюлозу решит проблему обеспечения нормативной составляющей отечественных производств по выпуску хлопковой целлюлозы.

Для разработки национальных стандартов с 2013 года введены в действие актуализированные национальные стандарты СТ РК 1.5-2013 «Государственная система технического регулирования Республики Казахстан. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию национальных стандартов» и СТ РК 1.2-2013 «Государственная система технического регулирования Республики Казахстан. Порядок разработки национальных и предварительных национальных стандартов» на основании которых, разрабатываются все национальные стандарты Республики Казахстан [6,7].

СТ РК 1.5-2013 устанавливает общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению национальных стандартов и предварительных национальных стандартов Республики Казахстан.

СТ РК 1.2-2013 распространяется на национальные стандарты и изменения к ним, предварительные национальные стандарты и устанавливает порядок разработки, согласования, утверждения, учета, регистрации, обновления (изменения, пересмотра), применения, отмены и внесения поправок в стандарты. Положения этих стандартов подлежат применению государственными органами, техническими комитетами по стандартизации, другими физическими и юридическими лицами Республики Казахстан независимо от организационно-правовых форм и подчиненности, осуществляющими свою деятельность на территории Республики Казахстан и участвующими в работах по разработке, экспертизе и применению стандартов.

В процессе выполнения исследований планируем разработку предварительного национального стандарта на хлопковую целлюлозу, на основе подачи Предложения-заявки от ТОО «Хлопкопром-Целлюлоза» к Плану работ по государственной стандартизации на 2016 год.

Литература

1. Сайт ТОО «Хлопкопром-Целлюлоза», www.shymkent.all.biz/hlopkoprom-cellyuloza-too-e
2. Манушин В.И. Целлюлоза, сложные эфиры целлюлозы и пластические массы на их основе, 2002, 107 с
3. Фролова С. В. Анализ структуры целлюлозы II [Текст] / Л.А. Алешина, Н.В. Мелех, С.В. Фролова // Химия и технология растительных веществ: Тез. докл. V Всерос. конф.-школы – Уфа, 2008. – С. 71.
4. ГОСТ 595-79 - Целлюлоза хлопковая. Технические условия
5. СТ РК 1596-2006 Линт хлопковый. Технические условия
6. СТ РК 1.5-2013 «Государственная система технического регулирования Республики Казахстан. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию стандартов»
7. СТ РК 1.2-2013 «Государственная система технического регулирования Республики Казахстан. Порядок разработки национальных и предварительных национальных стандартов»

References

1. Sayt TOO «Khlopkoprom-Tsellyuloza», www.shymkent.all.biz/hlopkoprom-cellyuloza-too-e

2. Manushin V.I. Tsellyuloza, slozhnye efiry tsellyulozy i plasticheskie massy na ikh osnove, 2002, 107 s
3. Frolova S. V. Analiz struktury tsellyulozy II [Tekst] / L.A. Aleshina, N.V. Melekh, S.V. Frolova // Khimiya i tekhnologiya rastitel'nykh veshchestv: Tez.dokl. V Vseros. konf.-shkoly – Ufa, 2008. – S. 71.
4. GOST 595-79 - Tsellyuloza khlopkovaya. Tekhnicheskie usloviya
5. ST RK 1596-2006 Lint khlopkovyy. Tekhnicheskie usloviya
6. ST RK 1.5-2013«Gosudarstvennaya sistema tekhnicheskogo regulirovaniya Respubliki Kazakhstan.Obshchie trebovaniya k postroeniyu, izlozheniyu, oformleniyu i sodержaniyu standartov»
7. ST RK 1.2-2013«Gosudarstvennaya sistema tekhnicheskogo regulirovaniya Respubliki Kazakhstan. Poryadok razrabotki natsional'nykh i predvaritel'nykh natsional'nykh standartov»

УДК 006: 636.295/296

UDC 006: 636.295/296

АНАЛИЗ НОРМАТИВНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПРОИЗВОДСТВА ВЕРБЛЮЖЬЕГО МОЛОКА И ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ

ANALYSIS OF THE COMPONENTS OF PRODUCTION OF CAMEL MILK AND ITS PRODUCTS

**Болысова Г.С., Ешанкулов А.А., Тулекбаева А.К., Ажимуратова А.С.
Bolysova G.S., Eshankulov A.A., Tulekbayeva A.K., Azhimuratova A.S.**

Южно- Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Республика Казахстан
ЮКФ РГП «Казахстанский институт стандартизации и сертификации», Шымкент,
Республика Казахстан
M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
RSE "Kazakhstan Institute of Standardization and Certification", Shymkent, Kazakhstan
Gul_naz_ira@mail.ru

Резюме

В статье приводятся результаты обзора нормативных документов на верблюжье молоко и продукты его переработки в Республике Казахстан, технических регламентов Таможенного Союза на показатели безопасности с целью дальнейшего совершенствования нормативной составляющей отрасли верблюдоводства и реализации задач Программы развития отрасли верблюдоводства на 2013-2020 годы в области технического регулирования.

Summary

The article presents the results of a review of regulatory documents on camel milk and its products in the Republic of Kazakhstan, the technical regulations of the Customs Union on safety performance in order to further improve the regulatory component of the camel industry and achieve the objectives of the Programme of development of the industry camel for 2013-2020 in the field of technical regulation.

Ключевые слова: конкурентоспособность, агропромышленный комплекс, нормативная составляющая, нормативные документы, стандарты, технические регламенты, таможенный союз, показатели безопасности, верблюдоводство, верблюжье молоко, продукты переработки, шубат, техническое регулирование, стандартизации, сертификация.

Keywords: competitiveness, agriculture, normative component, regulatory documents, standards, technical regulations, customs union, safety records, camel, camel milk, processed, shubat, technical regulation, standardization and certification.

Принятая в 2013 году Правительством Республики Казахстан Программа по развитию агропромышленного комплекса в Республике Казахстан на 2013 – 2020 годы «Агробизнес – 2020» направлена на создание условий для повышения конкурентоспособности субъектов агропромышленного комплекса, к которой в первую очередь относится отрасль животноводства, занимающая около 43% от всей валовой продукции сельского хозяйства[1].

К одной из важнейших отраслей животноводства республики относится верблюдоводство. Основное назначение выращивания верблюдов в нашей стране это получение мяса и шерсти, а их молоко в промышленных объемах практически не используется, хотя мировой опыт показывает неуклонное повышение объема потребления верблюжьего молока и продуктов его переработки, в связи с его уникальными свойствами, как по содержанию различных витаминов, микроэлементов, так и по питательным свойствам.

Чтобы обеспечить страну в натуральном молоке, необходимо уделять внимание развитию отгонного молочного животноводства, а именно верблюдоводству. Потенциал развития верблюдоводства заключается в обширных территориях пустынных и полупустынных пастбищ нашей страны. В мировой практике развития АПК перспективным направлением является разработка малозатратной технологии производства высококачественного верблюжьего молока при круглогодичном пастбищном содержании верблюдов в условиях резкоконтинентального климата Казахстана. К 2020 году во всех категориях хозяйств ежегодное производство верблюжьего молока должна увеличиться до 5675 тонн [2].

Экспортный потенциал верблюжьего молока и продуктов его переработки очень высок, из-за их уникальных свойств по лечению ряда серьезных заболеваний человека. Обширные научные исследования проводимые в мире показывают результаты по лечению сахарного диабета, туберкулеза, заболеваний аутоиммунной системы, гепатита, профилактики раковых заболеваний [3,4,5,6].

В Программе развития отрасли верблюдоводства на 2013-2020 годы в области технического регулирования (стандартизации, сертификации) предусмотрено решение таких задач как:[7]

- разработка требований к качеству и безопасности продукции верблюдоводства, в том числе к молоку и продуктам его переработки
- внедрение международных стандартов качества производимой продукции
- разработке национальных, отраслевых (стандарты консорциумов) на продукцию верблюдоводства, в том числе к молоку и продуктам его переработки.

При проведении обязательного и добровольного подтверждения соответствия верблюжьего молока и продуктов его переработки проводится процедура их идентификации, требования к которой заложены в техническом регламенте Таможенного Союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», а также в СТ РК 2152-2011 Идентификация молочной продукции. Общие положения. (Приложение В. Идентификация для обнаружения фальсификации молочной продукции. Практика иностранных государств, стран СНГ и Казахстана) [8,9].

В этой связи для обеспечения свободного перемещения пищевой продукции, выпускаемой в обращение на единой таможенной территории Таможенного союза

необходимо провести исследования по выбору показателей качества и показателей безопасности верблюжьего молока и продуктов его переработки для целей идентификации при подтверждении их соответствия, разработке рекомендаций по применению положений и требований Технических регламентов Таможенного союза для продукции пищевых отраслей Республики Казахстан в процессе подтверждения соответствия показателям безопасности при их сертификации органами подтверждения соответствия, разработке проектов стандартов различных категорий и видов, что и предопределило выбор данной тематики в качестве темы магистерской работы по своей актуальности.

Нами поставлены такие цели как:

1. Разработка рекомендаций по выбору показателей качества и показателей безопасности верблюжьего молока и продуктов его переработки для целей их идентификации при подтверждении соответствия на основе требований Технических регламентов Таможенного союза для продукции пищевых отраслей Республики Казахстан,

2. Разработка проектов нормативных документов на продукцию верблюдоводства, в том числе к молоку и продуктам его переработки.

Исследования будут проводится как на базе действующего в Байдибекском районе предприятия по выращиванию верблюдов, получения сырого верблюжьего молока и продуктов его переработки, так и на базе исследовательских организаций в области стандартизации и сертификации, а также испытательных лабораторий, проводящих испытания и контроль партий готовой продукции.

В качестве задач, решение которых позволит нам достичь поставленных целей нами запланировано:

1. Провести анализ нормативной составляющей производства верблюжьего молока и продуктов его переработки в Республике Казахстан, СНГ, в мире.

2. Изучить требования к качеству и безопасности продукции верблюдоводства - к молоку и продуктам его переработки.

3. Провести выбор показателей качества верблюжьего молока и продуктов его переработки для целей идентификации.

4. Исследовать и изучить основные показатели безопасности верблюжьего молока и продуктов его переработки для целей идентификации.

5. Изучить методы испытаний и измерений для целей подтверждения соответствия верблюжьего молока и продуктов его переработки.

6. Изучить требования государственных стандартов Республики Казахстан по разработке различных категорий и видов стандартов с разработкой рекомендаций по планированию работ по стандартизации процессов производства верблюжьего молока и продуктов его переработки.

7. Разработать проекты нормативных документов на верблюжье молоко и продукты его переработки.

8. Провести апробацию полученных результатов на примере СТК «Отырар сүт-ет».

Первым этапом работы является проведение анализа наличия нормативных документов на готовую продукцию – верблюжье молоко и продукты его переработки в Республике Казахстан.

Анализ нормативной составляющей показал, что в РК разработаны и действуют следующие нормативные документы:

Закон Республики Казахстан «О безопасности пищевой продукции».

Технический регламент «Требования к упаковке, маркировке, этикетированию и правильному их нанесению».

Технический регламент «Требования к безопасности молока и молочной продукции».

Правила утилизации и уничтожения пищевой продукции, представляющей опасность жизни и здоровью человека и животных, окружающей среде».

СТ РК 166-97 Молоко верблюжье для переработки на шубат.

СТ РК 1081-2002 Порядок разработки технологических инструкций и рецептов на пищевые продукты. Основные положения.

СТ РК 1732-2007 Молоко и молочные продукты. Органолептический метод определения показателей качества.

СТ РК 1733-2007 Молоко и молочные продукты. Общие технические условия.

СТ РК 1734-2007 Молоко и молочные продукты. Правила приемки и методы контроля.

СТ РК 1735-2007 Молоко и молочные продукты. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение

СТ РК 2019-2010 Молоко и молочные продукты. Термины и определения.

СТ РК 2005-2010 Молоко и продукты переработки молока. Технологическая инструкция. Общие требования к оформлению, построению и содержанию.

СТ РК 2117-2011 Национальные казахские молочные продукты. Виды. Общие технические условия

При анализе нормативных документов необходимо помнить, что в случае принятия и введение на Таможенной территории Технических регламентов Таможенного Союза на продукцию, которую экспортируют на таможенной территории необходимо применять требования ТР ТС. Так, по показателям безопасности наши производители в этом случае должны ориентироваться на принятый на Таможенной территории технический регламент ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», а по безопасности упаковки ТР ТС 005/2011 [10].

Принятый на Таможенной территории технический регламент ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» в Приложении № 5 к техническому регламенту приводятся показатели идентификации сырого молока других видов сельскохозяйственных животных, в том числе верблюжьего (таблица 2), согласно которой содержание составных частей молока, % должно составлять: жира, не менее 3; белка, не менее 3,8; сухие веществ, в среднем 15; Плотность при температуре 20°C, не менее 1032; кислотность, °Т, не более 17,5[8].

СТ РК СТ РК 166-97 распространяется на молоко верблюжье цельное, предназначенное для промышленной переработки на шубат и может использоваться для целей сертификации [11].

На основании имеющихся нормативных документов нами в дальнейшем будут изучены соответствия качества и безопасности шубата, производимого предприятием СТК «Отырар сүт-ет», которые в качестве исходных данных послужат для разработки следующих категорий и видов стандартов, необходимых для целей идентификации и сертификации

Таким образом, можно сделать вывод о том, что обзор нормативной составляющей для продукции верблюдоводства, что в данном направлении есть наработки по развитию нормативной составляющей молочной отрасли, разработки новых стандартов на методы испытаний, которые могут служить доказательной базой соблюдения требований технических регламентов, что в конечном итоге повысит конкурентоспособность отечественной продукции.

Литература

1. Программа по развитию агропромышленного комплекса в Республике Казахстан на 2013 – 2020 годы «Агробизнес – 2020», утвержденной Правительством Республики Казахстан от «18» февраля 2013 года № 151.

2. Аналитическая служба Рейтингового Агентства РФЦА Республики Казахстан/Анализ отрасли животноводства, Алматы, 2010 г.

3. Программа развития отрасли верблюдоводства на 2013-2020 годы. –Алматы: Фибрат, 2013 г. -31 с.
4. Технический регламент Таможенного Союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» (утвержден решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 г. № 67).
5. СТ РК 2152-2011 Идентификация молочной продукции. Общие положения.
6. Технический регламент Таможенного Союза ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки»
(утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 16 августа 2011 года № 769)
7. СТ РК 166-97 Молоко верблюжье для переработки на шубат.
8. Агравал Р.П., Бенивал Р, Кочар ДК, и др. Верблюд молоко в качестве дополнения к инсулинотерапии улучшает долгосрочную гликемический контроль и снижение дозы инсулина у пациентов с диабетом типа 1: 1 год рандомизированного контролируемого исследования. *Диабет исследований и клинической практики*. 2005 года; 68 (2): 176-177. [PubMed]
9. Агравал Р.П., Джейн S, S Шах, Чопра А, Агарвал В. Влияние верблюжьего молока на гликемический контроль и Требование к инсулину у больных с сахарным диабетом 1 типа: 2 лет рандомизированное контролируемое исследование. *European Journal клинического питания*. 2011 года; 65 (9): 1048- 1 052.

References

1. The program for the development of agriculture in the Republic of Kazakhstan for 2013 - 2020 "Agribusiness - 2020" approved by the Government of the Republic of Kazakhstan "18" February 2013 № 151.
2. Analytical service RFCA Rating Agency of the Republic of Kazakhstan / analysis of the livestock industry, Almaty, 2010
3. Development Programme camel industry for 2013-2020. -Almaty: Fibrat, 2013 -31 p.
4. Technical Regulations of the Customs Union TR CU 033/2013 "On the safety of milk and dairy products" (approved by the Board of the Eurasian Economic Commission on October 9, 2013 № 67).
5. ST RK 2152-2011 Identification of dairy products. General.
6. Agrawal RP, Beniwal R, Kochar DK, et al. Camel milk as an adjunct to insulin therapy improves long-term glycemic control and reduction in doses of insulin in patients with type-1 diabetes: a 1 year randomized controlled trial. *Diabetes Research and Clinical Practice*. 2005;68(2):176–177. [PubMed]
7. Agrawal RP, Jain S, Shah S, Chopra A, Agarwal V. Effect of camel milk on glycemic control and insulin requirement in patients with type 1 diabetes: 2-years randomized controlled trial. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2011;65(9):1048- 1052
8. Saltanat H, Li H, Xu Y, Wang J, Liu F, Geng X-H. The influences of camel milk on the immune response of chronic hepatitis B patients. *Xi Bao Yu Fen Zi Mian Yi Xue Za Zhi*. 2009;25(5):431433
9. Shabo Y, Yagil R. Etiology of autism and camel milk as therapy. *Journal of Endocrine Genetics*. 2005;4(2):67–70

**ВНЕДРЕНИЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ КАЧЕСТВА – ПУТЬ
ПОВЫШЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ**

**INTRODUCTION OF INTERNATIONAL STANDARDS QUALITY - THE WAY OF
INCREASING THE INNOVATIVE COMPANIES CONTROL**

**Сарсенбай С.О., Джамалова З.И., Орманова Г.М.
Sarsenbay S.O., Dzhamalova Z.I., Ormanova G.M.**

Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
sabir512@mail.ru

Резюме

Стратегия управления компанией не может не учитывать изменения во внешней среде (экономике, обществе, политике), непредсказуемость бизнес-среды, необходимость ускорения процессов технологического обновления, объединения усилий различных компаний с целью предоставления совместных услуг, привлечения внешних ресурсов для решения технологических и управленческих задач компании. Управление инновациями обеспечивает вывод компаний на новый уровень. Поэтому возросшее значение, инновационной деятельности вызывает необходимость рассматривать инновационный менеджмент не только в комплексе дисциплин теории и практики управления, но и в структуре управления компаниями.

Опыт технологически развитых стран показывает, что инновационное развитие может быть обеспечено только в результате эффективного осуществления инновационной деятельности на уровне государств, отдельных отраслей и предприятий. Необходимым условием перехода любой страны к инновационному развитию также является инициируемое государством формирование и развитие инновационной инфраструктуры.

Состояния инновационной деятельности в любом государстве является важнейшим индикатором развития общества и его экономики. В настоящее время инновационная политика в развитых странах является составной частью государственной социально-экономической политики. Она позволяет решать задачи перестройки экомеджмент, менеджмент знаний и менеджмента непрерывности бизнеса экономики, непрерывного обновления технической базы производства, выпуска конкурентоспособной продукции и направлена на создание благоприятного экономического климата для осуществления инновационных процессов.

Разработка научно-методической базы стандартизации для обеспечения инновационного развития будет осуществляться с позиций процессно- проектного, системного и процессного подходов с использованием системного проектирования.

Abstract

The strategy of the company's management cannot ignore the changes in the external environment (economy, society, politics), the unpredictability of the business environment, the need to accelerate the process of technological renovation, combining the efforts of various companies to provide shared services, outsourcing to address technological and managerial objectives of the company. Innovation Management provides a conclusion on a new level. Therefore, the increased importance of innovation activities is the need to consider

innovative management, not only in complex disciplines of management theory and practice, but also in the governance structure of companies.

Experience technologically advanced countries shows that innovative development can be achieved only through effective implementation of innovation at the level of states, individual industries and companies. A prerequisite of any transition to innovative development of the country also triggered the formation of the state and development of innovation infrastructure.

The states of innovation in any country is an important indicator of the development of society and its economy. Currently, innovation policy in the developed countries is an integral part of the state socio-economic policy. It solves the problem of restructuring eco-management, knowledge management and business continuity management of the economy, continuous updating of technical base of production of competitive products, and is aimed at creating a favorable economic climate for the implementation of innovative processes.

Development of scientific and methodological basis for the standardization of innovative development will be carried out from the standpoint of process-design, system and process approaches with the use of systems engineering.

Ключевые слова: стандартизация, инновационное управление, эффективность инновационного менеджмента, зарубежный опыт

Keywords: standardization, innovation management, the effectiveness of innovation management, international experience

Стратегия разработки стандартов в компании должна исходить из характера бизнеса, направлений деятельности, целей, возможностей многовариантного поведения компании на рынке, ее ресурсов.

Умение управлять стратегией означает заставить происходящие изменения на рынке и ресурсы компании работать на компанию, а значит, также прогнозировать и изменять бизнес-среду.

Существует три вида стратегии: стратегия инновационная, стратегия обновления и стратегия совершенствования.

Инновация — это как раз те изменения, которые характеризуются резким переходом от одних направлений деятельности к другим.

Обновление — более плавные изменения.

Совершенствование — это практически совершенствование качества продукции, небольшие изменения на предприятии, связанные с тем, чтобы постоянно улучшать свою деятельность.

Инновации, инновационная деятельность выступают в качестве глобальной движущей силы преобразований, влияющей на экономический рост изменения. Внедрение новшеств в продукцию, услуги, применение доли науки, техники, технологий, явления принципиально изменяют их конкурентоспособность, обеспечивая конкурентные преимущества в виде научно-технического эффекта, маркетингового результата, увеличения доли компании на рынке и т.д. В связи с этим особое значение в деятельности компании приобретает инновационное лидерство и инновационный менеджмент. В промышленно развитых странах уровень роста производительных сил достигнут в результате активизации инновационной деятельности в области совершенствования средств производства, продукции, управления. При этом мировой опыт показывает, что наибольший эффект достигается в случае коренного изменения технологий производства, перехода к изготовлению принципиально новой продукции, кардинальных перестроек систем управления [1].

Современный мир как раз отличается тем, что все чаще имеют место инновационные процессы (именно инновационные стратегии сейчас господствуют на рынке). Естественно, все три вида стратегий должны быть поддержаны и

соответствующими образовательными процессами, и соответствующими информационными ресурсами.

В большей степени менеджмент качества характерен именно для постепенного совершенствования. И в меньшей степени менеджмент качества продукции влияет на инновационные процессы. Инновационные процессы требуют других, гораздо более гибких, быстрых и более эффективных механизмов, нежели просто постепенное повышение качества продукции.

Эффективность инновационного менеджмента в деятельности компании непосредственно связана с применением стандартов, которые являются ориентирами не только для технологических процессов, товаров, услуг, но и для определения стратегий, предопределяющих действия компании на рынке. Развитие инновационного менеджмента обусловило совершенствование стратегии стандартизации, развитие стандартов на системы управления. Широкое распространение получили системы менеджмента качества, в эволюционном развитии перешедшие в интегрированные системы управления, в необходимость разработки стандартов стратегического и корпоративного управления, маркетинга и т.д.

Опыт развитых стран в сфере развития инновационного сектора экономики показывает, что оно невозможно без создания инновационной инфраструктуры, в том числе, соответствующей нормативной документации.

Стандартизация позволяет снизить риски капиталовложений, увеличить вероятность удовлетворения потребителя продукцией, сократить возможные потери, реализовать функциональную совместимость, создать доверительные отношения между производителем и потребителем, компаниями, обществом. О том, что стандартизация позволяет удовлетворить запросы рынка и лучше организовать деятельность компании, свидетельствуют многие данные, в том числе результаты, полученные при внедрении ISO 9001 [2].

Любая система управления непосредственно связана с периодически повторяющимися задачами, действиями по принятию и реализации управленческих решений в рамках тех или иных функциональных направлений деятельности, что позволяет установить требования к их выполнению.

Повышение значимости системы управления в условиях информационной экономики создает потребность в создании нового вида стандартов, охватывающих области стратегического планирования, разработки стратегии деятельности компании на рынке, стратегии самой стандартизации в компаниях и т.д.

ISO 9001 стал базовым стандартом в области управления, необходимым для обеспечения эффективной деятельности компании, «успешного производства продукции для потребителя [3].

Зарубежный опыт стандартизации и практика управления на основе стандартов ИСО обуславливают целесообразность применения процессного, системного подходов и цикла PDC(S)A для организации и управления инновационной деятельностью [5,6].

Значительный интерес представляют португальские и испанские стандарты. На испанских предприятиях внедряют инновационную систему менеджмента по стандарту UNE 166002:2006 [7]. Этот нормативный документ многие специалисты считают более совершенным, чем португальский аналог – NP 4457:2007 [8]. UNE 166002:2006 базируется на системном и процессном подходах в менеджменте и предусматривает сертификацию. В Испании стандарт, о котором идет речь, приобрел настолько большой авторитет, что соответствие ему является критерием уровня развития инновационной составляющей компании. Оценка соответствия по этому стандарту может быть одним из аргументов в предоставлении государственной поддержки той или иной организации, например, различных налоговых послаблений и льгот, предназначенных в Испании для стимулирования высокотехнологичных производств.

Что касается инноваций в странах постсоветского пространства, то здесь пока наблюдается, в основном, законодательная активность. Законы и государственные акты, касающиеся инноваций, готовятся в Азербайджане, Армении, Казахстане, Кыргызстане, в Украине. В последней, первичная законодательная база для поддержки инновационной деятельности возникла еще в 90-х годах. Двухтысячные в Украине ознаменовались появлением налоговых послаблений и льгот для организаций инновационного сектора. В таких странах как Белоруссия, Грузия – отдельных законов, направленных на развитие и регулирование инновационной деятельности – не предусмотрено. Различные меры в этой области распределены между официальными документами, посвященными более общим вопросам [5].

Таким образом, зарубежная практика внедрения и управления инновационного менеджмента показало что на Казахстанских предприятиях необходимо его внедрении по национальному стандарту СТ РК UNE 166002-2012. Менеджмент R&D&I: Требования к системам менеджмента R&D&I

Литература

1. hellion-ltd.ru.
2. СТ РК ИСО 9001:2009 "Системы менеджмента качества. Требования".
3. Алешин Б. С. и др. Философские и социальные аспекты качества. — М.: Логос, 2004.
4. Журнал Стандарты и качество. — 2010. — № 2.
5. Кобец Б., Конев А., Токарев О., Шишкова Т. Применение зарубежного опыта в управлении инновационной деятельностью российских энергокомпаний // Энергорынок. — 2009. — № 9, 10.
6. Волкова И., Кобец Б., Шишкова Т. Методы и модели эффективного управления инновационной деятельностью энергетических компаний // Стандарты и качество. — 2010. — № 2.
7. СТ РК UNE 166002-2012. UNE 166002:2006 Management R&D&I: R&D&I Management system requirements (IDT)
8. Research, Development and Innovation Management System NP 4457:2007. NP 4457:2007

References

1. hellion-ltd.ru.
2. ST RK ISO 9001: 2009 "Quality Management Systems. Requirements".
3. Aleshin BS and others. Philosophical and Social Aspects of quality. - M .: Logos, 2004.
4. Standards and Quality Magazine. - 2010. - № 2.
5. B. Kobets, Konev A. Tokarev O. T. Shishkov foreign Application experience in management of innovative activity of Russian energy // Energy Market. - 2009. - № 9, 10.
6. I. Volkov, B. Kobets, T. Shishkov Methods and models of effective innovation management utilities // Standards and Quality. - 2010. - № 2.
7. ST RK UNE 166002-2012. UNE 166002: 2006 Management R & D & I: R & D & I Management system requirements (IDT)
8. Research, Development and Innovation Management System NP 4457: 2007. NP

**ПРИОРИТЕТНЫЕ ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ КАЗАХСТАНА – ВНЕДРЕНИЕ СТАНДАРТОВ
МЕНЕДЖМЕНТА РИСКОВ**

**FOREGROUND TASKS FOR PROVISION ECONOMIC SECURITY OF
KAZAKHSTAN - IMPLEMENTATION OF STANDARDS OF RISK MANAGEMENT**

**Усенова Ж.Н., Тулекбаева А.К., Сабырханов Д.С., Макулбекова Г.
Usenova Zh. N., Tulekbayeva A.K., Sabyrkhanov D.S., Makulbekova G.**

Южно- Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент,
Республика Казахстан
M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
usenova.zhanar1992@mail.ru

Резюме

В статье рассматриваются актуальные вопросы формирования системы управления рисками на основе международного стандарта ISO 31000 и гармонизированного с ним государственных стандартов Республики Казахстан для повышения экономической эффективности и деловой репутации казахстанских предприятий на основе разработки механизмов и инструментов управления рисками и обеспечения их эффективности и системности.

Abstract

In the article deals with topical issues of forming a risk management system based on the international standard ISO 31000 and harmonized them with state standards of the Republic of Kazakhstan to increase economic efficiency and business reputation of Kazakhstani companies through the development of mechanisms and tools for risk management and to ensure their effectiveness and systematic.

Ключевые слова: риск, менеджмент рисков, международный стандарт ISO 31000, национальный стандарт ИСО 31000-2010, принципы, методы, оценка, классификация.

Keywords: risk, risk management, International Standard ISO31000, the national ISO31000-2010, principles, methods, evaluation, classification.

Риски, влияющие на организации, могут иметь последствия с точки зрения экономической эффективности, деловой репутации, окружающей среды, безопасности и социальные последствия.

Мировая практика предлагает один из подходов к решению данной проблемы - стандартизация в области управления рисками. Эффективное управление рисками позволяет организациям показывать хорошие результаты в условиях полной неопределенности.

В ноябре 2009 года был опубликован стандарт ISO 31000 Риск-менеджмент – Принципы и рекомендации, который призван помочь организациям любых размеров, эффективно управлять рисками. Стандарт ISO 31000 описывает общие подходы, предоставляет принципы и руководства по систематическому, понятному и надежному менеджменту любого вида рисков в рамках любой области применения и контекста. Одновременно был опубликован ISO Guide 73:2009 - Словарь управления риска, как дополнение к ISO 31000, дающий определения понятий, относящихся к управлению рисками. Другой заслуживающий внимания документ в этой серии – ISO 31010. Риск-

менеджмент – Методы риск менеджмента[1]. Данный международный стандарт – поддерживает стандарт ISO 31000 и обеспечивает руководство по выбору и применению систематических методов оценки риска. Применение ряда методов представляется в форме специальных ссылок на другие международные стандарты, где концепция и применение методов описываются более подробно.

Организации всех типов и уровней сталкиваются с внутренними и внешними факторами и воздействиями, которые вызывают неопределенность, достигнет ли организация и когда свои цели. Результатом воздействия этой неопределенности на цели организации является «риском». Тогда как все организации, в той или иной мере, занимаются управлением рисков, стандарт ISO 31000 устанавливает ряд принципов, необходимых для осуществления результативного риск-менеджмента. Этот стандарт рекомендует организациям разрабатывать, внедрять и постоянно улучшать структуру, цель которой - интегрировать процесс риск-менеджмента в общее управление организацией, стратегию, планирование, менеджмент, процессы отчетности, политики, ценности и культуру организации[2,3,4].

Риск-менеджмент как технология управления переживает в настоящее время в Казахстане период своего становления. Вновь создаются или продолжают свое развитие новые и уже ранее созданные профессиональные объединения и организации, ориентированные на решение отдельных задач в области управления рисками. В данный процесс активно включаются западные консалтинговые компании, предлагающие модели из «наилучшей» зарубежной практики. В этих условиях особую важность приобретает проблематика формирования единого понимания цели риск-менеджмента, применяемой терминологии, организационной структуры и самого процесса риск-менеджмента, адаптированных к современным казахстанским условиям[5].

Создание комплексного контроля над рисками выделены в качестве приоритетных задач обеспечения экономической безопасности Казахстана. Не смотря на то, что на территории Республики Казахстан с 1 июля 2011 года действуют стандарты СТ РК ИСО 31000-2010 Менеджмент риска. Принципы и руководящие указания, СТ РК ИСО/МЭК 31010-2010 Менеджмент риска. Методы оценки риска, СТ РК ИСО 73-2010 Менеджмент риска. Словарь [6,7,8]. Попытки менеджмента отдельных казахстанских предприятий разработать механизмы и инструменты управления рисками пока не могли обеспечить эффективного и системного управления рисками. И происходит это из-за отсутствия полноценной методологии управления рисками на базе современных информационных технологий, отсутствия таких технологий управления рисками, которые бы на сегодняшний день соответствовали бы масштабам и характеру современных угроз устойчивого развития, требованиям инновационного развития производственных комплексов и регионов. Подобная практика на многих крупных казахстанских предприятиях находится на самом начальном этапе осмысления необходимости формирования системы управления рисками. По результатам исследования существующих классификаций рисков наблюдается отсутствие единого принципа или стандарта. Среди ученых и специалистов пока нет однозначного понимания содержания процесса управления рисками, отсутствуют единые подходы к формированию системы риск-менеджмента, в частности, применительно к казахстанским предприятиям. Отсутствие однозначного понимания сущности риска на настоящий момент объясняется многоаспектностью этого явления, отсутствием регулирования его законодательством и это обусловило актуальность данной работы и необходимость исследований по разработке методологии внедрения на казахстанских предприятиях менеджмента рисков.

Нами, в рамках магистерской диссертации, поставлена цель по формированию единых подходов к разработке системы управления рисками на примере ТОО «Ерасыл 2030», однозначного понимания сущности риска, исследования существующих

классификаций рисков, выбора наилучшего метода управления конкретным риском и снижения степени его неопределенности, которые помогут разработать механизмы и инструменты управления рисками и обеспечить их эффективность и системность.

Для выполнения поставленных целей необходимо решение следующих задач:

1. Анализ формирования показателей и оценки результативности и эффективности системы управления рисками организаций и предприятий в РК, ближнем и дальнем зарубежье (мировой опыт).

2. Выявление основных проблем в управлении рисками на предприятиях и организациях, а также аспектов их оценки на основе ISO 31000.

3. Исследования существующих классификаций рисков на предприятиях и организациях.

4. Исследование группировки рисков по функциональным направлениям деятельности промышленных предприятий.

5. Исследования принципов учета рисков при принятии управленческих решений на основе четких процедур их выявления и оценки с учетом СТ РК ИСО 31000-2010.

6. Разработка методик формирования системы управления рисками на основе СТ РК ИСО/МЭК 31010-2010.

7. Разработка рекомендаций по выбору критериев и методов оценки эффективности системы управления рисками.

В ходе работы над диссертацией формируются предложения и рекомендации по новому принципу построения классификации рисков, которые, основываясь на четких дефинициях отдельных групп рисков с учетом специфики деятельности предприятия;

- создаваемые новые методы и методики предназначены для решения конкретных практических задач в области управления рисками и позволяющих сформировать во внутренней среде предприятия единое понимание рисков и создания базы для построения эффективной системы управления рисками

Анализ литературных источников показал, что к основным проблемам управления рисками можно отнести:

1. Внедрение принципов учета рисков при принятии управленческих решений на основе четких процедур их выявления и оценки.

2. Обеспечение полного контроля над рисками за счет описания и оценки всех рисков компании, эффективной системы мониторинга рисков и своевременного выявления новых рисков.

3. Анализ воздействия рисков на ключевые показатели деятельности компании, включая стоимость.

4. Обеспечение прогнозов зарождения и развития рисков, которым подвержена компания и, соответственно, страхование от потерь.

5. Обеспечение минимизации рисков и потерь при условии соблюдения экономической целесообразности.

6. Обеспечение эффективной связи между стремлением компании зарабатывать прибыль и стремлением сделать это с минимальными потерями, т. е. обеспечение оптимального сочетания доходности и риска.

Таким образом, разработанная система управления рисками позволит прогнозировать возможные риски и потери, исключив тем самым фактор неожиданности, а также разрабатывать эффективные методы минимизации таких потерь.

Литература

1. ISO 31010. Риск- менеджмент – Методы риск менеджмента
2. Ермасова Н.Б. Риск-менеджмент: учебное пособие. - Саратов: Поволж. акад. гос. службы, 2003. - 101 с.
3. Иода Е.В. Управление рисками предприятия: теория и практика страхования рисков. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2003 (ИПЦ ТГТУ) - 131 с.

4. Карпова Е.А. Управление рисками: учебное пособие. - Челябинск: ЧГАУ, 2003. - 79 с.
5. Н.Ш. Альжанова Проблемы развития системы риск-менеджмента на казахстанских предприятиях[Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://articlekz.com>. - Дата доступа: 07.10.2015.
6. СТ РК ИСО 31000-2010 Менеджмент риска. Принципы и руководящие указания
7. СТ РК ИСО/МЭК 31010-2010 Менеджмент риска. Методы оценки риска
8. СТ РК ИСО 73-2010 Менеджмент риска. Словарь

References

1. ISO 31010. Risk management - risk management methods
2. Ermasova NB Risk management: uchebnoe allowance. - Saratov: the Volga region. Acad. state.sluzhby, 2003. - 101 p.
3. Iodine EV Predpriyatiya Risk Management: Theory and Practice of insurance risks. Tambov Univ TSTU 2003 (CPI TSTU) - 131.
4. Karpova EA Risk Management: uchebnoe allowance. - Chelyabinsk ChSAU, 2003. - 79 p.
5. NS Alzhanova problems of the risk management system of local enterprises [electronic resource]. - Access: <http://articlekz.com>. - Date of access: 07.10.2015.
6. ST RK ISO 31000-2010 Risk Management. Principles and Guidelines
7. ST RK ISO / IEC 31010-2010 Risk Management. Methods of risk assessment
8. ST RK ISO 73-2010 Risk management. Dictionary

ӘОЖ 006.037

UDC 006.037

КҮЗЕТ ҚЫЗМЕТІНІҢ САПАСЫН КВАЛИМЕТРИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ ТҰЖЫРЫМДАМАСЫ

CONCEPT OF QUALIMETRIC ASSESSMENT OF QUALITY SECURITY SERVICES

**Ешанкулов Ә.А., Турдыбекова Д.А., Есмурзаева Р.М., Ортаев А.Е.
Eshankulov A.A., Turdybekova D.A., Esmurzayeva R.V., Ortaev A.E.**

М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан Мемлекеттік Университеті, Шымкент
M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
amirkhan-74@mail.ru

Түйін

Күзет қызметі саласында сапаны бағалаудың әдістеріне тікелей көшу көп жағдайда өзін ақтамаған. Оны қолдану тек ережеге сәйкес тұтынушының өзі күзет қызметін ұсынушыны алдын ала талап етілетін: сенімділігі, қызметкерлер біліктілігі; қызмет көрсетудің жалғасымдылық деңгейі, қызмет көрсету құны сияқты толық факторлар кешенімен бірге таңдауы мүмкін болған күзет қызметтері үшін қолдануға рұқсат етіледі. Бұл бірінші кезекте жүктерді, құнды заттарды, қаражатты күзету және күзетпен тасымалдау, азаматтардың жеке меншігін қорғау, жеке тұлғаларды қорғау сияқты күзет қызметі түрлеріне тиесілі.

Abstract

Security methods for evaluating the quality of service in the field of direct transition in many cases unjustified. Use it only in accordance with the provisions required by the customer in advance of the security service provider: reliability, qualification of staff; level of service, complete with a complex range of factors, such as cost of services, security services may be used. This is the first of all goods, jewelry, conservation and protection of resources, protection of citizens' personal property belonging to the types of activities, such as the protection of the security of individuals.

Кілттік сөздер: қызмет көрсету, сапа, бағалау, басқару, көрсеткіштер, кешенді бағалау, әдістер, күзет қызметі.

Keywords: services, assessment, qualities, quality estimates, methodology, managements, complex assessment, indicators, methods, security services

Қызмет көрсету сапасын бағалаудың өнім сапасын бағалаудан айырмашылығы, яғни күзет қызметінің ерекшелігі айтарлықтай күрделі тапсырма болып табылады. Теориялық тұрғыдан қарағанда бұл бағаланатын нысанның формалдану күрделілігін тудырады, сонымен бірге қызмет сапасы жайлы сөз қозғалғанда қатысуы белгілі болған субъективті жақтар жайлы да объективті сияқты мәліметтерді бірлесе өңдеу қажет. Тәжірибелік көз қарас бойынша оны сенімді бағалаудың тәжірибелік әдістерін әзірлеу, есептелетін көрсеткіштерін белгілеу сияқты мұндай маңызды кезеңдер де материалдық өнім сапасын бағалауға қарағанда қызмет сапасын бағалау кезінде қолдану күрделілеу болып табылады. Толығымен белгілі себеп болып, материалды өнімдерден барлық қызметтердің айырмашылығы болып төмендегідей белгілер иемденеді деген жағдай қызмет етеді:

- сезілмейтіндігі (қызметтерді сезіну, сипап көру, таразыға салып өлшеу, дәмін татып көру мүмкін емес);
- сақталмайтындығы (қызметтерді керегінен артық жасап қойып, қоймада сақтауға болмайды);
- өзінің негізінен бөлінбестігі (бірінші тұтынушысымен оған қызмет көрсетушінің өз ара әрекеттері кезінде ғана қызметтер тауар болып қабылданады);
- оны көрсету сәтіне дейін қызметтің сапасын сенімді бағалау мүмкіндігінің жоқтығы (бірнеше бірдей қызметтерді көрсетіп, сапасы бойынша әр түрлі нәтижеге жетуіңізге болады)[1].

Күзет саласындағы қызметтердің көпшілік түрлерінің (жоғарыда көрсетілген) ерекшелігі оның сапасын қызмет көрсету процесі аяқталғанан соң тікелей теп – тең бағалау мүмкіндігінің әрқашан бола бермеуінде деп түсінуімізге болады.

Стандарттарға сәйкес қызмет дегенде тұтынушылар мен орындаушылардың тікелей өзара әрекеттерінің нәтижесі түсініледі, сонымен бірге тұтынушы сұранысын қанағаттандыру бойынша қызмет көрсетушінің өзіндік әрекеттері; ал қызмет көрсету сапасы дегенде –тұтынушылардың сұранысы немесе орнатылған талаптарды қанағаттандыра алу қабілетін анықтайтын қызмет сипаттамаларының жиынтығы. Бұл анықтамалардан тікелей қызмет көрсету сапасын бағалау туралы тапсырма келіп шығады, яғни қызметті тұтынушылар мен қызмет көрсетушілердің өз ара әрекеттерінің нәтижелерін сипаттайтын барлық көрсеткіштер жиынтығын бірінғай көлемдік бағалау түрінде көрінетін алгоритм жасауды талап етеді. Квалиметриялық бағалауды құрастыру туралы сөз қозғалғанда бұл ең маңызды болып табылады. Соңғы нәтижеде мұндай бағалау осы түрдегі қызметтердің рұқсат етілген сапа денгейін анықтайтын нормативтерді орнататын, біртектес қызметтерді ұсынушыларға рейтинг орнату қажеттілігі кезінде, сонымен бірге әр түрлі орындаушылар тарапынан ұсынылатын бір типтес қызметтердің сапа денгейін салыстыруы қажет.

Қазіргі уақытта квалиметриялық бағалауды құрастыру әдістері аз қалыптаспаған, дегенмен, олардың басым бөлігі қызмет сапасын емес өнім сапасын бағалауға бағытталған.

Соңғы жылдары елімізде ұялы байланыс қызметі саласына жататын, сонымен бірге жылжымайтын мүлікті жалға беру және сату бойынша агенттіктер, туристік қызмет көрсетуші компаниялардың сапасын бағалау тақырыбындағы жарияланымдар саны басым болып келуде. Мұндай жағдай мүлде кездейсоқтық емес: қызмет көрсету сапасын бағалау мәселелері дәл сол қызмет көрсетуші – компаниялар арасындағы бәсеке орын алған және шынайы нарық құрастырылған салаларда көбірек интенсивті түрде әзірленетін болды.

Күзет қызметі саласында сапаны бағалаудың аталған әдістеріне тікелей көшу көп жағдайда өзін ақтамаған. Оны қолдану тек ережеге сәйкес тұтынушының өзі күзет қызметін ұсынушыны алдын ала талап етілетін: сенімділігі, қызметкерлер біліктілігі; қызмет көрсетудің жалғасымдылық деңгейі, қызмет көрсету құны сияқты толық факторлар кешенімен бірге таңдауы мүмкін болған күзет қызметтері үшін қолдануға рұқсат етіледі. Бұл бірінші кезекте жүктерді, құнды заттарды, қаражатты күзетуге және күзетпен тасымалдау, азаматтардың жеке меншігін қорғау, жеке тұлғаларды қорғау сияқты күзет қызметі түрлеріне тиесілі. Сонымен бірге, жалпылама сипат алатын және халықтың әр дайымғы сұранысындағы күзет қызметінің басым көпшілік түрлері принципальды табиғатқа ие. Мысалы, жедел көрсеткіштер бойынша тез көмекке келген жедел бөлімнің қызметінен пайдаланған тұтынушының осы немесе басқа да күзет ұйымдарын еркін таңдай алуы туралы айтудың мағынасы жоқ. Қызмет көрсетудің мұндай түрлері жедел қауіпсіздік қызметіне жатады және қауіпсіздікті сақтандыру жүйесінде өз көрінісін табумен шектелетін қызмет көрсетуші – ұйымдар үшін бұл экономикалық қарым – қатынас элементі ретінде саналады. Іс жүзінде бұл негізгі күзет қызметі сапасы мәселесі сақтандыру компаниялары тарапынан, күзет саласындағы кәсіби қоғамдық ұйымдар және үкімет тарапынан да негізгі назарға алынатын нысан болып табылады[2].

Күзет қызметінің сапасы түсінігінің анықтамасы жалпы мойындалмаған және біріңғай болмауынан бірнеше аталған жарияланымдар қатары осы мәселені зерттеудің тағы да бір кемшілігі және күрделілігінің дәлелі болып қызмет етеді. Күзет қызмет сапасы ұғымы бәрінен бұрын анықтама беретін жақтардың позициясының көрінісі көмегімен әр түрлі түсіндіріледі. Дегенмен, барлық айтылған ерекшеліктер кезінде де келесі келтірілген анықтама күдік тудырмайды: күзет қызметі сапасы бұл – субъективті (тұтынушылардың қызметті пайдалануы) құраушылар сияқты объективті (орнатылған талаптардың сақталуы) құраушыларды да өз ішіне алатын, жеке көрсеткіштердің толық қатарынан жинақталған көрсеткіштер кешені. Күзет қызметі сапасын қамтамасыз ету бағдарламасын әзірлеу кезінде ПД ұсынысы бойынша растау ретінде келесі компоненттерге назар аудару қажеттілігін айта кетуге болады:

1. Қызметкерлердің біліктілігі мен олардың күзет қызметі талаптарын сақтауы (Q_1).
2. Қауіпсіздігіне қол сұғушылықтан тұтынушы үшін тәуекелділік (Q_2).
3. Ресурстардың бар болуы мен оларды пайдалану тиімділігі (Q_3).
4. Тұтынушының қанағаттануы (Q_4).

Көрсетілген компоненттерден Q_i әр бірі өз кезегінде бағалауда өзінің әдістерін талап ететін біріңғай көрсеткіштердің толық кешенін сипаттайды:

$$Q_i = f_i \begin{matrix} (i) & i \\ 1 & m_i \end{matrix} X \dots X \quad (1)$$

(i) $X_1 \dots X_m - Q_i$; ($i = 1, \dots, 4$) компоненттері ретінде сипатталатын бірінғай көрсеткіштер.

Күзетші қателігі салдарымен байланысты тұтынушы үшін тәуекелділік, сонымен бірге күзет мекемелері ресурстарын пайдалану тиімділігін бағалау үшін сараптамааның автоматтандырылған технологияларын қолдануға болады. Бұл әдіс күзетші әрекеттерінің типтік қателігін анықтауға жатады және күзет қызметінің кез келген кезеңінде және кез келген күзет барысында қолданылу үшін жарамды. Бірақ, оны қолдану тұтынушының аяқталған күзет тарихы болып табылатын нысанды талдау жағдайымен шектеледі. Күзет қызметін көрсету процестері тығыздалған, оның үстіне тұтынушылар тарапынан қызметті қолдану есептелген кезде бұл әдістерді қолдануға болмайды.

Бірінші үш компонент күзет мекемесін, оның кадрлық, материалдық және оның ресурстарын сипаттаушы көрсеткіштерді біріктіреді. Алайда, егер күзет қызметі сапасын кешенді бағалау кезінде тек осы көрсеткіштермен шектеліп қалынса, онда ұғымды ауыстыру қажеттілігі туындауы мүмкін: көрсетілетін қызмет сапасы орнына осы қызметті көрсетуі міндетті болған күзет мекемесінің орнатылған нормативтерге сәйкестілігі бағаланады. Жоғарыда аталған компоненттердің төртіншісіне жататын осы көрсеткіштер бірінші үш компонентте көрсетілгендерден маңыздылығы аз емес болып табылады. Тұтынушы қанағаттануының жеткілікті бағасын алудың негізгі тәсілі келесіде алынған статистикалық мәліметтерді өңдеу шартымен сурастырулар (анкетировани) жүргізу болып табылады. Әр түрлі компоненттерге кіруі мүмкін болған кейбір бірінғай көрсеткіштер арасында өзіндік қызығушылыққа ие болғандарды табуға маңызды корреляциялық тәуелділік орны болуы қажет. Сонымен, еңбек ақы денгейі (қаржылық ресурс: Q_3), біліктілігі жоғары және адал жұмысшылармен қосымша күзетшілер штатын толықтыруға әсер етуі белгілі (кадрлар: Q_1), ал бұл өз кезегінде күзетшінің осы немесе басқа да әрекеттері салдарынан пайдаланушы үшін тәуекелділікті (Q_2) білдіреді, бұдан қызметкердің ықыласы мен қайырымдылығы туралы пайдаланушыда әсер қалады (Q_4). Сонымен бірге, қаржылық ресурстар – жалғыз немесе негізгі фактор деп растау керек емес екендігі белгілі болады, сол себептен көрсетілген тәуелділік статистикалық сипат алады. Соңғы мысалда көрсетілген аналогтық тәуелділік есебінен қорытынды сапа денгейін Q көрсетілген төрт компоненттерден әр бірі бойынша бола алатын осы қызмет сапасының денгейі көмегімен бағалануы мүмкін:

$$Q = f(Q_1, Q_2, Q_3, Q_4) \quad (2)$$

Соңғы тәуелділіктің бір шама сипатын ең жақсы, жалпыға ортақ ұғым деп айтуымызға болады. Барлық компоненттер Q_1, \dots, Q_4 , сонымен бірге қорытынды көрсеткіші Q келесі көріністе нормаланған яғни, оның мәні $[0, 1]$ сандық кесіндісінде шоғырланады, себебі 0 – ең төменгі, ал 1 – сапаның максималды мүмкін денгейін білдіреді. Бұл кезде талаптарды қанағаттандырған тәуелділікті (1) талап ету қонымды болады:

1. Егер ең болмағанда кешенді көрсеткіштердің Q_i біреуі нөлге тең болса, онда соңғы көрсеткіш те Q нөлге айналады;

2. $f(Q_1, Q_2, Q_3, Q_4) = 1$ кезінде $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = 1$.

Бұл талаптардың екіншісі егер ол қарастырылған төрт компоненттерден әр бірі бойынша ең жақсы болып табылса ғана қызмет көрсету сапасының жоғары денгейіне жетуі мүмкін. Бірінші талаптың мағынасы: сапа денгейі толықтай төмен және шарасыздықты көрсететін осы төрт компоненттен ең болмағанда біреуі қызмет сапасын түсіреді. Басқаша айтқанда, мысалы үшін, күзету нысанының жабдықталғандығы мен тұтынушылардың бірінші класстағы қауіпсіздігінің орнын біліктілігі төмен күзетші толтыру керек емес немесе күзет ережелерін дөрекі түрде бұзу болып табылады.

Немесе: күзет нысанының жоғары техникалық жабдықталған кезінде егер тұтынушы қызметкер тарапынан салғырттық пен дәрежелікті сезінетін болса, онда күзет қызметінің алынатын қорытынды сапасы төмен болып қабылданады (мойындалады)[3].

Күзет қызметінің қорытынды сапа көрсеткіштерін синтездеудің жалпы сұлбасын 1 суретте көрсетілген көріністе ұсынуға болады. Күзет қызметінің сапасы барлық төрт компоненттердің Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 өз ара әрекеттесуі нәтижесінде пайда болады. Дегенмен, ол толықтай Q_4 компоненттер призмасы арқылы өтеді. Сапаны бақылау және оған жеке құраушылар келесі жолмен жүзеге асырылады:

- тұтынушының субъективті қабылдауын талдау (анкетирование, сауалдама жүргізу, әлеуметтік зерттеулер);
- күзет қызметі бойынша әрекеттерде нормативтерді сақтауды сараптау;
- күзет мекемесін және олардың қызметкерлерін аттестациялау.

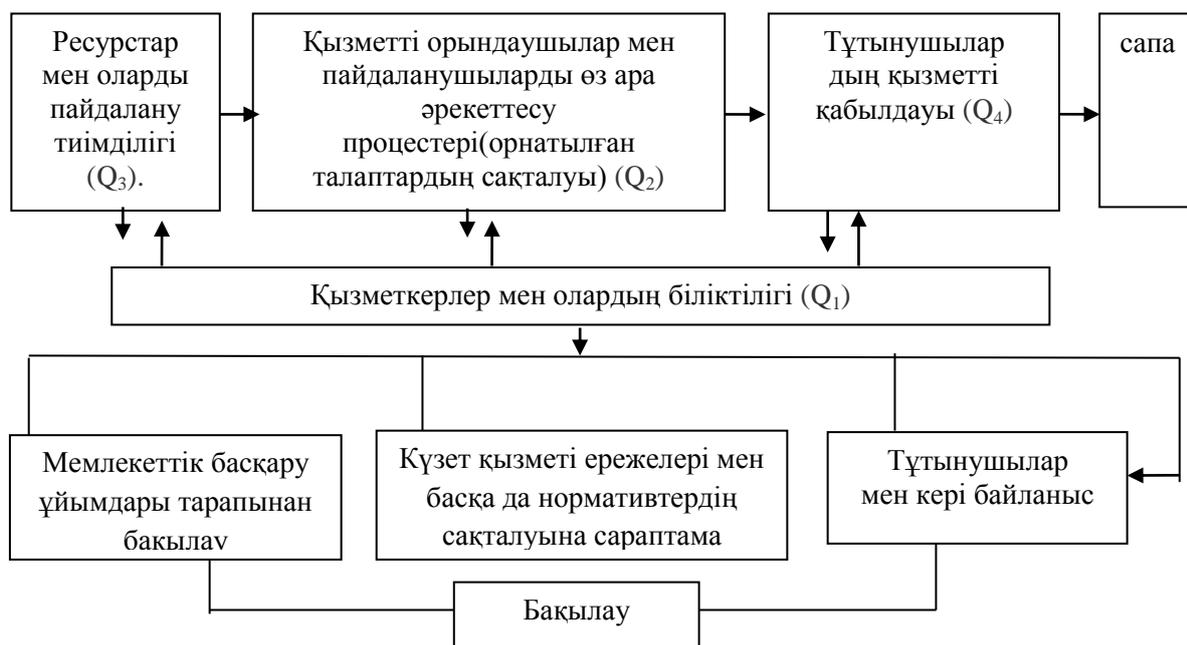
Бақылау қорытындысы бойынша шығушы көрсеткіштерге $X_1 \dots X_m$ түзету

әрекеттерін әзірлейді.

Сапаны басқарудың жалпы теориясынан белгілі Деминг циклымен осы сұлбаның бір типтес екендігін байқау қиын емес.

f_i функциясы көмегімен жеке компонентті Q_i квалиметриялық бағалауды құрастыру жүзеге асырылуы мүмкін, мысалы, үйренілетін көрсеткіштердің сызықтық қысқаруы көмегімен.

Ұсынылған күзет қызметі сапасын кешенді бағалау әдісі күзет қызметі сапасын басқару жүйесінің қалыптасқан элементтерінің бірі болып қызмет етуі мүмкін.



1-сурет. Күзет қызметінің қорытынды көрсеткіштерін синтездеу

Әдебиеттер

1. Субетто А. И. Квалиметрическое обеспечение управленческих процессов / А. И. Субетто, Ю. К. Чернова, М. В. Горшенина. - СПб.: «Астерион», 2004. - 278с
2. Пономарева Т. А. Качество услуг: качественные параметры оценки / Т. А. Пономарева, М. С. Супрягина // Маркетинг в России и за рубежом, 2005.-№1.-С .14-29 .

3. Методика проведения оценки СК ОУ экспертами-аудиторами при проведении аттестации и государственной аккредитации. - СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2006. –64с

References

1. Subetto A.I. Qualimetric provision management processes / A.I.Subetto, Yu.K.Chernova, M.V.Gorshenina. – SPb:"Asterion", 2004.-278p

2. Ponomareva T.A. Quality of service: qualitative evaluation parameters / T.A. Ponomareva, M.S.Supryagina //Marketing in Russia and abroad, 2005.-№1.-С .14-29

3. Methods of assessment СК. ОУ expert – auditors during the certification and state accreditation. SPb:Publishing house ETU"LETI"2006. –64с

БЕЙОРГАНИКАЛЫҚ ЗАТТАРДЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯСЫ
ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ
CHEMICAL TECHNOLOGY OF INORGANIC SUBSTANCES

УДК 544.723.212
UDK544.723.212

**ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АДсорбЦИИ В
ТЕХНОЛОГИЯХ РАЗДЕЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВ**

**STUDY OF KINETIC PARAMETERS OF ADSORPTION SEPARATION
TECHNOLOGY SUBSTANCES**

**Сырманова К.К.¹, Ботабаев Н.Е.¹, Калдыбекова Ж.Б.¹, Чарыев Ю.Т.¹,
Мажит А.Т.², Абдуанбай Н.К.²
Syrmanova K.K.¹, Botabaev N. E.¹, Kaldybekova Zh. B.¹, Charyev Y.T.¹, Majit A.T.²,
Abduanbai N.K.²**

¹Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауэзова

²СШ для одаренных детей Тулькубаского района

¹M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

²Secondary school for gifted children of Tulkibas district

E-mail: syrmanova.kulash@mail.ru

Резюме

Эффективность работы адсорбционных установок в значительной степени зависит от правильного выбора адсорбента для каждого конкретного случая разделения. При оценке пригодности того или иного адсорбента необходимо учитывать возможные последствия химических и физических воздействий на него, которые способны привести к сокращению проектируемого срока службы адсорбента.

В статье на основании адсорбционно-структурных исследований классификационную схему глинистых сорбентов, по особенностям пористой структуры можно разделить на три основных типа: слоистые минералы с расширяющейся структурной ячейкой, слоисто-ленточные минералы, слоистые минералы с жесткой решеткой.

Показано, что вермикулит характеризуется существенно большими размерами кристаллов, и поэтому количество $\equiv \text{Si} - \text{OH} -$ группировок на его внешней поверхности, способных обменивать свои протоны. Если учесть, что плотность избыточного отрицательного заряда решетки вермикулита в 1,3-1,5 раза выше, чем монтмориллонита, то доля поверхностных гидроксильных групп, связанных с атомами кремния, в его емкости катионного обмена, несомненно, ниже 15%.

Действительно, основной причиной катионообменной способности минералов с расширяющейся структурной ячейкой является гетеровалентный изоморфизм в структуре вермикулита.

Abstract

The efficiency of the adsorption units is largely dependent on the proper selection of the adsorbent for the separation in each case. In assessing the suitability of an adsorbent is

necessary to consider the possible consequences of chemical and physical influences on it that can lead to a reduction in the projected life of the adsorbent.

The article based on the adsorption-structural studies of the classification scheme of clay sorbents on the specifics of the porous structure can be divided into three main types: layered minerals with expanding cell structure, layered tape minerals, layered minerals with rigid bars.

It is shown that the vermiculite is characterized by a much larger crystal size, and therefore the amount of $\equiv \text{Si} - \text{OH}$ - groups on its outer surface, able to exchange their protons. Given that the density of excess negative charge of the lattice vermiculite 1.3-1.5 times higher than that of montmorillonite, the proportion of surface hydroxyl groups bound to silicon atoms in its cation exchange capacity is undoubtedly lower than 15%.

Indeed, the main reason for the cation exchange capacity of minerals with expanding the structural unit is Heterovalent isomorphism in the structure of vermiculite.

Ключевые слова: адсорбция, пористость, структура, кристалл, слоистые минералы, монтмориллонит, вермикулит,

Keywords: adsorption, the porosity of the structure, crystal, layered minerals, montmorillonite, vermiculite.

Как известно, адсорбция - это способ разделения, основанный на избирательном перемещении компонентов газовой или жидкой фазы к поверхности твердого адсорбента, в том числе и в его поры. Такой метод эффективен во многих случаях, даже в тех, когда другие подобные технологии разделения, например с применением перегонки, абсорбционных или мембранных систем, недействительны либо просто невыгодны. Неудивительно, что адсорбция приобретает все более важное значение при создании инновационных технологий и в связи с растущей необходимостью защиты окружающей среды. Кроме того, совершенствование самих адсорбционных способов открывает все новые и новые возможности для их применения [1-2].

Эффективность работы адсорбционных установок в значительной степени зависит от правильного выбора адсорбента для каждого конкретного случая разделения. Поэтому во многих странах постоянно ведутся исследования, направленные на создание новых адсорбентов. Параллельно с разработками новых адсорбентов проводятся работы по изучению механизмов адсорбции. Полученные результаты позволяют оперативно разрабатывать более точные модели адсорбционных процессов, которые в свою очередь дают возможность изучать адсорбционные явления изолированно, то есть исключают для исследователя необходимость учета огромного числа сопутствующих параметров. Решение же модельных уравнений не представляет особых трудностей благодаря применению быстродействующих компьютеров.

Чаще всего адсорбционные процессы проводят в неподвижном слое адсорбента. В типичных технологических схемах используют два параллельных слоя с тем расчетом, что, пока один из них находится в работе, другой может быть подвергнут регенерации.

Важнейшими характеристиками адсорбентов следует считать их адсорбционную емкость, селективность, способность к регенерации, кинетические параметры, пригодность и стоимость. Причем следует отметить, что редко какой из адсорбентов обладает оптимальными показателями по всем параметрам.

Первый и главнейший параметр - адсорбционная емкость. Адсорбционная емкость определяется количеством адсорбируемого вещества, поглощаемого адсорбентом в расчете на единицу массы или объема последнего. Значение этого показателя высоко, поскольку именно он в решающей степени влияет на величину капитальных затрат, так как им определяется необходимое количество адсорбента и, соответственно, размеры используемых адсорбционных колонн [3-4].

Для любого адсорбента его адсорбционная емкость зависит, прежде всего от концентрации вещества в жидкой или паровой фазе, его парциального давления,

температуры и первоначального состояния самого адсорбента. На практике данные об адсорбционной емкости чаще всего представляют в виде кривых, соответствующих фиксированным значениям температуры, то есть в виде изотерм. Такая изотерма (ниже это понятие рассматривается подробнее) описывает зависимость адсорбционной емкости от концентрации адсорбируемого вещества в поступающем потоке при заданной температуре.

Существуют и другие способы графического выражения адсорбционной емкости. Так, изостеры адсорбции представляют зависимость парциального давления, температуры конденсации или какого-то другого показателя концентрации от обратной величины абсолютной температуры при определенной величине адсорбционной емкости. Изобары адсорбции показывают адсорбционную емкость как функцию температуры при заданном парциальном давлении или заданной величине другого параметра концентрации. Преимущество графиков этих двух видов заключается в том, что при определенных условиях они представляют линейную зависимость, а это, в свою очередь, облегчает расчеты методами интерполяции и экстраполяции.

Адсорбционную емкость можно также оценить с помощью различных цифровых параметров, таких, как площадь поверхности, распределение размеров пор, йодное число и мелассовое число. Последние два индекса (ниже приводятся их более подробные описания) используются только в случаях, когда в качестве адсорбента выступает активированный уголь.

Площадь поверхности является относительной величиной. Обычно она измеряется площадью однослойного покрытия поверхности адсорбента веществом с известной плотностью и с известным размером молекул (например, азотом при температурах, близких к точке кипения при нормальных условиях). Ее величины, как правило, хорошо соотносятся со значениями адсорбционной емкости и для различных адсорбентов могут изменяться в широком диапазоне, скажем, от 5 до 3000 м²/г. конкретные интервалы изменения площади поверхности для наиболее часто используемых адсорбентов приведены ниже.

Распределение размеров пор представляет собой параметр, характеризующий долю пространства внутри частицы, занимаемую микропорами ($d < 2,0$ нм), мезапорами ($2,0 \leq d < 50,0$ нм) и макропорами ($d \geq 50,0$ нм) [5]. Величины размеров пор должны соотноситься как с величинами адсорбционной емкости, так и с кинетическими параметрами, однако эти зависимости достаточно сложны.

На рисунке 1 показано распределение размеров пор для некоторых наиболее часто используемых адсорбентов. Соотношение размеров пор с размерами ряда молекул можно проследить в таблице 1.

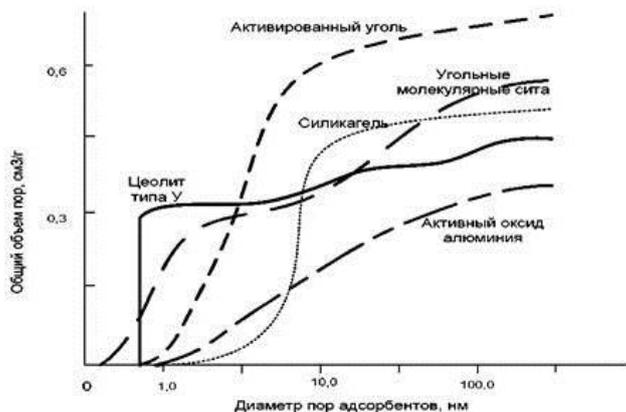


Рисунок 1 – Типовое распределение пор по размерам для различных адсорбентов

Таблица 1 Критические диаметры молекул и пор адсорбентов[3].

Вещество	Критический диаметр молекул, нм	Адсорбент	Диаметр микопор, нм
Гелий	0,2	Цеолит 3А	0,3
Вода	0,27	Цеолит 4А	0,4
Водород	0,24	Цеолит 5А	0,5
Азот	0,37	ЦеолитСаУ	0,78
Кислород	0,34	Цеолит NaX	0,8
Ацетилен	0,24	Цеолит Морденит	0,7
Диоксид углерода	0,31	Активный Al ₂ O ₃	Более 0,8
Аммиак	0,36	Угольные молекулярные сита	Около
Метан	0,37	Активированный уголь	Более 0,6
Пропан	0,49	Силикагель	Более 1,0

Отношение адсорбционной емкости адсорбента по одному компоненту к его адсорбционной емкости для другого компонента при заданной концентрации жидкой фазы называется селективностью. Обычно по мере снижения концентрации до нуля это отношение приближается к некоторой постоянной величине. В идеальном случае основной компонент из двухкомпонентного потока не адсорбируется в заметной степени (и может считаться инертным), что приводит к достижению очень хорошей селективности.

Для того, чтобы упростить математические расчеты, некоторые специалисты предпочитают использовать параметр ограниченной селективности (изменяющийся в интервале от 0 до 1), то есть применяют отношение, обратное описанному выше. Поэтому при обсуждении адсорбционных процессов важно сразу же уточнить определения или, по крайней мере, отказаться от таких характеристик адсорбции, как высокая или низкая (большая или малая), и пользоваться терминами хорошая или плохая.

В тех случаях, когда адсорбцию проводят при меняющемся давлении либо температуре, высокая адсорбционная емкость может оказаться менее предпочтительной по сравнению с хорошей селективностью. Это связано с тем, что адсорбенты с высокой адсорбционной емкостью, как правило, плохо поддаются регенерации.

Способность к регенерации имеет важное значение при использовании любых циклических адсорбционных установок, поскольку во всех последовательных циклах адсорбент должен работать с одинаковой эффективностью. А это значит, что каждый компонент должен адсорбироваться достаточно слабо, подвергаясь скорее физической адсорбции, а не хемосорбции. Мерой энергии, необходимой для регенерации, является обсуждаемый ниже особый параметр - теплота адсорбции. С точки зрения эффективности регенерации, низкие величины этого параметра более предпочтительны.

Регенерацию можно осуществлять, изменяя температуру (термопеременные установки) или давление (установки с переменным давлением), либо химическими методами - с помощью вытеснения, элюирования или сверхкритической экстракции. Иногда используются комбинации этих методов.

Метод вытеснения представляет собой введение регенеранта, то есть вещества, которое адсорбируется сильнее, чем вещество, адсорбированное ранее. Элюирование - это растворение адсорбированного вещества в растворителе, который сам адсорбируется на адсорбенте плохо либо не адсорбируется вовсе. Во всех случаях использование химических методов требует введения дополнительной стадии процесса, чтобы обеспечить извлечение регенерирующего вещества, а это может

оказаться дорогостоящей операцией. Кроме того, существует необходимость применения специальных устройств для продувки слоя от регенерирующего вещества.

Адсорбент может регенерироваться и при контакте с потоком в фазе, отличающейся от той, в которой осуществлялась адсорбция (например, регенерация паром после адсорбции в жидкой фазе). Это требует слива или вытеснения предыдущей фазы, а значит, дополнительных затрат времени, поэтому использование подобных методов по возможности следует избегать.

Доля адсорбированного вещества, которую удастся извлечь при регенерации (иногда ее называют рабочей адсорбционной емкостью), а также необходимые для регенерации время и энергия определяются степенью регенерируемости адсорбента. Нередко в течение нескольких первых циклов происходит кратковременное падение величины рабочей адсорбционной емкости. За таким падением, но уже, скажем, через несколько сотен циклов, следует более постепенное снижение величины этого параметра, связанное со старением, отравлением адсорбента или другими причинами, не имеющими отношения к рассматриваемой нами регенерации, которые, тем не менее, влияют на срок службы адсорбента. Здесь рассматриваются только те случаи, когда отработанный адсорбент регенерируется без перегрузки в другие аппараты. Такой принцип используется в большинстве современных адсорбционных технологий. Перегрузка в другие аппараты или установки обычно требуется для регенерации только одного адсорбента - активированного угля.

Кинетические параметры переноса массы связаны с сопротивлением переносу массы внутри частиц. Значение этого параметра достаточно велико, так как именно им определяется продолжительность рабочего цикла в адсорбционных технологиях с использованием неподвижного слоя адсорбента. При быстром протекании адсорбционных процессов изменение во времени концентрации адсорбируемого вещества в исходящем из колонны потоке будет соответствовать некоторому постоянному уровню до тех пор, пока адсорбент не насытится почти полностью, а затем этот уровень резко пойдет вверх [1-3].

Такую зависимость, предпочтительную на практике, называют кривой с узким проскоком (рисунок 2, кривая 1). Обратная ситуация, когда медленное протекание адсорбционных процессов приводит к тому, что концентрация в исходящем потоке начинает изменяться вскоре после начала адсорбционного цикла, дает зависимость, которую называют кривой с широким проскоком (рисунок 2, кривая 2).

В последнем случае ситуацию можно поправить добавлением дополнительного количества адсорбента или увеличением продолжительности цикла (что снижает пропускную способность в расчете на единицу массы или объема адсорбента). Причем второй вариант также требует увеличения количества адсорбента. Для компенсации медленной адсорбции, кроме того, можно использовать адсорбент с частицами более тонкого помола (такой способ ниже описан подробнее), однако при этом происходит соответствующий скачек в перепаде давлений.

Кинетические параметры иногда лежат в основе принципа адсорбционного метода разделения. Например, в некоторых системах с переменным давлением для извлечения азота из воздуха используются угольные адсорбенты типа молекулярных сит, в которых скорость адсорбции кислорода значительно выше, чем азота. Однако обычным недостатком такого метода является медленная диффузия того или иного адсорбата (адсорбируемого вещества).

При оценке пригодности того или иного адсорбента необходимо учитывать возможные последствия химических и физических воздействий на него, которые способны привести к сокращению проектируемого срока службы адсорбента. Как пример результата таких воздействий можно упомянуть истирание адсорбента и его биологическое загрязнение. Вещества, из которых состоят частицы адсорбента, в том числе и такие, как связующий компонент или модификатор поверхности, содержащий в

молекулах активные функциональные группы, должны быть инертны к компонентам как сырьевого, так и регенерационного потоков. Не должны стать причиной нежелательного распада частиц адсорбента и условия эксплуатации - такие, как скорость потока, температура, давление или вибрация оборудования.

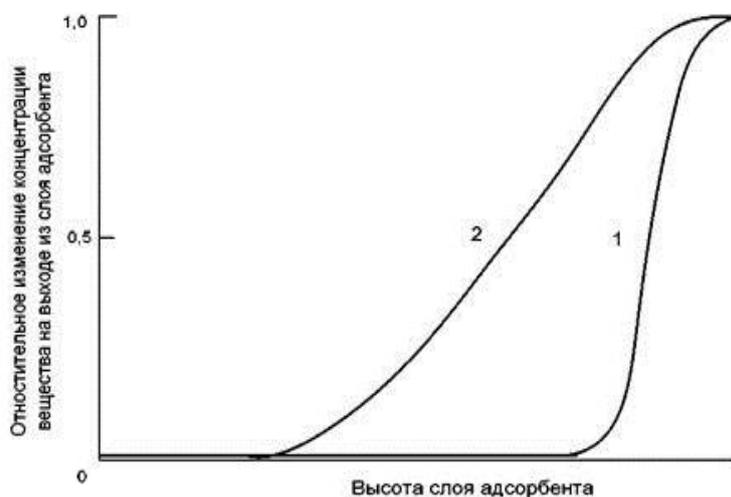


Рисунок 2 - Выходные кривые адсорбируемого вещества слоеадсорбента:
1-кривая с узким проскоком, 2-кривая с широким проскоком

К проблемам пригодности адсорбента следует относиться очень внимательно, поскольку очевидны они далеко не всегда. Например, содержащие кетоны потоки, проходя через адсорбционные слои из активированного угля, способны вызывать окисления последнего. Правда, уже разработаны новые адсорбенты, устойчивые к окислению в таких условиях.

На основании адсорбционно-структурных исследований классификационную схему глинистых сорбентов, по особенностям пористой структуры можно разделить на три основных типа [3,6-7].

1. Слоистые минералы с расширяющейся структурной ячейкой. Основные представители – монтмориллонит и вермикулит. В процессе адсорбции полярных веществ решетка этих минералов в зависимости от рода обменных катионов, электронной и геометрической структуры адсорбата расширяется на 3-12Å, и в межпакетное пространство внедряется один или несколько молекулярных слоев адсорбируемого вещества. Таким образом, монтмориллонит и вермикулит следует отнести к микропористым сорбентам с изменяющимся в процессе адсорбции размером пор.

Кроме первичной микропористости, обусловленной кристаллическим строением, эти минералы имеют вторичные, в основном переходные поры, образованные зазорами между контактирующими частицами. Их радиус, по данным рассеяния рентгеновских лучей под малыми углами и капиллярной конденсации паров, составляет 50-90 Å. Как показывают измерения адсорбции неполярных веществ, молекулы которых адсорбируются только на внешней поверхности монтмориллонита и вермикулита, поверхность вторичных пор этих минералов и их объем намного меньше поверхности и объема первичных пор. Данные таблицы 4.2 дают представление о параметрах микро- и переходных пор основных представителей сорбентов этого типа.

2. Слоисто-ленточные минералы. Основные представители – палыгорскит и сепиолит. Адсорбционные свойства палыгорскита и сепиолита определяются, с одной стороны, цеолитными каналами в структуре с размерами 3,7×6,4 Å и 5,6×11,0 Å соответственно (первичные поры), а с другой – пористым пространством пачек, в

которые агрегируются игольчатые или волокнообразные частички минералов (вторичная пористость). Цеолитные каналы палыгорскита и сепиолита доступны молекулам воды, метанола, аммиака, метиламина, азота. В отличие от монтмориллонита и вермикулита поверхность и объем вторичных пор этих минералов довольно велики (табл.4.2), что и обуславливает их высокие адсорбционные свойства по отношению к углеводородам. Объем вторичных пор палыгорскита можно значительно увеличить путем экструзии малоувлажненной пасты через фильеры.

3. Слоистые минералы с жесткой решеткой. Основные представители – тальк, пирофиллит, гидрослюда, каолинит. Все эти минералы характеризуется наличием только внешней адсорбирующей поверхности, а их пористость обусловлена зазорами между контактирующими частицами.

Таблица 2 . Параметры пор адсорбентов

Адсорбент	$V_s, \text{см}^2/\text{г}$	Разновидности пор						$V_{\text{мф}}/V_s$
		Переходные поры			Микропоры			
		$V_{\text{пер}}, \text{см}^3/\text{г}$	$S_{\text{пер}}, \text{м}^2/\text{г}$	$r_{\text{пер}}, \text{Å}$	$V_{\text{ми}}, \text{см}^3/\text{г}$		$\tau, \text{Å}$	
					Рентгено-структурные	Адсорбционные		
Вермикулит Кулантауский	0,18	0,03	12	90	0,19	0,15	5,6	0,83
Монтмориллонит	0,37	0,05	39	45	0,36	0,32	9,6	0,86
Палыгорскит	0,45	0,29	153	80	0,18	0,16	3,7x6,4	0,36

Примечание : V_s – предельный адсорбционный объем; $V_{\text{пер}}$ – объем переходных пор; $S_{\text{пер}}$ – их удельная поверхность; $r_{\text{пер}}$ – их радиус; $V_{\text{ми}}$ – объем микропор, определенный по рентгеноструктурным и адсорбционным данным; τ – толщина микропор.

Величина удельной поверхности и размер переходных пор слоистых силикатов с жесткой решеткой во многом определяется дисперсностью частиц, которая, в свою очередь, зависит от совершенства кристаллической структуры. В текстуре высокодисперсных образцов наряду с переходными порами можно предположить наличие небольшого количества микропор ($r = 10-15 \text{ Å}$).

Глинистые минералы, обладая сходными элементами структуры, в то же время отличаются друг от друга способом их сочленения в пакеты, природой и энергией связи между последними, характером заселения тетраэдрической и октаэдрической сеток и целым рядом других более тонких структурных особенностей. Все это, несомненно, и обуславливает наблюдающееся на практике разнообразие коллоидно-химических свойств отдельных представителей рассматриваемой группы силикатов, так как свойства любого дисперсного материала во многом определяется именно строением слагающих его дисперсных частиц.

Существует две основные причины, обуславливающие емкость катионного обмена глинистых минералов:

1. Замещения внутри структуры четырехвалентного кремния трехвалентным алюминием в тетраэдрических сетках и трехвалентного алюминия ионами низшей валентности, обычно магнием, в октаэдрических сетках приводят к появлению отрицательного нескомпенсированного заряда структурной ячейки. Он может уравниваться противоположным по знаку зарядом, возникающим, например, за счет замены части структурных кислородов гидроксильными группами, или, что характерно для диоктаэдрических слоистых силикатов, занятием катионами некоторых вакантных октаэдрических позиций.

Однако чаще всего возникающий отрицательный заряд решетки компенсируется внеструктурными обменными катионами. Последние располагаются в основном на базальных плоскостях частиц глинистых минералов.

2. Разрыв химических связей в тетраэдрических и октаэдрических сетках кристаллов глинистых минералов приводит, в конечном счете, к появлению на их боковых гранях гидроксильных групп, водород которых при определенных условиях может вступать в реакцию обмена.

Гидроксильные группы, расположенные на боковых гранях кристаллов и связанные с атомами кремния, можно считать по свойствам близкими к поверхностным гидроксильным группам кремнезема. В кислой среде при $\text{pH}=2-5$ на поверхности кремнезема уже появляется относительно небольшое количество протоногенных активных центров. Способность гидроксильных групп кремнезема к катионному обмену резко возрастает при $\text{pH} = 7$. Наконец, в щелочной среде кремнезем характеризуется максимальной емкостью катионного обмена, которая для некоторых его разновидностей достигает нескольких миллиграмм-эквивалентов на 1 г образца.

При рассмотрении причин катионообменной способности глинистых минералов, вполне естественно, речь должна идти не о выборе между двумя указанными механизмами ионного обмена, а скорее о той роли, которую оба они играют в определении емкости катионного обмена того или иного представителя этой группы силикатов.

Вермикулит характеризуется существенно большими размерами кристаллов, и поэтому количество $\equiv \text{Si} - \text{OH} -$ группировок на его внешней поверхности, способных обменивать свои протоны, в расчете на 1 г образца будет ниже. Если учесть, что плотность избыточного отрицательного заряда решетки вермикулита в 1,3-1,5 раза выше, чем монтмориллонита, то доля поверхностных гидроксильных групп, связанных с атомами кремния, в его емкости катионного обмена, несомненно, ниже 15% [3,8].

Таким образом, основной причиной катионообменной способности минералов с расширяющейся структурной ячейкой является гетеровалентный изоморфизм в структуре вермикулита.

Литература

1. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 2011-412 с.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М., Химия, 2003. – 752с.
3. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. М., Мир, 2010. – 407с.
4. Aharoni, Ch. and M.J.V. Evans, Fundamentals of Adsorption, Proc. IVth Int. Conf., Kyoto, 2002) 17.
5. Комаров В.С. Новое в активации природных силикатов. В сб.: «Исследование адсорбционных процессов и адсорбентов». Ташкент: ФАН, Узб. ССР, 1979, с. 186-194
6. Сырманова К.К., Калдыбекова Ж.Б. Полифункциональные сорбенты. Монография, Ш., 2012-168с.
7. K. Syrmanova, Zh. Kaldybekova, S. Sakibaeva and A. Brener Expanded Vermiculite Based Adsorbent, Journal of Materials Science and Engineering, USA2012, N B 2 (4) (2012), P.313-316.
8. K. Syrmanova K., G. Kaldybekova, N. Botabayev. A. Beloborodova. A. Tuleyov. Sakibaeva S.A. Acid Activation of Kulantau Vermiculite Journal Materials Science and Engineering, Massachusetts, USA. 2013. -Vol.(7), №3, -p.560-563.

References

1. Gelperin NI Basic processes and apparatuses of chemical technology. M.: Chemistry, 2011-412 with.
2. Kasatkin AG Basic processes and apparatuses of chemical technology. Moscow, Chemistry, 2003. - 752s.
3. Greg S., Singh K. adsorption, surface area, porosity. M., Mir, 2010.- 407С.
4. Aharoni, Ch. and M.J.B. Evans, Fundamentals of Adsorption, Proc. IVth Int. Conf., Kyoto, 2002) 17.
5. Komarov VS New activation of natural silicates. In Sat.: "Investigation of adsorption processes and adsorbents." Tashkent: FAN, Uzb. SSR, 1979, p. 186-194
6. Syrmanova KK, Kaldybekova Zh.B. Polifunksionalnyesorbenty. Monografiya, Sh 2012-168s.
7. K. Syrmanova, Zh. Kaldybekova, S. Sakibaeva and A. Brener Expanded Vermiculite Based Adsorbent, Journal of Materials Science and Engineering, USA 2012, NB 2 (4) (2012) R.313-316.
8. K. Syrmanova K., G. Kaldybekova, N. Botabayev. A. Beloborodova. A. Tuleyov. Sakibaeva S.A. Acid Activation of Kulantau Vermiculite Journal Materials Science and Engineering, Massachusetts, USA. 2013. -Vol. (7), №3, -p.560-563.

УДК 544.653.1

UDC 544.653.1

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ТЕТРААЦЕТАТА СВИНЦА ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОТОЧНОЙ ДИАФРАГМЫ

ELECTROCHEMICAL SYNTHESIS OF LEAD TETRAACETATE WITH APPLICATION OF FLOWING BLIND

Сатаев М.С., Ауешов А.П., Кошкарбаева Ш.Т., Абдуразова П.А. Тасбалтаева А.Б.
Satayev M.S., Aueshov A.P., Koshkarbayeva Sh.T., Abdurazova P.A. Tasbaltaeva A.B.

М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан Мемлекеттік университеті, Шымкент,
Қазақстан

M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

E-mail: malik_1943@mail.ru,

Резюме

Изучен электрохимический синтез тетраацетата свинца с и использованием в качестве исходного реагента взамен металлического свинца. Показано, что создание протока католита через диафрагму в анолит значительно снижает напряжение на электролизере. Выявлена возможность до насыщения анолита диацетатом свинца за счет химического растворения металлического свинца. Это позволяет исключить из схемы использование тригидрата диацетата свинца, применение которого требует операцию обезвоживания дорогостоящим уксусным ангидридом. Указанные дополнения упрощают технологию электросинтеза и улучшают экономические показатели процесса.

Abstract

Study electrochemical synthesis lead tetraacetate with and usage as precursor instead of metal lead. Was demonstrated that creation channel cathode liquor through blind in anodic

liquor considerable relax tension on electrolysis cell. Educe possibility to saturation anodic liquor lead sugar at one's cost electrochemical stripping metal lead. That allow exclude from recovery scheme trihydrate lead sugar, application which require operation evaporation expensive acetic oxide. Said addition simplify technology electrosynthesis and improve economic factor process.

Ключевые слова: тетраацетат свинца, свинец, электросинтез, проточная диафрагма, окисление, электропроводность, ацетат калия, графит

Keywords: lead tetraacetate, lead, electrosynthesis, flowing blind, oxidation, electrical conduction, potassium acetate, graphite

Тетраацетат свинца (ТАС) является селективным окислителем и широко используется в органической химии в различных препаративных синтезах [1-3].

Получают ТАС обычно растворением свинцового сурика в нагретой до 55-65°C безводной уксусной кислоте [1].



Образующаяся по этой реакции вода вызывает гидролиз ТАС с образованием диоксида.



Поэтому для связывания воды в реакционную среду добавляют уксусный ангидрид. Вредное влияние воды предлагается устранять также путем снижения температуры проведения синтеза [4]. Так взаимодействие свинцового сурика с безводной уксусной кислотой при температуре 30-40 °C с последующим выделением целевого продукта не позднее 3-5 часов после окончания реакции обеспечивает выход ТАС 70-75% от теоретического. В этом случае обезвоживающим реагентом является диацетат свинца, образующий с водой гидратный комплекс.

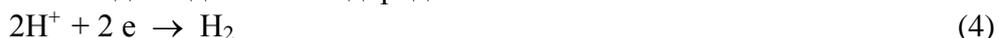
Из уравнения 1 видно, что из трех атомов свинца в составе сурика только один атом участвует в образовании ТАС. Кроме того, при использовании ТАС в органических синтезах побочным продуктом обычно является диацетат свинца [2,3]. Поэтому было желательно повторное использование этого продукта для синтеза ТАС, что позволило бы получить замкнутый цикл производства. Однако, при данном методе синтеза ТАС это невозможно.

Для получения ТАС был предложен также электрохимический способ, позволяющий более полно использовать исходное сырье и получить продукт высокой чистоты [5,6]. Процесс проводится в среде безводной уксусной кислоты с разделением анодного и катодного пространства при помощи керамической диафрагмы. Анолитом является раствор диацетата свинца и электропроводящей добавки ацетата калия, католитом служит раствор ацетата калия. В качестве анода предлагается использовать платину, диоксид свинца и графит [6]. Химическая стойкость анодов из диоксида свинца при электросинтезе ТАС и пути его повышения указаны в работе [4].

На аноде происходит электрохимическое окисление диацетата свинца до ТАС.



На никелевом катоде выделяется водород



Суммарная реакция в электролизере



Для выделения, образующегося при электролизе ТАС, анолит выводят из электролизера и охлаждают. Выпавшие при этом кристаллы отделяют фильтрацией, а анолит донасыщают безводным диацетатом свинца и возвращают на электролиз. Выход по току составляет 80-90%

Электрическое напряжение на электролизере составляло 60-70 В при плотности тока 4А/дм².

Электрохимический метод синтеза ТАС позволяет использовать диацетат свинца полученный в качестве побочного продукта в реакциях органического синтеза с участием ТАС. Одним из вариантов такой технологии является проведение в одной ячейке электросинтеза ТАС и реакции органического синтеза [5]. При этом было проведено ацетоксилирование ацетофенона и окисление стирола с выходами 68% и 35,6% соответственно.

Однако широкому применению электрохимического метода получения ТАС препятствует ряд недостатков. Это высокое напряжение и его повышение в процессе электролиза и возникающие в связи этим трудности поддержания теплового режима электролизера, а также необходимость донасыщения анолита обезвоженным диацетатом свинца.

Напряжение на электролизере зависит от величины межэлектродного расстояния, толщины и пористости керамической диафрагмы, содержания ацетата калия в электролите. В данной системе ацетат калия является основным переносчиком тока (уксусная кислота из-за слабой диссоциации, а ацетаты свинца из-за образования анионных комплексов практически в переносе тока не участвуют) и при этом наблюдается электромиграция ацетат ионов из католита в анолит и наоборот ионов калия из анолита в католит. При пропускании через электролизер электричества в 1 А·час из анолита в католит переносится согласно закону Фарадея 3,6 г ацетата калия. Вследствие этого концентрация ацетата калия в анолите падает, а в католите возрастает (происходит даже выпадения кристаллов в объеме католита). При использовании непроточной диафрагмы это приводит к довольно быстрому повышению сопротивления электролита.

Донасыщение анолита обезвоженным диацетатом свинца также встречает определенные трудности. При нагревании обычно используемого реактива тригидрата $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$ наряду с удалением кристаллизационной воды происходит

разложение самого диацетата свинца. Это вынуждает проводить длительное кипячение тригидрата с уксусным ангидридом.

Целью данной работы являлось создание альтернативной технологии электрохимического синтеза ТАС, в которой были бы устранены вышеназванные недостатки. Для этого были исследованы процессы с протоком католита через диафрагму в анолит и донасыщения анолита по диацетату путем растворения металлического свинца.

Экспериментальная часть

Лабораторные исследования проводились в электролизере следующей конструкции (рисунок 1).

Корпус электролизера 1 представлял собой стеклянный сосуд, снабженный водяной рубашкой для поддержания необходимой температуры. Внутренний диаметр сосуда составлял 12 см рабочая высота 10 см. В боковую стенку сосуда приваривалась трубка 2 для вывода анолита при циркуляции. В крышке сосуда 3 изготовленной из светлой резины имелись отверстия для крепления диафрагмы 4, графитовых анодов 5, для подвода циркулирующего анолита 6 и засыпки гранул металлического свинца 7. В качестве диафрагмы использовался тонкостенный (1,2мм) керамический стакан с внутренним диаметром 3,5 см. Аноды толщиной 4 мм выпиливались из графитовой трубки диаметром 4,5 см. При этом графитовые аноды и тоководы от них представляли одно целое, что позволяло осуществлять электрический контакт с источником тока вне электролизера. Диафрагма также имела крышку 8, на которую крепился катод 9, никелевая проволока, скрученная в спираль. В крышке также имелись отверстия для трубки вывода, выделяющегося на катоде водорода 10 и заливки расходуемой при электролизе уксусной кислоты 11. Теоретический расход уксусной кислоты на электролиз незначителен около 2,5 мл на 1 А·час или 38 мл за 1 час работы при токовой нагрузке 15 А. Но если учитывать унос газообразным водородом и потери

за счет испарения электролита этот расход увеличивается более чем в 2 раза. Подпитку электролита уксусной кислотой выгоднее проводить через католит, так как при этом происходит полезное разбавление католита по ацетату калия. Для облегчения перетока части католита в анолит необходимо поддерживать более высокий уровень католита по сравнению с анолитом. В данной конструкции электролизера превышение уровня католита над анолитом составляло 3 см. Если переток католита за счет пористости диафрагмы не создает достаточного изменения концентрации ацетата калия в анолите, дополнительный переток может происходить через отверстие 12 в диафрагме. Скорость перетока регулировалась краником при подаче уксусной кислоты через трубку 11. При достаточной скорости перетока католита в анолит электрическое напряжение на электролизере не изменяется. Поэтому скорость перетока регулировалась на основе этого параметра.

Гранулы свинца 13, загруженные в анолит, располагались в нижней части электролизера и не контактировали с анодом.

Исходя из работы [6] исследования проводились при температуре 80 °С. При этом начальные концентрации составляли для: анолита $Pb(CH_3COO)_2$ - 2 г-экв/л, CH_3COOK - 1 г-экв/л и для католита CH_3COOK - 1 г-экв/л.

Лабораторный электролизер обеспечивал устойчивую работу при амперной нагрузке до 15 А. При более высоких токах, возникают трудности с поддержанием температурного режима электролиза. Поэтому в исследованиях для разных плотностей тока поверхность анодов подбиралась таким образом, чтобы сила тока при электролизе не превышала 15 А.

Для получения ТАС была также исследована возможность применения металлического свинца для до насыщения анолита диацетатом свинца. При растворении металлического свинца в обезвоженной уксусной кислоте получается сразу безводная соль свинца. Таким образом, отпадают операции по обезвоживанию диацетата свинца, что упрощает технологическую схему процесса. В такой совмещенной схеме легче поддерживать необходимую концентрацию диацетата свинца. Если при донасыщении анолита концентрированными растворами $Pb(CH_3COO)_2$ имеет место некоторое разбавление по ацетату калия [6], в предлагаемом методе этого не происходит.

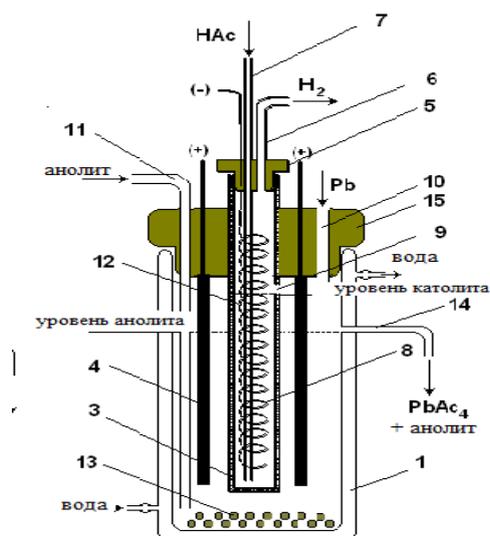


Рисунок 1. Схема лабораторного электролизера с протоком части католита в анолит (обозначения приведены в тексте).

Растворять свинец в данной среде можно, используя дополнительный электролизер со свинцовым анодом, но это усложняет технологический процесс, поэтому более предпочтительным является химическое растворение свинца за счет его окисления образующимся при электролизе ТАС. Если половину полученного при электролизе ТАС расходовать на химическое растворение металлического свинца, содержание диацетата свинца в анолите мало изменяется даже при длительном электролизе.

Наши исследования показали, что эта реакция протекает количественно независимо от концентрации диацетата свинца и ацетата калия. При этом скорость растворения свинца намного превышает скорость окисления диацетата в тетраацетат. Так в 500 мл раствора содержащем 400 г/л Рв (СН₃СОО)₂, 100г/л СН₃СООК, 100 г/л ТАС при 80°С свинцовая пластина имеющая поверхность 0,1 дм² потеряла в весе 5г за 8 минут, что соответствует плотности тока растворения 96 А/дм². Следовательно, до этой плотности тока стадия химического растворения свинца не может быть лимитирующей для общей скорости процесса получения ТАС.

Лабораторные исследования проводились при условиях обеспечивающих протекание католита через диафрагму и для сравнения приведены данные электролиза без протока католита. Время электролиза с протоком составляло 5 часов. При этом анолит также подвергался принудительной циркуляции через внешний сосуд со скоростью 0,5л/час. Загрузку в электролизер гранул металлического свинца производили исходя из расчета

$$m=0,5\tau q\eta$$

где m – масса загружаемого свинца; 0,5 – коэффициент загрузки, обеспечивающей полную регенерация израсходованного на электролиз диацетата свинца; τ- время электролиза за которое надо восполнить израсходованный на электролиз диацетат свинца (в наших экспериментах 0,5 часа); q- электрохимический эквивалент свинца, 3,86 г/(А·час); η –выход по току ТАС, 0,8-0,9.

ТАС выделялся как в электролизере, так и во внешнем сосуде.

Для электролиза без протекания католита время электролиза составляло 1 час, и циркуляция анолита не проводилась.

Образующиеся кристаллы ТАС отделяли фильтрованием на бумажном фильтре, промывали уксусной кислотой и сушили в эксикаторе над серной кислотой до постоянного веса. Выход по току ТАС рассчитывался на основе уравнения 8.

Результаты эксперимента и их обсуждение

При электролизе с добавлением в анолит металлического свинца в анодном пространстве электролизере протекают следующие реакции:

на графитовом аноде



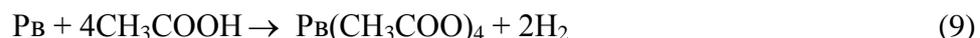
в объеме анолита



суммарная реакция в анодном пространстве



С учетом катодной реакции выделения водорода общая реакция в электролизере будет иметь вид



В таблице 1 показаны результаты электролиза с протоком и без протока католита через диафрагму. Из данных таблицы видно, что при протоке католита достигалось значительное уменьшение напряжения на ванне. Кроме того, снижение напряжения, улучшая тепловой режим ванны, позволяет повысить предел плотности тока, при котором сохраняется высокий выход по току. При проведении синтеза с принужденной

циркуляцией анолита и с внешним отводом тепла, оптимальная плотность тока может быть повышена до 50 А/дм².

Таблица 1. Сравнительные характеристики процесса получения ТАС в электролизерах с проточной и с непроточной диафрагмой

Анод – графит. Анолит: Рв(CH₃COO)₂ – 2 н, CH₃COOK – 0,6 н.

№ п/п	Тип электролизера	Анодная плотность тока, А/дм ²	Напряжение на ванне, В	Выход по току ТАС, %
1	С проточной диафрагмой	7,5	15	90
2		15	28	90
3		25	32	85
4		50	45	72
5	С непроточной диафрагмой	7,5	25-27	90
6		15	36-38	84
7		25	48-53	72
8		50	60-65	60

Совмещение процессов получения двухвалентного свинца из металлического свинца и его дальнейшего электрохимического окисления в тетраацетат свинца не только упрощает технологию получения ТАС, но и улучшает экономические показатели (таблица 2). Так по сравнению с обычным методом [6] замена дорогостоящих диацетата свинца и уксусного ангидрида приводит к существенному снижению расходов на сырье.

Несмотря на то, что половина образующегося при электролизе ТАС тратится на химическое окисление свинца в диацетат свинца (фактический электрохимический эквивалент ТАС уменьшается вдвое), значительного повышения расхода электроэнергии не происходит. Это связано с использованием проточной диафрагмы, способствующей значительному снижению напряжения в электролизере.

Таблица 2. Сравнения показателей по расходу на реагенты и электроэнергию при обычном и совмещенном электролизе (цены приведены по состоянию на февраль 2015 года).

№	Реагент или Электро-энергия	Фирма, реализатор	Марк а	Цена, \$ 1 кг или 1 квт·час	Расход на 1 кг ТАС			
					В материальном выражении, кг		В ценовом выражении, \$	
					Обычн. эл-з	Совм. эл-з	Обычн . эл-з	Совм. эл-з
1	Рв(CH ₃ COO) ₂ · 3H ₂ O	ООО ПО "УфаХимПроект"	ч	8,885	0,852	-	7,57	-
2	(CH ₃ CO) ₂ O	Freemarket.kiev.ua	чда	50 \$	0,230	-	11,5	-
3	CH ₃ COOH	Волга-Хим, ООО Волгоград	чда	2,75	0,270	0,540	0,742	1,484
4	Рв в гранулах	НПО Русредмет	чда	4,25	-	0,467	-	1,984
5	Электроэнергия (только на электролиз)	ЮжКазЭнерго, Казахстан		0,09	8,070 квт·час	8,608 квт·час	0,7263	0,775
							20,538	4,243

Выводы

Проток католита в анолит через диафрагму позволяет поддерживать определенную концентрацию ацетата калия в обоих пространствах в течение всего электролиза. Это снижает напряжение на электролизере.

Совмещение процесса получения ТАС с процессом химического растворения свинца позволяет исключить из технологии трудноосуществимую стадию обезвоживания исходного сырья, заменить дорогостоящие реагенты диацетат свинца и уксусный ангидрид относительно дешевым металлическим свинцом, что создает благоприятный режим работы при длительных электролизах.

Литературы

- 1 Organic Synthesis by Oxidation with Metal Compounds, Eds. Mijs W.J., De Longe, Comelis R.H.I., Plenum, New York: 1986, 741 p.
- 2 Никишин Г.И., Сокова Л.Л., Махаев В.Д., Капустина Н.И. //Изв. АН., Сер.хим., 2005, с.973-975.
- 3 E.J.Alvarez-Manzaneda, R. Chahboun, E. Alvarez, R. Alvarez-Manzaneda, P.E. Muñoz, F.Jiménez, H.Bouanou. //Tetrahedron Letters, Volume 52, Issue 31, 3 August 2011. P. 4017-4020.
- 4 Сатаев М.С., Бахчисарайцян Н.Г., Фиошин М.Я., Крыщенко К.И. //Хим. пром. № 12. 1970. С. 852-854.
- 5 Пат. SU 130038 (опубл. 1960). Способ уменьшения пористости анодов из двуокиси свинца.
- 6 YE Xiao-He, WANG Huan, XUE Teng. //Chin. J. Org. Chem., 2007, 27(05): P. 643-647.

References

1. Organic Synthesis by Oxidation with Metal Compounds, Eds. Mijs W.J., De Longe, Comelis R.H.I., Plenum, New York: 1986, 741 p.
2. Nicishin G.I., Socova L.L., Mahaeva V.D., Kapustina N.I. // Изв. АН., Сер. Хим, 2005, P.973-975
3. E.J.Alvarez-Manzaneda, R. Chahboun, E. Alvarez, R. Alvarez-Manzaneda, P.E. Muñoz, F.Jiménez, H.Bouanou. //Tetrahedron Letters, Volume 52, Issue 31, 3 August 2011. P. 4017-4020.
4. Satayev M.S., Bahchisaraiun N.G., Pioshin M.I., Krishenko K.I. //Him. Prom. № 12. 1970. P. 852-854.
5. Pat. SU 130038 (announce. 1960). Method reducing porosity anode from anhydrous plumbic acid
6. YE Xiao-He, WANG Huan, XUE Teng. //Chin. J. Org. Chem., 2007, 27(05): P. 643-647

МИКРОЭЛЕМЕНТТЕРІ БАР МИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫҢ ӨСІМДІКТЕРДІҢ ӨСУІНДЕГІ АЛАТЫН ОРНЫ

THE ROLE OF MINERAL FERTILIZERS WITH MICROELEMENTS IN PLANT GROWTH

Қараева Д.Ә., Қадірбаева А.А.
Karaeva D.A., Kadirbaeva A.A.

М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент,
Қазақстан
M. Aueзов South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
9779692@mail.ru, diac_2003@mail.ru

Түйін

Мақалада минералды тыңайтқыштардың ауыл шаруашылығында алатын орны, өсімдіктерге қажеттілігі келтірілген. Сондай-ақ минералды тыңайтқыштар құрамындағы фосфор, азот және калий элементтерінің әрбір көкөніс пен өсімдіктерге қанша мөлшерде қажет мәліметтер берілген.

Тыңайтқыштар тек қана азот, фосфор және калий элементтері ғана емес, олармен қатар микроэлементтер мен мезоэлементтердің егін мен көкөністің өсіп шығуына қажеттілігі туралы мәліметтер қарастырылған. Минералды тыңайтқыштардың сапасын арттыру үшін құрамында 10% азот, 34% фосфор бар азот-фосфор қоспасы пайдаланылады.

Экожүйеде тыңайтқыштарды еңгізуден іс жүзінде өнімнің артуы болмайтын, ал тыңайтқыштар мөлшерінің одан әрі артуы өнімнің төмендеуіне әкелетіні туралы айтылған.

Abstract

In article the role, importance of mineral fertilizers in agriculture are given. Also the data about needed norm of phosphorous, nitrogen and potassium elements contained in mineral fertilizer for each agricultural plant are given.

The data about the necessity of microelements and mesoelements together with phosphorous, nitrogen and potassium for plant growth are considered. In order to increase the mineral fertilizer quality additives with content of 10% nitrogen, 34% of phosphorous are used.

In fact the productivity of agricultural plant does not increase owing to mineral fertilizer use, by the way the increase of mineral fertilizer amount decreases the productivity even more. Such in formation is considered in article.

Кілт сөздер: минералды тыңайтқыштар, фосфор, азот, микроэлементтер, бор, кобальт, молибден

Keywords: fertilizer, phosphorus, nitrogen, microelements, boro, cobalt, molybdenum

Егіннің бітік шығуына минералдық тыңайтқыштардың маңызы зор екендігі қазіргі кезде жұрттың бәріне мәлім. Өсімдік өскенде жерден түрлі еріген заттарды тамыр арқылы бойына тартып қорек етеді, егінді жинағанда жерден алынған заттар бірге кетеді, мысалы мына өсімдіктердің әрбір тоннасы, өзімен мынадай мөлшерде фосфорды алып кетеді: картоп 3кг, жаздық бидай-10,5кг, қара бидай-11кг. Жер жүзінде жыл сайын ондаған миллион тонна фосфорды (P_2O_5 есебімен) егін өзімен жерден алып

кетеді екен, сөйтіп топырақтың нәрі азайып құнарсызданады. Жаратылыстың өзінде мұның орнын толтыратын үрдістер жоққа жақын, сондықтан топырақта фосфор тапшылығы басталады. Соған қарсы әрекет ретінде, адам фосфордың түрлі тұздарын егістік жерге сеуіп, топырақты қайтадан құнарланады; бір тонна фосфор тыңайтқышы (P_2O_5 есебімен) мақтаның түсімін гектарына 5-6 тонна, қант қызылшасын 8-9 тонна, картоп-40-45 тонна арттырады[1].

Минералдық тыңайтқыштарды пайдалану интенсивті егіншіліктің бөлінбес құрамды бөлігі. Ғалымдардың есептеулері бойынша минералдық тыңайтқыштарды қолданудың пайдалы әсері болуы үшін олардың дүниежүзілік пайдалану мөлшері шамамен бір адамға шаққанда жылына 90 кг болуы керек. Бұл үшін тыңайтқыштардың өндірісі жылына 450—500 млн. т. болуы қажет. Қазіргі кездегі дүние жүзіндегі тыңайтқыштар өндірісі шамамен жылына 200—220 млн. т. немесе адам басына шаққанда жылына 35—40-ы құрайды[2].

Тыңайтқыштарды қолдануды өндірілетін ауыл шаруашылық өнімінің бірлігіне жұмсалатын энергияның арту заңының көрінісі ретінде қарастыруға болады. Яғни өнімнің бірдей өсімін қамтамасыз ету үшін минералдық тыңайтқыштардың пайдаланылатын мөлшері де артады. Мысалы, тыңайтқыштарды қолданудың бастапқы кезеңдерінде гектардан қосымша 1 т астық алу үшін 180—200 кг азотты енгізуге жетеді. Келесі қосымша 1 т астық алу үшін 2—3 есе көп тыңайтқыш қолдану керек[2].

Тыңайтқыш түрінде өсімдікке берілетін үш элементтің (фосфор, азот, калий) ішінде фосфордың орны ерекше, фосфор өсімдіктің дәніне жиналады басқалар – сабағы, жапырағы, тамырына жиналады.

Фосфор да азот сияқты протоплазманың маңызды бөлігін түзеді, тірі организм өсіп өнуіне қатынасатын түрлі органикалық заттардың құрамында болады. Тыңайтқыштардағы фосфор оның оксидінің (P_2O_5) мөлшері арқылы өлшенеді.

Минералды тыңайтқыштардың сапасын арттыру үшін құрамында 10% азот, 34% фосфор бар азот-фосфор қоспасы пайдаланылады. Қажет болған жағдайда оның құрамына калий хлоридін, микроэлементтер, кейде зиянды жәндіктермен күрес қосады. Фосфор азотқа ұқсас, өйткені азоттағы сияқты валенттік электрондық ($3s\ 3p$) бар. Бірақ азот атомымен салыстырғанда фосфор атомының өлшемі үлкен және иондық энергиясы аз. Бұл азотқа қарағанда фосфордың бейметалдық қасиеттерінің әлсіз екенін білдіреді. Сондықтан фосфорда 3 тотығу дәрежесі сирек, +5 тотығу дәрежесі жиі кездеседі.

Минералды тыңайтқыштарды қолданудың экологиялық мәселелері мына көзқарастар тұрғысына қарастырылуы қажет:

- 1) тыңайтқыштар енгізілетін жерлердегі тыңайтқыштардың жергілікті экожүйелерге әсері;
- 2) пайдалану шекарасынан тыс жатқан экожүйелер мен оның звеноларына әсері, ең алдымен су ортасы және атмосфераға;
- 3) тыңайтылған топырақтан алынған өнімнің сапасы және оның адам денсаулығына әсері.

Экожүйеде тыңайтқыштарды еңгізуден іс жүзінде өнімнің артуы болмайтын, ал тыңайтқыштар мөлшерінің одан әрі артуы өнімнің төмендеуіне әкелетін жағдай қалыптасуы мүмкін. Бұл жағдайда максималды шамасы бойынша шектеуші факторлар ережесінің орындалуы көрінеді.

Топырақ жүйесінде оның құнарлығының төмендеуіне әкелетін өзгерістер жүреді: қышқылдығының артуы, топырақ ағзаларының түрлік құрамы артады, заттардың зат алмасуы, құрылымы бұзылады және басқа да қасиеттері нашарлайды.

Тыңайтқыштардың, соның ішінде қышқыл, азот тыңайтқыштары әсерінен топырақтың қышқылдығының артуы одан кальций мен магнийдің шайылып кетуіне әкеледі. Бұл үрдісті бейтараптау үшін топыраққа осы элементтерді енгізу қажет.

Фосфорлы тыңайтқыштардың азотты тыңайтқыштар тәрізді анық қышқылдандырушы эффектісі болмайды. Олар өсімдіктерде цинктің жетіспеуіне және алынған өнімде стронцийдің жиналуына әсер етеді.

Көптеген тыңайтқыштарда қоспа заттар болады. Олар радиоактивті фонның, ауыр металдардың мөлшерінің артуына әкелуі мүмкін.

Аталған теріс құбылыстарды болдырмау жолы — тыңайтқыштардың ғылыми негізделген мөлшерін қолдану (тиімді дозасы, зиянды қоспалардың минималды мөлшері, органикалық тыңайтқыштармен кезектестіріп отыру және т.б.).

Тыңайтқыштардың атмосфералық ауаға, суға әсері ең алдымен азоттық тыңайтқыштармен байланысты. Азоттық минералды тыңайтқыштар ауаға бос күйінде (денитрификация нәтижесінде) немесе ұшқыш қосылыстар түрінде түседі.

Қазір газ түрінде азотты жоғалту мөлшері себебінен азотты тыңайтқыштардың 10—50%-ын құрайды. Азоттың газ тәріздес түрдегі шығынын кемітудің ең басты құралы — оларды ғылыми негізделген мөлшерде қолдану (өсімдік жылдам сіңіру үшін тамыр) маңына енгізу, газ тәрізді шығынды тежейгіш заттарды, мысалы нитратрин пайдалану).

Ауыл шаруашылығында қолданылып келе жатқан химиялық элементтер арасында бор, мыс, молибден, кобальт жер қыртысындағы өсімдіктер мен басқа да тірі организмдер құрамында аз болғандықтан микроэлементтер қатарына қосылады. Жер жыртысында олардың басым көпшілігі қосылыстар күйінде, ал кейбіреулері (мыс, кобальт) бос күйінде де кездеседі. Сондықтан кез келген микроэлементтер әр түрлі топырақтарда өсетін өсімдіктердің өзіне тән және физиологиялық жеке роль атқарады. Бір микроэлементтің әсері екінші микроэлементтің орнын толтыра алмайды.

Қандай да бір макро- және микроэлементтердің топырақтарда ауытқымалы мөлшерде болуы биогеохимиялық аммиак деп аталады. Топырақтағы белгілі макроэлементтердің нормадан тыс ауытқуы байқалатын аудандардағы адам мен мал ауруларына қарсы күресте үлкен роль атқарған. Белгілі географиялық аймақтарда өсетін өсімдіктерде бірқатар өзгеше өзгерістер (биологиялық реакция) білінеді. Бұл өзгерістер ауру сипатын өзгертеді, кейде тіпті өсімдіктердің тіршілігін жойып, олардың ерекше жағдайларға бейімделу процесіне әсерін тигізеді. Соның нәтижесінде сол аймақта ғана әдеттен тыс құбылыстар дамиды. Мұның өзі топырақтардың қандай микроэлементтерге бай және кедей екендігін олардың әртүрлі геохимиялық аймақтарда орналасуын, микроэлементтерді ауыл шаруашылығына тиімді қолданудың әдістерін анықтауға, әрі оны болашақта жоспарлауға көмектеседі.

Бордың өсімдіктердегі көмірсутектің қозғалысына, алмасуына маңызы зор. Бор жеткіліксіз болса, өсімдіктің жапырақтарына қантпен крахмал аз жиналады да олардың тамырға бір қалыпты таралу режимі бұзылады. 1930—1936 жылдары Н. Бортьева молибденді қолданғанда кейбір өсімдіктердің азотты ауадан жақсы пайдаланатынын анықтады[1]. Молибден бөтен микроэлементтерге қарағанда жер қыртысында анағұрлым аз кездеседі. Молибден өсімдіктер құрамында жеткіліксіз екендігін кем алынған өнім мөлшерінен ғана емес, оның өсіп-өнуі кезіндегі сыртқы белгілерінен де байқауға болады. Молибденнің тағы бір ерекшелігі сонда, ол нитраттарды тотықсыздандыратын амин қышқылдарының түзілуіне жағдай жасайды. Мұның өзі нитраттарды өсімдіктерге теріс ықпалын кемітуге қышқылдық ортаның азаюына әсер етеді.

Молибден қышқылды аммоний тұзы суда жақсы еритіндіктен жерде тұқым себер алдында өңдейді, немесе дақылдардың өсіп-өнуі кеңінен үстеп қоректендіру арқылы тыңайтады[3.4].

Өсімдіктер мен жануарлардың бірқалыпты өсіп, жетілуі үшін шағын мөлшерде болса да мыс қажет. Ол хлорофилл сияқты аса күрделі органикалық қоспалары синтездеуге тұрақтандырып оны бүлінуден қорғауға катысады. Клеткаларына болатын тотықтандыру процестеріне қатысып, ферменттердің құрамына кіреді, ал

ферменттердің кейбіреулері В₁₂ тобындағы витаминдердің әрекетін күшейтіп, өсімдіктердегі углевод пен белоктардың алмасуына әсер етеді. Топырақта мыс жеткілікті болса, өсімдіктердің грибок ауруына шалдығуы азаяды.

Кобальт өсімдіктің құрғақшылыққа төзімділігін күшейте түседі. Өсімдіктердің кобальтты пайдаланудағы ерекшелігі, топырақтан сіңіріп алған кобальттың төрттен үшінше дені өсімдіктің ұзақ тамырына жиналып қалатындығында. Көкөніс дақылдарына кобальттың әсер ететінін зерттегенде, кобальт қолданылған алқаптар түсімінің артатындығы анықталды. Мұнымен қатар, өсімдіктердің химиялық құрамы өзгеріп, хлорофил және аскорбин қышқылы, құрғақ заттардың мөлшері едәуір артады. Ауыл шаруашылық өндірісіне кобальт бар микротыңайтқыштарды енгізу проблемасын шешкенде қазіргі уақытта бұл тыңайтқыштар да өнеркәсіп орындары шығармайтындықтан, осы тыңайтқыштар алынатын ортаны табу аса маңызды мәселе болып есептеледі[3.4].

Қазіргі таңда инвестициялық жобалардың орындалуы химия өнімдерін өндіруді екі есеге ұлғайтуға, химия өнімдерінің жаңа түрін өндіруді ұйымдастыруға, химия өнімдерінің экспорттық әлеуетін ұлғайтуға, ішкі нарықты отандық өндірістің бәсекеге қабілетті, экспортқа бағдарланған қосылған құны жоғары химия өнімдерімен толтыруға жағдай жасалуда. Соның бірі Үшбас және Герес кеніштерінің негізінде моноаммоний мен диаммонийфосфат өндіру, «Үшгер» АҚ тиесілі болып отыр.

Сондықтан кез келген минералды тыңайтқыштардың құрамына микроэлементтер мен мезоэлементтерді енгізе отырып алу қажет.

Әдебиеттер

1. Елешов Р., Бекмағамбетов.А. Агрохимия.-М.:Химия, 1989.-
2. Асанов Ж. Химиянын ауыл шаруашылығындағы рөлі.- Алматы: 1977
3. ПозинМ.Е. Технология минеральных удобрений и солей. -М.: Химия, 1957.- 277с.
4. Позин М.Е. Технология минеральных удобрений – Л.:Химия, 1974.-376с.

References

1. Eleshov R., Bekmagambetov.A. Agrokhimiya.-M.:Khimiya, 1989.-
2. Asanov Zh. Khimiyanyн ауыл шаруашылығындағы рөлі.- Almaty: 1977
3. PozinM.E. Tekhnologiya mineral'nykh udobreniy i soley. -M.: Khimiya, 1957.- 277s.
4. Pozin M.E. Tekhnologiya mineral'nykh udobreniy – L.:Khimiya, 1974.-376s.

МИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫҢ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫНДА АЛАТЫН ОРНЫ

THE ROLE OF MINERAL FERTILIZERS IN AGRICULTURE

Қадірбаева А.А., Сагиндикова Н.Т., Үсенова К.П.
Kadirbaeva A.A., Sagindikova N.T., Usenova K.P.

М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент,
Қазақстан
M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

Түйін

Минералды тыңайтқыштар топырақтың құнарлылығы мен ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімін арттыру мен қатар, оның түсімінің сапасын жақсартады, топырақты қоректік элементтермен байытып, микробиологиялық процестерге әсер етеді. Өсімдіктердің өсіп өнім беруі үшін қажет қоректік элементтердің маңызы ерекше. Фотосинтез кезінде өсімдіктердің жапырағы арқылы және топырақтан алатын химиялық элементтерінің саны 50 шақты. Минералды тыңайтқыштардың құрамында өсімдіктерге тікелей қорек болатын N, P, K, Mg, S, Mn т.б элементтер бар.

Abstract

Mineral fertilizers to improve soil fertility and crop production and improve the quality of its revenues , to enrich the soil nutrient and microbiological processes. Of special importance is the supplier of nutrient elements necessary for growing plants. Through the process of photosynthesis in the leaves of plants and more than 50 chemical elements in the soil. Mineral in composition of fertilizers to the plants direct steel of N, P, K, Mg, S, Mn elements.

Кілт сөздер: Тыңайтқыштар, фосфор, калий, магний, күкірт, азот.

Keywords: Fertilizer, phosphorus, potassium, magnesium, sulphur, nitrogen.

Минералды тыңайтқыштарды қолдану жерді пайдаланудың ғылыми негізінде базаланады. Ж.Б. Буссенго, Ю. Либих , А.Н. Энгельгарт, Д.М. Менделеев , В.В. Докучаев , Д.Н. Прянишников және т.б. ғылымдар оның негізін қалаған.

Ю. Либих 1840 жылы өсімдіктің минералды қоректену теориясын жасады, тұқымның ұрықтану негізіне және тұқымның тандалу негізіне ғылыми дәлел берді, өсімдіктің калийді, фосфорлы, күкіртті және басқа элементтерді тұтынуын дәлелдеді. Ол калийлі және еритін минералды тыңайтқышты табиғи фосфатты күкірт қышқылымен ыдырату арқылы алады.

Тыңайтқыштардың, соның ішінде қышқыл, азот тыңайтқыштары әсерінен топырақтың қышқылдығының артуы одан кальций мен магнийдің шайылып кетуіне әкеледі. Бұл процесті бейтараптау үшін топыраққа осы элементтерді енгізу қажет.

Фосфорлы тыңайтқыштардың азотты тыңайтқыштар тәрізді қышқылдандырушы әсері болмайды. Олар өсімдіктерде мырыштың жетіспеуіне және алынған өнімде стронцийдің жиналуына әсер етеді.

Көптеген тыңайтқыштарда қоспа заттар болады. Олар радиоактивті фонның, ауыр металдардың мөлшерінің артуына әкелуі мүмкін.

Аталған теріс құбылыстарды болдырмау жолы — тыңайтқыштардың ғылыми негізделген мөлшерін қолдану (тиімді дозасы, зиянды қоспалардың минималды мөлшері, органикалық тыңайтқыштармен кезектестіріп отыру және т.б.) қажет.

Тыңайтқыштардың атмосфералық ауаға, суға әсері ең алдымен азоттық тыңайтқыштармен байланысты. Азотты минералды тыңайтқыштар ауаға бос күйінде (денитрификация нәтижесінде) немесе ұшқыш қосылыстар (мысалы, NO) түрінде түседі.

Қазір газ түрінде азотты жоғалту мөлшері себебінен азотты тыңайтқыштардың 10—50%-ын құрайды. Азоттың газ тәріздес түрдегі шығынын кемітудің ең басты құралы — оларды ғылыми негізделген мөлшерде қолдану, (өсімдік жылдам сіңіру үшін тамырына) енгізу, газ тәрізді шығынды тежегіш заттарды, мысалы нитратрин пайдалану).

Азотты тыңайтқыштар су көздеріне де айтарлықтай әсер етеді. Су қоймаларының тазалығы осы заттарға байланысты. Азот пен фосфор экожүйенің автотрофты звеносы (өсімдік) үшін шектеуші фактор болып табылады. Суда азот пен фосфордың көп мөлшерде болуы су қоймасында балдырлардың шектен тыс көбеюіне, әсіресе көк жасыл балдырлардың көбеюі арқылы теріс эффект орын алады.

Минералды тыңайтқыштар өсімдіктерге, өсімдік текті өнімнің сапасына, олармен қоректенетін ағзаларға зиянды әсер етеді. Олардың әсерінің негізгі түрлері азотты тыңайтқыштардың жоғары дозалары өсімдіктердің ауруы қауіпін туғызады.

Фосфор мен калий, әдетте азоттың зиянды әсерін төмендетеді. Бірақ, көп мөлшерде бұл элементтер де өсімдіктердің, жеңіл улануына әкеледі

Азотты тыңайтқыштар — құрамында өсімдікке қорек болатын азоты бар органикалық (көң, шымтезек тағы басқалар) және минералдық заттар. Азоттың табиғи қосылысы — натрий селитрасы (NaNO_3) тек Чилиде ғана кездеседі. Азотты тыңайтқыштардың көп тараған түрі: аммиак селитрасы, аммоний сульфаты, мочеви́на (карбамид), азотты сұйық тыңайтқыштар. Аммоний сульфаты — $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ дүние жүзінде ең көп мөлшерде шығарылатын тыңайтқыш. Аммоний нитратының $[(\text{NH}_4)\text{NO}_3]$ құрамында өсімдікке сіңімді азоттың мөлшері басқа азотты тыңайтқыштарға қарағанда көбірек келеді. Сұйық аммиак және онымен қанықтырылған аммоний тұздарының ерітінділері де құрамында азоты көп тыңайтқыштар болып табылады. Ал жоғары концентрлі азотты тыңайтқыштарға карбамид (мочевина) жатады. Карбамидті жануарлар жеміне де қосып пайдаланады. Ол көмір қышқыл газы мен аммиактың үлкен қысымда әрекеттесуі нәтижесінде алынады:



Азот топыраққа күрделі минералдық тыңайтқыштар түрінде де көптеп беріледі. Фосфор қышқылын аммиакпен әрекеттестіру арқылы аммофос алынады. Оның қышқылын бейтараптандыру дәрежесіне байланысты моноаммонийфосфат $(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4)$ немесе диаммонийфосфат $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ өндіріледі. Нитрофоска — құрамында қоректік азот, фосфор және калий бар күрделі тыңайтқыш. Оны өндірісте аммоний гидрофосфатының $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ аммоний нитратының (NH_4NO_3) және калий хлоридінің (немесе сульфатының) қоспасын балқыту арқылы алады.

Фосфор тыңайтқыштары — Өнеркәсіптік әдіспен алынатын, құрамында өсімдіктер үшін қолайлы нысанда фосфор болатын минерал заттектер. Фосфор тыңайтқыштары ерігіштігіне және өсімдіктер үшін қолайлылығына байланысты үш топқа бөлінеді: 1) фосфоры суға еритін және өсімдіктер оңай сіңіре алатындай нысанда болатын тыңайтқыштар — қарапайым және қосарлы суперфосфат; 2) фосфоры суда ерімейтін, бірақ әлсіз қышқылдарда (2%-дық лимон қышқылында) немесе аммоний цитраты сілтілік ерітіндісінде еритін тыңайтқыштар — преципитат, томаскож, термофосфаттар, фторсыздандырылған фосфат. Фосфор тыңайтқыштары — өсімдіктер үшін қолайлылығы орташа нысан; 3) суда ерімейтін және әлсіз қышқылдарда нашар еритін, теккүшті қышқылдарда толық еритін

тыңайтқыштар — фосфорит ұны, сүйек ұны, өсімдіктер үшін жетуі қиын фосфор көздері. Суда еритін тыңайтқыштар ұнтақ және түйіршік түрінде, лимондық және цитраттық ерімелі тыңайтқыштар ұнтақ түрінде, еруі қиын тыңайтқыштар өте майда ұнтақ түрінде сондай-ақ, жануарлардың сүйектері және металлургия өнеркәсібінің фосфоры көп қалдықтары. Қандай шикізаттан алынғанына және өндірілу әдісіне байланысты қоректік элементінің (P205) құрамы жөнінен фосфор тыңайтқыштары біршама әр түрлі болады. Дүние жүзінде өндірілетін фосфор тыңайтқыштарының жартысына жуығы суперфосфаттың үлесіне келеді. Бұл әмбебап фосфор тыңайтқышын топырақтың барлық түрлерінде және кез келген дақылға әр түрлі әдістермен қолдануға келеді. Түйіршіктелген суперфосфаттың ұнтақты түрден едәуір артықшылықтары бар: физикалық қасиеттері жақсы, қатараралық сіңіру кезінде нәтижелілігі мол. Жаздық бидай егістігінде 20 кг заттектің енгізілуі әр гектардың түсімін 3 — 3,5 ц арттырады. Алайда фосфор тыңайтқыштарын біліксіз қолданғаннан топырақтың басы артық фосфорлануы секілді зардабы болуы мүмкін. Фосфор уытты элемент болмаса да, фосфорлану кезінде топырақта тұздарконцентрациясының көп болуы өсімдіктердің өсуі мен дамуына, әсіресе вегетация басталған кезеңде, теріс әсер етеді. Мұның үстіне топырақтың фосфорлануынан басқа элементтердің біршама тапшылығы күшейіп, өсімдіктердің қоректенуі бұзылуының экологиялық тұрғыдан қауіпті түріне апарып соғуы мүмкін. Мұндайда өсімдіктер басқа элементтерді, соның ішінде ауыр металдарды көбірек сіңіруі ықтимал.

Күкірт құрамды тыңайтқыштар - Құрамында күкірті бар (S) қосылыстар тыңайтқыш ретінде қолданылады. Күкірт өсімдіктер мен минералдарда органикалық формада болады (әсіресе майлы, миялы өсімдіктерде) мысалы пиязда сарымсақта және дәнді дақылдарда күкірт көп кездеседі. Күкір өсімдіктің өсуіне жақсы ықпал етеді. Күкір өсімдікке тамыры арқылы SO_4^{2-} түрінде енеді, ал жапырағы арқылы SO_2 түрі енеді. Атмосфера арқылы енген күкірт өсімдіктің 80% -н қамтамасыз етеді. Сондықтан Өндірістік орталықтарға жақын орналасқан өсімдіктердің жапырақтары SO_2 бай болып келеді. Өнеркәсіптерден алыс орналасқан аудандарда ауадағы S мөлшері жанбырда өте қатты төмендейді. Күкірттің өсімдікте болуы топырақтың құрамына да байланысты. (мыс: Россияның Еуропа бөлігінде S -тің орташа мөлшері 0,09% -ды құрайды). Торфты қоңыр, қара шірікті топырақтар S -ке бай болады. Күкіртті тыңайтқышты өнеркәсіпте арнайы шығармайды. Олардың орнына мынадай минералды тыңайтқыштар қолданылады: $(NH_4)_2 SO_4$ (құрамында 24% S -ті бар), K_2SO_4 (18%), жай суперфосфатта (12%), фосфогипсте (18%), аммоний нитратында (15%).

Жерлерді тыңайту үшін сары күкіртті қолданады. Күкіртті тыңайтқыштарын топыраққа күзде жерді жыртпас бұрын немесе көктемде жер жырту кезінде себеді. Күкіртті тыңайтқыштарға құрамында SO_4^{2-} ионы бар қосылыстар жатады.

Натрий аммоний сульфаты $(NH_4)_2 SO_4 + Na_2SO_4$ $Na(NH_4)SO_4 \cdot 2H_2O$ – азотты, аммонилі тыңайтқыштарға жатады. Оның құрамында 16-17% азот және 8% натрий болады. Күкірт пен азоттың қосылысы оның тиімділігін арттырады.

Күкіртті диаммофоска - Күрделі комплексті күкіртті тыңайтқыштарға жатады.

Аммонилі азот, фосфор және калийден басқалада тыңайтқыштың маркасына байланысты 1-3% -ға дейін күкірт болады. Физико- химиялық мінездемесіне байланысты тыңайтқыштар түйіршіктеледі. Бұл тыңайтқыштарды әртүрлі жағдайларда барлық әдістерде қолдануға болады.

Мырыш сульфаты (мырыш купоросы, күкірт қышқылды жеті сулы мырыш.) $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ – күкірт құрамды мырышты тыңайтқыш. Оны рудадан және екіншілік шикізаттарды күкірт қышқылмен өңдеп алады. Әртүрлі топырақ түрлерінің құнарлылығын арттыру үшін микротыңайтқыш ретінде қолданылады. Оны азотты, фосфорлы, калийлі тыңайтқыштармен бірге, сонымен қатар әртүрлі өсімдіктерде, жем азық ретінде ұсынылады.

Магнийлі тыңайтқыштар – магний жетіспеген кезде әсіресе жеңіл топырақтарға қосады. Магний жасушадағы химиялық энергияның алмасатын және жиналатын барлық өсу үрдістеріне әсер етеді (фотосинтез, тыныс алу және т.б).

Магнийлі тыңайтқыштардың негізгі элементтері Mg. Магний өсімдіктердің өсуіне өте қажет, әсіресе өсуінің бас кезінде және жеміс беру кезінде. Бұл элемент хлорофилдің, фитиннің, (гексафосфор қышқылды инозит эфирінің тұзы) пектиннің құрамына кіреді; ферменттерді активтендіреді; топырақтан фосфордың келуін, және өсімдіктерде игерілуін реттейді; хромосомалардың және коллоидты жүйелердің жасушалық құрылысының тұрақтылығын қамтамасыз етеді; қорғаныштық қасиетін мысалы: құрғақшылыққа төзімділігін арттырады. Құрғақ жерлерде Mg жетіспеушілікте (0,2% MgO құрғақ массаға) пересидоза активтілігі артады, аскорбин қышқылының және глюкозаның мөлшері төмендейді. Магнийлі минералды тыңайтқыштарға табиғи магний құрамды шикізаттар, карбонаттар және силикаттар, калий және бор рудаларында кездесетін тұздар, өзен және көл суларынан алынатын тұздар жатады. Одан бөлек магний күрделі (азот – калий, фосфор магнийлі), аралас және басқа тыңайтқыштардың құрамына кіреді. Магнийлі күрделі тыңайтқыштарға магний сульфаты $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, калимагнезия $K_2SO_4 \cdot MgSO_4$, калимаг $K_2SO_4 \cdot MgSO_4$ құрамында қосымша $CaSO_4$ және $NaCl$ жатады. Сонымен бірге өндіріс қалдықтарының мысалы: металлургияда көп таралған түрі доломит ұны – $MgCO_3 \cdot CaCO_3$. Магнийлі минералды тыңайтқыштар картоп, қант қызылшасы, жүгері, қарақұмық, шай және цитрусты жемістерге қолданылады. КСРО кезінде тыңайтқышты топыраққа енгізу дозасы 30-60кг/га болған.

Әдебиеттер

1. Позин М.Е. Технология минеральных солей. Ч. 1 и 2. Л., «Химия», 1974. 1556 с
2. Справочник азотчика. Ч 1 и 2. М., «Химия», 1967. 936с.
3. Терещенко Л.Я., Орехов И.И., Лаптаев М.Я. Производство фосфорной и серной кислот. Л., изд. СЗПИ, 1968. 158.
4. Удобрения минеральные. Методы испытаний: ГОСТ 21560.0-02, ГОСТ 21560.3-02, ГОСТ 21560.5-02, ГОСТ 21560.4-02. — М.: Издательство стандартов, 2003
5. Безуглова О.С. Удобрения и стимуляторы роста. —Ростов-на-Дону: Феникс, 2000

References

1. Pozin M.E. Technology of mineral salts. Ch. 1 and 2. L., "Chemistry", 1974. 1556 with.
2. Reference book of nitrogen. Ч 1 and 2. М., "Chemistry", 1967. 936с
3. Tereshenko L.I., Orehov I.I., Laptaev M.I. Production phosphoric and sulphuric acids. L., publ. of SZPY, 1968. 158.
4. Fertilizers mineral. Methods of tests : GOST 21560.0-02, GOST 21560.3-02, GOST 21560.5-02, GOST 21560.4-02. -M.: publishing House of standards, 2003
5. Bezuglova. O.S. Fertilizers and growth factors. – Rostov – na - Donu: Phoenix, 2000

ПОЛУЧЕНИЕ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ ЛИГНИН-СОДЕРЖАЩИХ РАСТВОРОВ ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ

OBTAINING THE PLASTICIZER BASED ON LIGNINE-CONTAINING SOLUTIONS OF PAPER PRODUCTION

Сейтмагзимов А.А., Сузев Н.А., Сейтмагзимова Г.М., Джанмулдаева Ж.К.
Seitmagzimov A.A., Suzev N.A., Seitmagzimova G.M., Dzhanmuldayeva Zh.K.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
galinaseit@mail.ru

Резюме

Разработанная технология целлюлозы, основанная на паро-взрывном катализе травянистого сельскохозяйственного сырья, такого как солома пшеницы и рисовая шелуха, связана с образованием большого количества слабощелочных лигнин-содержащих растворов, которые являются трудноутилизируемым отходом. Это обуславливает актуальность поиска возможных путей утилизации экстракта делигнификации. В статье рассмотрена возможность применения его в качестве пластифицирующей добавки для повышения прочностных характеристик бетона. Результаты исследования позволяют сделать вывод о возможности применения отхода производства целлюлозы – раствора делигнификации в качестве мягко-пластифицирующей добавки для твердения бетонных смесей. Показано, что с увеличением расхода добавки возрастает пластичность смеси. Одновременно достигается увеличение прочности при сжатии на 31,3% и прочности на растяжение при изгибе на 20% по сравнению с контрольным образцом. Введение 0,5%-ной добавки раствора способствует снижению расхода воды для образования бетонной смеси и как следствие уменьшению водоцементного отношения, что в свою очередь приводит к уменьшению пористости бетона и повышению его прочности, морозостойкости, стойкости по отношению к попеременному увлажнению и высушиванию, водостойкости и коррозионной стойкости. Одновременно решается важнейшая проблема утилизации жидкого отхода целлюлозно - бумажного производства по новой экологичной паро - взрывной технологии переработки растительных сельскохозяйственных отходов.

Abstract

Developed cellulose technology based on steam-explosion catalysis of grassy agricultural raw materials such as wheat straw and rice hulls is connected with formation of a lot of weakly alkaline lignine-containing solutions being hard-utilized wastes. It causes the actuality of search of possible ways for delignification extract recycling. The possibility of its application as a plasticizer to increase concrete strength properties is considered in the paper. Research results allow to make a conclusion of feasibility using the cellulose production waste – delignification solution as a soft plasticizer for concrete mixture hardening. It has been shown that the mixture plasticity increases when additive consumption increasing. Simultaneously compressive strength increases on 31.3% and tensile strength in bending increases on 20% in comparison with a check sample. Injecting the 0.5% additive of a solution promotes to reducing water consumption for concrete mixture formation and to decreasing water to cement proportion. In turn it results in concrete porosity decreasing and to

increasing its strength, freezing resistance, durability to alternatelydamping and drying, water resistance and corrosion resistance. Simultaneously the very important problem is solved concerning utilization of liquid waste of cellulose-paper production by new ecofriendly steam-explosion technology of grassy agricultural waste processing.

Ключевые слова: делигнификация, целлюлоза, паро-взрывной катализ, прочность при сжатии, прочность на растяжение при изгибе, пластифицирующая добавка, бетонная смесь.

Keywords: delignification, cellulose, steam explosion catalysis, compressive strength , tensile strength, flexural plasticizer, concrete mixture.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема создания собственного казахстанского производства целлюлозы связана с отсутствием лесных массивов и с дефицитом водных ресурсов для внедрения традиционных сульфатных методов варки, характеризующихся большим водопотреблением. Данный вопрос является в настоящее время актуальным для многих стран, и усилия ученых направлены на поиск альтернативных способов получения целлюлозы различного назначения по экологически безопасным схемам с полной утилизацией всех отходов. Наиболее рациональным способом решения проблемы дефицита целлюлозного сырья является использование однолетних и многолетних травянистых растений. К ним относятся такие отходы сельскохозяйственного производства, как солома пшеницы и рисовая шелуха, а также камыш. В нашей стране имеются большие запасы соломы и рисовой шелухи. Так, в Кызылординской области ежегодно образуется 150 тысяч тонн таких отходов, в т.ч. 80 тысяч тонн шелухи. По оценкам специалистов, из 1 тонны сырья - соломы можно получить от 70 до 120кг аморфного диоксида кремния, а из шелухи – от 120 до 200 кг кремнезема, содержащего от 90 до 100% SiO₂, стоимость которого составляет более 26 долларов/кг.

При получении целлюлозы в процессе химической переработки растительного сырья из него удаляют лигнин – протекает процесс делигнификации. На сегодняшний день наиболее перспективным считается способ получения целлюлозы путем делигнификации сырья одним из органосольвентных методов [1-4].

Одним из возможных способов, на который можно делать ставку при разработке собственной целлюлозной технологии, является процесс паро-взрывного автокатализа сырья [5]. В связи с этим нами изучен процесс взрывного автокатализа соломы пшеницы и рисовой шелухи в присутствии слабых щелочных растворов для получения целлюлозы и из нее в дальнейшем бумаги или гофрокартона [6,7]. Установлено, что применение парового взрыва соломы или рисовой шелухи с последующей экстракцией щелочными растворами позволяет получить целлюлозу с лучшими прочностными характеристиками, чем при кислотной делигнификации. Образующиеся при этом слабощелочные лигнин-содержащие растворы являются трудноутилизируемым отходом бумажного производства, дальнейшая переработка или утилизация которого является обязательным переделом данного производства и важнейшим элементом создания безотходной технологии.

В связи с этим актуальным является поиск возможных путей утилизации экстракта делигнификации. По нашему мнению, одним из таких методов может быть применение его в качестве пластифицирующей добавки в бетоны для повышения прочностных характеристик бетона. Результаты исследования представлены в данной статье.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отходы производства риса по своему химическому составу отличаются от всех других злаковых культур, прежде всего, большим содержанием аморфного диоксида кремния в соломе и шелухе. Сжигание такого материала, как это делается до сих пор, нерационально, т.к. теплотворная способность рисовой соломы и лузги ниже, чем у

древесины или соломы и шелухи других злаковых, например, овса или гречихи. Тем не менее, даже такой простой подход к утилизации рисовых отходов уже дает эффект в получении аморфного кремнезема для различных целей. Так, проведенное нами простое сжигание рисовой шелухи и микрофотографии золы, полученные на растровом электронном микроскопе JSM-6490LV (JEOL, Япония), свидетельствуют об образовании разнородных частиц аморфного кремнезема (Рис. 1), которые проявляют гидравлическую активность в цементных составах.

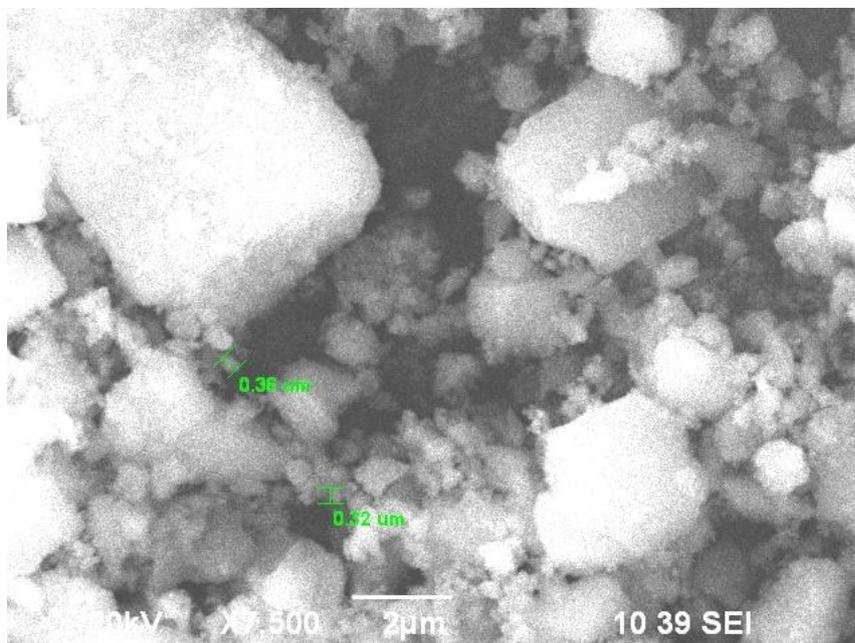


Рис. 1. Микрофотографии осадка, полученного сжиганием рисовой шелухи, с частицами аморфного кремнезема.

Даже для такой добавки в бетонные растворы установлено [3], что от морфологических особенностей ультрадисперсных добавок (размер и форма первичных частиц и их агрегатов) зависят эксплуатационные характеристики строительных растворов и бетонов на основе портландцемента. Как известно [8], прочностные характеристики бетона – прочность при сжатии и на растяжение при изгибе, морозостойкость и коррозионная стойкость определяются пористостью бетона, уменьшение которой в свою очередь непосредственно зависит от водоцементного отношения.

Выделенный нами лигнин представляет собой щелочной водный экстракт с $pH=12-13$. После нейтрализации фосфорной кислотой и полной выпарки этого экстракта получен осадок, химический состав которого определен по данным растровой электронной микроскопии, % масс: С-34,85; О-35,68; Na-0,62; Si-1,15; P-3,02; S-0,16; К-24,52. Как видно, сухой остаток в основном представлен углеродом, кислородом и калием; в сравнительно небольших количествах присутствуют фосфор и кремний.

Проведено испытание раствора делигнификации рисовой шелухи 2%-ным раствором NaOH в качестве пластификатора твердения бетонов. Выбор данного раствора обусловлен повышенным содержанием кремнезема в шелухе риса, что очень важно для процессов твердения бетонных смесей. Состав контрольного замеса бетона представлял следующее соотношение компонентов: 1,5 кг кварцевого песка + 0,5 кг цемента + 250 мл воды. Для получения воспроизводимых результатов проводилось три параллельных серии испытаний.

За основу методики определения влияния добавки на удобоукладываемость смеси и конечные строительно-технологические свойства была принята методика определения марки цемента в соответствии с ГОСТ 30515-97. Консистенцию цементного раствора определяли на стандартном встряхивающем столике с использованием металлической формы-конуса. После встряхивания столика 30 раз в течение 30 секунд расплыв конуса цементного раствора определяли с помощью стальной линейки. Пластичность смеси замерялась косвенно по высоте формируемого конуса материала. Для введения пластификатора часть воды заменяли полученным раствором делигнификации, и получали смесь, содержащую 0,125, 0,25, 0,5, 1,0 и 2,0% добавки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты испытания влияния добавки раствора делигнификации в состав бетонной смеси на прочностные характеристики бетона приведены на рисунках 2-4. Как видно на Рис. 2, пластичность смеси растет по мере повышения содержания в растворе нашего пластификатора до 0,5% от массы смеси, т.е. расплыв конуса возрастает с последующим снижением этого показателя при дальнейшем увеличении расхода добавки.

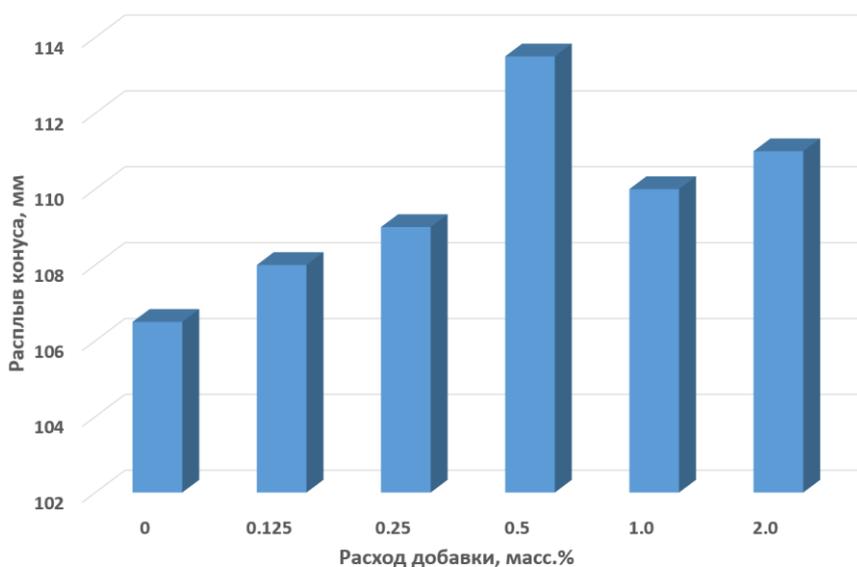


Рис. 2. Влияние расхода добавки раствора делигнификации на расплыв конуса

Прочностные характеристики бетонной смеси - пределы прочности на растяжение при изгибе и при сжатии балочек бетона контрольного образца и с добавками раствора делигнификации приведены на рисунках 3,4. Полученные зависимости имеют аналогичный экстремальный характер с достижением максимальной прочности образцов с 0,5%-ной добавкой и последующим снижением показателей до уровня контрольного образца. При этом достигается увеличение прочности при сжатии на 31,3%, с 37,5 МПа для контрольного образца до 49,28 МПа и прочности на растяжение при изгибе на 20% до 6,75 МПа по сравнению с контрольным образцом.

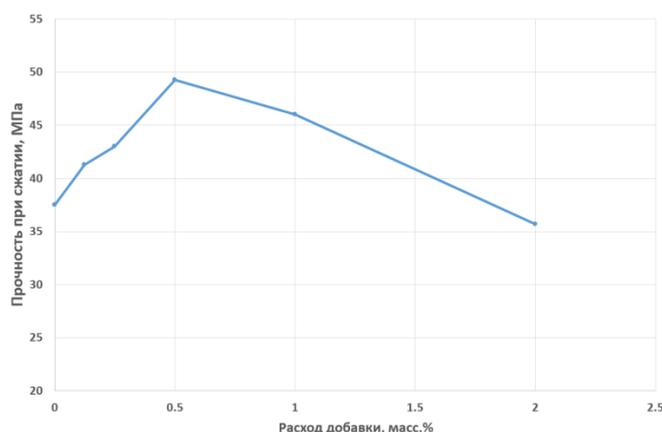


Рис. 3. Влияние расхода добавки раствора делигнификации на прочность при сжатии.

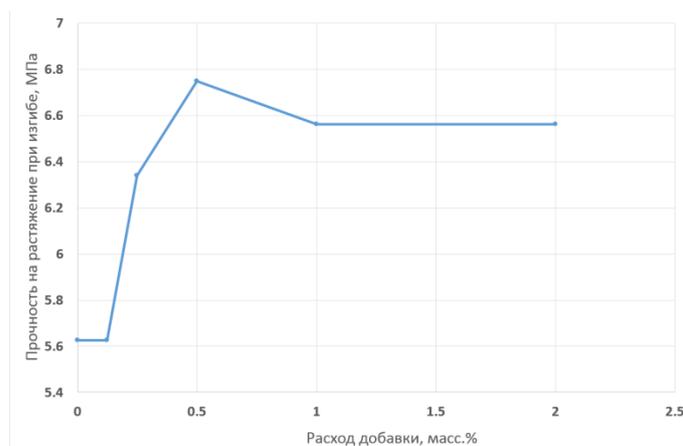


Рис. 4. Влияние расхода добавки раствора делигнификации на прочность на растяжение при изгибе.

Подобное влияние добавки раствора делигнификации связано с присутствием в нем аморфного кремнезема с чешуйчатой формой частиц, что обуславливает целенаправленное формирование удлиненных структур закристаллизованных гидросиликатов кальция, которые армируют строительный раствор, что вызывает снижение деформаций усадки при твердении. Установлено [3], что введение такой добавки приводит к снижению среднего радиуса пор раствора до 19,7 нм (средний радиус пор без добавочного раствора равен 1458,1 нм, с добавкой микрокремнезема – 95,7 нм, с добавкой белой сажи – 31,4 нм). За счет снижения размера пор снижается водопоглощение и повышается водонепроницаемость и, следовательно, улучшаются гидроизоляционные свойства раствора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности применения отхода производства целлюлозы – раствора делигнификации в качестве мягкопластифицирующей добавки для твердения бетонных смесей. Введение 0,5%-ной добавки раствора способствует снижению расхода воды для образования бетонной смеси и как следствие уменьшению водоцементного отношения, что в свою очередь приводит к уменьшению пористости бетона и повышению его прочности, морозостойкости, стойкости по отношению к попеременному увлажнению и высушиванию, водостойкости и коррозионной стойкости. Одновременно решается важнейшая проблема утилизации жидкого отхода целлюлозно-бумажного производства

по новой экологичной паро-взрывной технологии переработки растительных сельскохозяйственных отходов

Литература

1. Кузнецов Б.Н., Кузнецова С.А., Тарабанько В.Е. Новые методы получения химических продуктов из биомассы деревьев сибирских пород. – Рос. Хим. Ж. 2004, т. 48, №3, с. 4-20.
2. К.Г. Боголицын. Современные тенденции в химии и химической технологии растительного сырья. Рос. Хим. Ж. , 2004, т. 48, № 6, с. 105-123.
3. Вураско, А.В. и др. Технология получения целлюлозы из недревесного растительного сырья / А.В. Вураско, А.Р. Минакова, Б.Н. Дрикер, В.П. Сиваков, А.М. Косачева. Химия раст. сырья, 2010. - №2. - С. 165–168.
4. Rousu, P. et. al. Sustainable pulp production from agricultural waste / P. Rousu, P. Rousu, J. Anttila. Resources, Conservation and Recycling, 35, 2002. – pp. 85–103.
6. Ефремов А.А., Кротова И.В. Комплексная переработка древесных отходов с использованием метода взрывного автогидролиза. – Химия раст. сырья, 1999. - № 2. - С. 19-39.
6. Seitmagzimov A.A., Seitmagzimova G.M., Saipov A., Kulikov E.G. Cellulose production from wheat straw using explosive autocatalysis and weak alkaline solutions . / Proceedings of International Conference in Industrial Technology and Engineering // Shymkent: M. Auezov South Kazakhstan State University. - 2014, October. –P. 121-124.
7. Seitmagzimov A.A., Seitmagzimova G.M., Sevast'yanova Yu.V. Influence of wheat straw steam explosion treatment on its properties as cellulose fiber source / Journal of Industrial Technology and Engineering // Shymkent: M. Auezov South Kazakhstan State University. – 2014. - No1 (10). –P. 43-51.
8. Баженов Ю.М. Технология бетона. Учебник. – М.: Издательство АСВ, 2002. – 500с.

References

1. Kuznecov B.N., Kuznecova S.A., Taraban'ko V.E. Novyemetody poluchenija himicheskikh produktov iz biomassy derev'ev sibirskih porod. – Ros. Him. Zh. 2004, t. 48, №3, s. 4-20.
2. K.G. Bogolicyn. Sovremennye tendencii v himii i himicheskoi tehnologii rastitel'nogo syr'ja. Ros. Him. Zh. , 2004, t. 48, № 6, s. 105-123.
3. Vurasko, A.V. i dr. Tehnologija poluchenija celljulozy iz nedrevesnogo rastitel'nogo syr'ja / A.V. Vurasko, A.R. Minakova, B.N. Driker, V.P. Sivakov, A.M. Kosacheva. Himija rast. syr'ja, 2010. - №2. - S. 165–168.
4. Rousu, P. et. al. Sustainable pulp production from agricultural waste / P. Rousu, P. Rousu, J. Anttila. Resources, Conservation and Recycling, 35, 2002. – pp. 85–103.
6. Efremov A.A., Krotova I.V. Kompleksnaja pererabotka drevesnyh othodov s ispol'zovanie metoda vzryvnogo avtogidroliza. – Himija rast. syr'ja, 1999. - № 2. - S. 19-39.
6. Seitmagzimov A.A., Seitmagzimova G.M., Saipov A., Kulikov E.G. Cellulose production from wheat straw using explosive autocatalysis and weak alkaline solutions . / Proceedings of International Conference in Industrial Technology and Engineering // Shymkent: M. Auezov South Kazakhstan State University. - 2014, October. – R. 121-124.
7. Seitmagzimov A.A., Seitmagzimova G.M., Sevast'yanova Yu.V. Influence of wheat straw steam explosion treatment on its properties as cellulose fiber source / Journal of Industrial Technology and Engineering // Shymkent: M. Auezov South Kazakhstan State University. – 2014. - No1 (10). – P. 43-51.
8. Bazhenov Ju.M. Tehnologija betona. Uchebnik. – M.: Izdatel'stvo ASV, 2002. – 500s.

ТИРШЛІК ҚАУПСІЗДІГІ ЖӘНЕ ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ҚОРҒАУ

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЗАЩИТА
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

LIFE SAFETY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

УДК 534.121.2

UDK 534.121.2

САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД ВЕРХНЕ-КЕЛЕССКОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ

SANITARY-AND-HYGIENIC ANALYSIS OF THE ECOLOGICAL STATE OF
NATURAL WATERS IN THE UPPER KELES FIELD

Серикбаева А.К., Сатаева Л.М., Азимов А.М.
Serikbaeva A.K., Sataeva L.M., Azimov A.M.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
Azimov-78@mail.ru

Резюме

Проведен санитарно-гигиенический анализ экологического состояния подземных вод Верхне-Келесского месторождения. Качество воды определялось по гигиенической классификации СанПиН и методике НИИ гигиены им.Ф.Ф.Эрисмана. Из проведенного санитарно-гигиенического анализа экологического состояния видно, что подземные воды Верхне-Келесского месторождения не соответствуют требованиям питьевой воды и требуют разработки высокоэффективной технологии мембранной очистки.

Abstract

The sanitary-hygenic analysis of the ecological state of underwaters of Verkhne-kelesskogo of deposit is conducted. Quality of water was determined on hygienical classification of SanPiN and method of NII of hygiene the name of F.F.Erismana. From the conducted sanitary-hygenic analysis of the ecological state evidently, that the underwaters of Verkhne-kelesskogo of deposit fall short of the requirements of drinking-water and require development of high-efficiency technology of the diaphragm cleaning.

Ключевые слова: природные воды, мембранная очистка, санитарно-гигиенический анализ

Keywords: natural water, membrane cleaning, sanitary and hygienic analysis

Хозяйственно-питьевое и производственно-техническое водоснабжение населения с. Казыгурт осуществляется за счет подземных вод Верхне-Келесского месторождения, приуроченного к водоносному комплексу среднеолигоцен-миоценовых отложений. Объект недропользования-водоносный горизонт

среднеолигоцен-миоценовых отложений. Глубина отработки Горного отвода - 150м, площадь земельного отвода-0,36га. Участок водозабора подземных вод расположен в северо-восточной части от с. Казыгурт, на правом берегу реки Келес. Предгорная наклонная равнина занимает обширную территорию района, ограниченную Чулинским поднятием на западе, горами Казыгурт на севере и хребтом Каржантау на востоке, а в юго-западном направлении открытую в сторону Чирчик-Келесского междуречного пространства. Равнина представляет чередование широких саев со слабо всхолмленными водоразделами и наклонена в сторону р. Келес и ее падения.

По геолого-структурному положению район исследований занимает северо-восточную часть Чулинского поднятия, ограниченную горами Каржантау (с востока), Казыгурт (с севера). В сводной части Чулинского поднятия развиты меловые отложения, а крылья структуры сложены палеогеновыми, неогеновыми и четвертичными образованиями. В геологическом строении района принимают участие палеозойские, мезозойские и кайнозойские отложения. Водоносный комплекс нижнемеловых отложений (K_1) вскрываются скважинами № 40и - 2т, на глубине 660-1650м. Водовмещающие породы сложены песчаниками на известковистом цементе. Уровень воды установился на глубине 15м. Дебит скважины составил 1,3л/с при понижении уровня на 0,3мм. Воды слабо солоноватые с сухим остатком 1,4г/л. Подземные воды в нижних слоях менее минерализованы и величина сухого остатка не превышает 1,0 г/л.

Для учета процесса аккумуляции веществ в биологических объектах и уровня организации организма и от его отношения к общему фону загрязнения, обусловленного адаптацией, сформировавшегося в результате длительного эволюционного процесса мы использовали Сан ПиН 2.1.4.559-96, где результаты представлены в таблице 1.

Для учета специфики функционирования водных экосистем в различных природно-климатических зонах (широтная и вертикальная зональность) их токсикорезистентность, эффекты синергизма, антагонизма, суммации, учитывание разного трофического статуса экосистем, сезонных особенностей природных факторов, на фоне которых проявляется токсичность загрязняющих веществ, мы использовали методику НИИ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана.

Таблица 1 - Гигиеническая классификация вод ВКМ по степени загрязнения согласно Сан ПиН 2.1.4.559-96 (ПДК орг. и ПДК токс. – предельно допустимые концентрации, установленные по органолептическому и токсикологическому признаку соответственно)

Степень загрязнения	Оценочные показатели загрязнения для водных объектов I и II категорий							Индекс загрязнения
	Органолептический		Токсикологический	Санитарный режим		Бактериологический		
	Запах, привкус в баллах	Степень превышения ПДК орг.	Степень превышения ПДК токс.	БПК ₂₀ , мгО/л		Растворенный кислород мг/л	Число лактоположительных кишечных палочек в 1 л	
				I	II			
Умеренная	3	3	2,5	6	8	3	10 ³	1

Для определения степени загрязнения используются четыре критерия вредности, по каждому из которых сформирована определенная группа веществ и специфических показателей качества воды:

- критерий санитарного режима (W_c), где учитывается растворенный кислород, БПК₅, ХПК и специфические загрязнения, нормируемые по влиянию на санитарный режим;

- критерий органолептических свойств (W_{ϕ}), где учитывается запах, взвешенные вещества, ХПК и специфические загрязнения, нормируемые по органолептическому признаку вредности;

- критерий, учитывающий опасность санитарно-токсикологического загрязнения (W_{cm}), где учитывается ХПК и специфические загрязнения, нормируемые по санитарно-токсикологическому признаку;

- эпидемиологический критерий ($W_{э}$), учитывающий опасность микробного загрязнения.

Одни и те же показатели могут входить одновременно в несколько групп. Комплексная оценка вычисляется отдельно для каждого *лимитирующего признака вредности* (ЛПВ) W_c , W_{ϕ} , W_{cm} и $W_{э}$ по традиционной формуле "псевдокомпенсации":

$$W = 1 + \frac{\sum_{i=1}^n (\delta_i - 1)}{n}, \quad \delta_i = C_i / N_i$$

где W – комплексная оценка уровня загрязнения воды по данному ЛПВ, n – число показателей, используемых в расчете; N_i – нормативное значение единичного показателя (чаще всего $N_i = ПДК_i$).

Если $\delta_i < 1$, т.е. концентрация менее нормативной, то принимается $\delta_i = 1$.

Таблица 2 - Степень загрязнения воды в зависимости от значений комплексных показателей W , рассчитанных по лимитирующим признакам вредности

Уровень загрязнения	Критерий загрязнения по величинам комплексных оценок			
	Органолептический (W_{ϕ})	Санитарный режим (W_c)	Санитарно-токсикологический (W_{cm})	Эпидемиологический ($W_{э}$)
Умеренный	1,2	18	1,2	0,5

По особым формулам рассчитываются вклады для содержания растворенного кислорода и взвешенных веществ. Растворенный кислород нормируется по нижнему уровню значения, т.е. его содержание должно быть меньше 4 мг/л, поэтому при $C_i < 4$ для него принято

$$\delta_i = 1 + 10(N_i - C_i) / N_i.$$

Для взвешенных веществ также предложены специальные формулы, учитывающие требования "Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами" [2].

Поскольку сами по себе рассчитанные показатели ни о чем не говорят, к формулам прилагается также традиционная классификационная таблица диапазонов значений комплексных оценок W . Расчеты представлены в таблице-2.

Из проведенного санитарно-гигиенического анализа экологического состояния видно, что подземные воды Верхне-Келесского месторождения не соответствуют требованиям питьевой воды и требуют разработки высокоэффективной технологии мембранной очистки.

Литература

1. Сан ПиН 2.1.4.559-96 Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
2. «Правила охраны поверхностных вод» М.: Госкомитет СССР по охране природы, 1991, 34с .

References

1. SaN PiN 2.1.4.559-96 Pit'evaja voda i vodosnabzhenie naseleennyh mest. Pit'evaja voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody centralizovannyh sistem pit'evogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva.
2. «Pravila ohrany poverhnostnyh vod» M.: Goskomitet SSSR po ohrane prirody, 1991, 34s .

ӘӨЖ 57.083.12.

UDC 57.083.12.

МИНЕРАЛДЫ ЖӘНЕ ТЕХНОГЕНДІ ШИКІЗАТТАҒЫ СИРЕК КЕЗДЕСЕТІН ЭЛЕМЕНТТЕРДІ ЗЕРТТЕУ

RESEARCH OF RARE ELEMENTS IN MINERAL AND TECHNOGENE RAW MATERIALS

**Исаева А.У., Изтлеуова А.Б., Алимбаева М.К.
Isayeva A.U., Iztleuova A.B., Alymbaeva M.K.**

М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент,
Қазақстан

M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

Түйін

Бұл мақалада сирек кездесетін элементтердің түрлері, топтары және де шығу тарихы туралы нақты айтылған. Сирек кездесетін элементтер және оның қосылыстары түрлі өнеркәсіпте кең қолданысқа ие. Ең қажетті қолдану аймағы нефтехимия бөлімі, электроника, шыны, керамикалық өнеркәсіп, металлургия салаларында, сирек кездесетін элементтерді қолданудың ең ірі аумағы люминофорларды өндіру (теледидар, компьютер мониторлары, компактты лампа). Зерттеу нәтижелері бойынша ең қымбат бағада тұрған иттрий, европий, тербий элементтері болып табылатындығы анықталды. Сирек кездесетін элементтердің ауыр түрі яғни иттерийлі тобы қымбатырақ бағаланып, минералды және техногенді қалдықтардан биосілтісіздендіру әдісі арқылы сирек кездесетін элементтерді бөліп алуға болатындығы туралы айтылған. Сонымен қатар, биосілтісіздендірудің даму тарихы, түрлері мен елімізде дамуы туралы және де оның тиімділігі көрсетілген. Сондай-ақ биосілтісіздендіру үрдісінің маңыздылығы, экономикалық тиімділігі мен экологиялық залалсыздығын өндірісте кеңінен пайдалану мүмкіншіліктерін арттыру, бүгінгі күннің өзекті мәселесіне айналып отыр. Биосілтісіздендіруде микроағзалардың маңызы өте зор екендігі айтылған.

Abstract:

The article was written about types, groups and origin of rare elements (RE). RE and their compounds were used widely in various industry fields. The most used fields are petrochemistry, electronics, glass and ceramic industries, and metallurgy. The luminophore production (TV, monitor, compact lamps) is one of the board field that uses RE. According to the research results, yttrium, europium, terbium are the most expensive elements. The heavy type of rare elements, in particular, yttrium group, is priced more expensive, and it is extracted from mineral and technogene reminders by using a biolixiviation method. In addition

to this, the history of the biolixiviation development, types, development in our country, and its efficiency were demonstrated. Today's key issue is to increase possibilities of widely usage of the importance of the biolixiviation method, its economic efficiency, and eco-friendly in industry. The significance of microorganism is illustrated in the biolixiviation.

Кілттік сөздер: Сирек кездесетін элементтер, биосілтісіздендіру, шикізат, микробиологиялық зерттеу, микроағзалар

Keywords: rare elements, bioleaching, raw materials, microbiological research, microorganisms.

Қазақстан пайдалы қазбалар көзіне өте бай. Ғылыми-техниканың қарқынды дамуы табиғатты тиімді пайдалану ісін ұйымдастыруда адамзаттың алдына бірқатар жаңа міндеттер қойып, табиғатты қорғаудың көптеген мәселелерін шиеленістіріп жіберді. Қазақстан Республикасының аумағында көп мөлшерде металл құрамды қалдықтар жиналуда. Бұл қалдықтардың құрамында медь, мырыш, алюминий, темір және де басқа бағалы металлдар кездеседі. Көптеген дамыған елдердегі сияқты пайдалы кендер мен қанықпалар (концентраттар) құрамынан әр түрлі жолдармен бағалы және сирек кездесетін металдарды бөліп алу үрдісі біздің елімізде де қолданылып келеді[1].

Сирек кездесетін элементтер дегеніміз – табиғатта аз және шашыранды әрі өңделуі өте қиын металдар тобын айтамыз.

Сирек кездесетін элементтерге (СКЭ) иттрий, лантан және лантаноидтардың 15 элемент топтары: лантан (La), церий (Ce), празеодим (Pr), неодим (Nd), прометий (Pm – жасанды түрде жасалады), самарий (Sm), европий (Eu), гадолиний (Gd), тербий (Tb), диспрозий (Dy), хольмий (Ho), эрбий (Er), тулий (Tm), иттербий (Yb), лютеций (Lu), және де жатады. 2 элементті жатқызуға болады иттерий (Y), скандий (Sc). Бұл элементтердің қасиеттері бір-біріне өте ұқсас, және де табиғатта бірігіп кездеседі[2].

Сирек кездесетін элементтер екі топқа бөлінеді: *церийлі* (немесе жеңіл) лантан (La), церий (Ce), празеодим (Pr), неодим (Nd), самарий (Sm) және *иттрийлі* (немесе ауыр)–европий (Eu), гадолиний (Gd), тербий (Tb), диспрозий (Dy), хольмий (Ho), эрбий (Er), тулий (Tm), иттербий (Yb), лютеций (Lu) элементтері жатады. Иттрий топтарының арасындағы сирек кездесетін элементтер 3 топшаға бөлінеді: жеке иттрий, ортадағы СКЭ (самариядан эрбий элементіне дейін) және ауыр СКЭ (тулийден лютецияға дейін). Скандий және иттрий өте жоғары реакцияласу қасиетіне ие. Олардың химиялық активтілігі әсіресе жоғары температурада байқалады. Металлдар 300^0 - 400^0 температурада сутегімен әсерлесіп, RH_3 и RH_2 түзеді, оның ішінде - R символы сирек кездесетін металдың атымын көрсетеді. Бұл қосылыс өте тұрақты және тұздардың қасиетіне ұқсас. Қыздырғанда олар оттегімен әрекеттесіп, R_2O_3 , CeO_2 , Pr_6O_{11} , Tb_4O_7 түзеді. Тек, Sc и Y элементтерінің қорғаныш қабығы болғандықтан, 1000^0C -та да ауада тұрақты болып табылады. Аталған металлдардың жану процесінен кейін, жоғары мөлшерді жылу бөлінеді. 1г лантан жанғанда 224,2 ккал жылу бөлінеді. Лантан, церий және басқа металлдар қалыпты температурада сумен, қышқылдармен әрекеттесе отырып, сутегі бөледі. СКЭ-дің химиялық белсенділігі бірдей емес, скандийден лантанға дейін химиялық белсенділік жоғарылайды да, лантаннан лютецийге дейін төмендейді. Сонымен ең белсенді металл ретінде лантанды айтуға болады. Өйткені лантаннан бастап лютецийге дейін атом радиустары төмендейді. СКЭ тотығу дәрежесі +3. Жалпы формуласы: R_2O_3 -қатты, қиын балқитын қосылыстар. Олар сумен әрекеттесіп гидроксидтер түзеді: $R(OH)_3$. Гидроксидтері суда аз ериді. Барлық СКЭ галогендермен реакцияға түседі: $RHal_3$ (Hal — галоген). Күкірт және селенмен қыздырған жағдайда реакцияға түседі.

СКЭ алғаш рет 1980 жылдары АҚШ және Канада мемлекеттері өңдей бастады. Бұл кездерде СКЭ жоғары бағада бағаланды. Ал, 1990 жылдары СКЭ аспан

асты елі яғни Қытай мемлекеті өңдей бастады. Байан-Обо кен орнында өңделген СКЭ әлем қорының 80% құрады[3].

СКЭ және оның қосылыстары түрлі өнеркәсіпте кең қолданысқа ие. Ең қажетті қолдану аймағы нефтехимия бөлімі, электроника, шыны, керамикалық өнеркәсіп, металлургия. Шамамен СКЭ-тің 30% мұнай крекингіне қажетті катализаторларды өндіруде, каучук және полимерлерді синтездеуде, автомобильдерден шыққан түтіндерді нейтралдауға қажетті фильтрлерді шығаруда қолданады. СКЭ-ді қолданудың ең ірі аумағы люминофорларды өндіру (теледидар, компьютер мониторлары, компактты лампа). Ең қымбат бағада тұрған иттрий, европий, тербий элементтері болып табылады. Көзге арналған линзаларды шығаруға қажетті полировкалық ұнтақтарды өндіруде церий элементі қолданылады. Сирек кездесетін элементтердің ауыр түрі яғни иттерийлі тобы қымбатырақ бағаланады.

Тағы бір СКЭ-нің қолдану аясы- никель-мишметалл-гидридті аккумулятор батареяларының өндірісі [4].

СКЭ жер қабатында кең таралған бірақ өңдеуге қажетті концентратына сәйкес келмейді. Бастнезит (CeCO_3F , 75% СКЭ) және монацит (CePO_4 , 65% СКЭ) негізгі өнеркәсіптік минерал-концентраттар болып табылады. СКЭ –дің әлемдік қорының негізгі бөлігі Қытай және АҚШ мемлекетінде, монациттік кен орындары Австралия, Бразилия, Индия, Малайзия, Шри-Ланке, Таиланд, АҚШ-та орналасқан. Қалған СКЭ кездесу жиілігі ионды-абсорбионды топырақ, лопарит, фосфорит, апатит, екінші реттік монацит, эвдиалит және тағы басқа кенорындарымен байланысты. Шамамен 50% қор бастнезитті кендерде кездеседі. Олар: – Вауан Обо (Қытай) и Mountain Pass (АҚШ)[5].

Сонымен қатар, сілтісіздендірудің бір әдісі фосфогипсті күкірт қышқылымен өңдеу болып табылады. Күкірт қышқылының концентрациясы 20-25% , С:К=2:3, температурасы 20-80°C. Лантаноидтарды сілтісіздендіру күкірт қышқылымен жүргізіледі. Ерітіндіге СКЭ-тер сульфат концентраттар ретінде шығады [6].

Фосфогипсті сілтісіздендіру күкірт қышқылымен жүргізіледі. Процесс алдында фосфогипстің құрамынан фосфорды сумен шаяды. Күкірт қышқылының концентрациясы 3 - 250 г/л. Фосфогипсті күкірт қышқылының 20-25 % -мен С:К=3:2 қатынасындай етіп, 20-80°C температурада сілтісіздендіргенде сирек кездесетін элементтер және натрий ерітіндіге шығады. Ерітіндідегі концентраттарды $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ немесе CaCl_2 ерітінділерімен өңдеп, сирек кездесетін элементтердің нитрат және хлорид ерітінділерін алады. СКЭ сульфаттарын кристаллдандырады. Концентраттарды бөлгеннен кейін, ыдыратуға бағытталады. Ол үшін күкірт қышқылы сумен 20-25 %-ға дейін сұйылтылады. Фосфогипсті сілтісіздендіру 60 минутқа созылады. Концентратқа СКЭ-дің бөлінуі 50,0-60,2%-ды құрайды [7].

Әлемдік дәрежеде СКЭ концентрат бойынша қазіргі таңда 135 мың т. бағаланады. Әлемдік өндірістің 95% қамтитын ең ірі өндіруші Қытай мемлекеті. Болжам бойынша 2017 жылы СКЭ-ді өндіру 198мың т. яғни әлемдік табыстың 80% құрайды. Қалған 50%-ды басқа мемлекеттер: АҚШ, Австралия, Канада, Қазақстан, Ресей, Жапония, Малайзия толықтыруды қажет етеді.

Қытайдан басқа АҚШ-дағы MolyCorp компаниясы әлемді СКЭ-мен қамтамасыз етуде. Қазіргі таңда СКЭ-ді өндіретін әлемдік деңгейдегі компаниялар кестеде көрсетілген [8].

1 – кесте. Әлем елдеріндегі СКЭ-ді өңдейтін компаниялар

№	Компания атауы	Орналасқан мемлекеттер	Ресурстың өсуі (миллион тона)	Орташа концентрациясы (%)	Өнімнің жылдық көлемі (тона жылына)
1	Molycorp	АҚШ	1,8	9,20 %	40500
2	Lynas	Австралия	1,2	9,70 %	21000
3	Alkane	Австралия	0,6	0,80 %	2580
4	Arafura	Австралия	0,8	2,80 %	20000
5	Avalon	Канада	2,5	1,40 %	10000
6	Great western mineral gr.	Канада	0,06	2,40 %	500
7	Kvanefjeld	Гренландия	4,9	1 %	43729
8	Rare element res	АҚШ	0,6	3,50 %	-

Қазақстанда 30-дан аса кенорындарының элементтік құрамы анықталған. Нәтижелерге қарағанда сирек кездесетін элементтер уран кездесетін кенорындарда көп мөлшерде таралғанын көруге болады. Олардың құрамында жеңіл лантаноидтар (лантан, церий), ауыр лантаноидтардан (иттербий, лютеций) жинақталған. Балқаш кенорнында тантал, гафний, европий, иттербий, лютеций элементтерінің жоғарғы концентрациясы анықталған. Донецкое және Сырымбет кенорындарынан лантан, церий, самарий, европий, иттербий, лютеций, скандий, гафний, уран сияқты элементтер зерттелген. Уран кенінен басқа, геология ғылым институтының анықтауы бойынша сирек кездесетін элементтер титанды, құрамында фосфориттер бар кендерде кездеседі. Мысалы, Шымкент қаласында орналасқан фосфор өндірісінің қалдықтарындағы СКЭ үлесі - 0,15-0,4%, оның ішінде цезий Се - 43,48-52%; Неодим Nd - 14-16%; Лантан La - 24-27%; Празеодим Pr - 4-6%; Самарий Sm – 2,3-2,5%; Гадолиний Gd – 1,1-1,3%; Европий Eu – 0,1-0,2%. Қарату фосфориттерінде (5 млрд.тонна) СКЭ үлесі – 0,04-0,06%. Мұндай қалдықтардың құрамында, сонымен қатар көптеген зиянды қоспалар да кездеседі. Сондықтан олар түбегейлі дәлелденбей келеді. Бұл қалдықтар қоршаған ортаға эрозиялық үрдістер арқылы таралып су мен топырақты лаптап келеді. Олардың құрамында келесі заттар кездеседі: La_2O_3 -0,008%, оксид прозеодима Pr_2O_3 – 0,001%, оксид неодима Nd_2O_3 – 0,008%, оксид самария Sm_2O_3 – 0,001%, оксид гадолиния Gd_2O_3 – 0,0005%, оксид диспрозия Dy_2O_3 – 0,002%, оксид иттрия Y_2O_3 – 0,22%, оксид иттербия Yb_2O_3 – 0,001% [9].

Қазіргі заманғы маңызды мәселе- құрамында қалып қойған бағалы элементтер бар жинақталған техногенді қалдықтарды қайта өңдеу. Техногенді минералды түзілістерді қайта өңдеу экономикалық және экологиялық жағынан пайда келтіретін бірден бір технология. Техногенді шикі зат минералдарға қарағанда жылдам деструкцияланады. Сондықтан, өндіріс қалдықтарынан сирек кездесетін элементтерді бөліп алу артық қаржы шығынын қажет етпейді.

Сонымен қатар, әлемде Қазақстан тау кен металлургия саласы бойынша ең ірі аймақты қамтушы аудан болып табылады. Әлемдік жалпы қор бойынша 70 тау кен металлургия өндіруші елдердің ішінде 13-орында. Шикізат өңдеу барысында көптеген қалдықтар қалуда. Қалдықтардың қалуы еліміздің экономикасы мен экологиясына кері әсерін тигізуде. Осы қалдықтарды қайта өңдеу және де кен орындарынан бағалы металдарды бөліп алу қазіргі уақытта өзекті мәселелердің бірі. Кен қалдықтарынан металдарды бөліп алудың ең тиімді экономикалық және де экологиялық таза жолдарының бірі – биологиялық сілтісіздендіру. Бұл тәсіл қазіргі кезде көптеген елдерде кеңінен пайдаланылуда. Мысалы, Канада, Австралия, Иран, Ресей және де Өзбекстанда алтын, темір, рений, молибден, мыс сияқты элементтерді бөліп алу үрдісі биотехнологиялық тәсілге негізделген. Дегенмен, қазіргі кездегі өндірілетін металл көлемінде биологиялық тәсілдің үлесі әлі де болса айтарлықтай қарқынды дамымаған.

Бұл тәсілдің тиімділігі мен ұтымдылығы құрамында пайдалы элементтері бар тау кен орындарындағы байлықтарды оңай алуға мүмкіншілік береді

Бактериалық сілтісіздендіру - көпкомпонентті қосылыстардан оларды сулы ортада микроорганизмдермен еріту арқылы химиялық элементтерді іріктеп алуынуы.

Биологиялық сілтісіздендіру арқылы кендерден, өндіріс қалдықтарынан т.б. құнды компоненттерді (мыс, уран т.б) немесе зиянды қоспаларды алуға болады (мысалға, қара және түсті металл кендеріндегі мышьяк). Сілтісіздендіру процесін әлдеқайда интенсификациялауға бактериалардың қатысуында қол жеткізілді.

Биологиялық сілтісіздендіруді жүзеге асыру үшін: үйінді, жерасты және чанды биосілтісіздендіру түрлерін қолданады.

Үйінді сілтісіздендіру – үлкен бөлікті байытылмаған баланысты кен және баланыстан тыс табылған қорды қайта өңдеу әдісімен химиялық немесе бактериялық сілтісіздендіру.

Жерасты сілтісіздендіру – уран, мыс, алтын және күміс минерал қорларын алу үшін физика-химиялық процесстың бұрғылау кезінде әртүрлі сұйықтықтармен жүзеге асуы. Осыған байланысты объектіні мұқият геологиялық зерттеу, әсіресе тектоникалық кемшіліктер тұрғысынан зерттеу қажет етіледі.

Чанды сілтісіздендіру – пайдалы қазбаларды өндіруде және қайта өңдеу саласында бактериялар көмегімен өңдеу процесі болып табылады. Ең алғаш бұл процесс өткен ғасырдың 70-80 жылдарында пайда болған. Бұл әдіс үйінді және жер асты әдістері секілді қоршаған орта факторларына айтарлықтай тәуелді емес [10].



1 сурет. Биологиялық сілтісіздендіруді жүзеге асыру нұсқалары [11].

Ең алғаш рет мысты үйінді сілтісіздендіру 1725 жылы Рио-Тинтода (Испания) жүзеге асырылып, 20 мил. тонна кен қалдықтарынан 100 мың тонна мыс яғни 1,5 % алынды. Әрине бұл процесті көп уақыт аралығында биосілтісіздендіру емес, химиялық процесс деп санады.

Ал, қазіргі кезде мыстың және басқа металлдарды биосілтісіздендіру әдісімен сілтісіздендіруге болады, бұл жағдайда бактериялардың тотығуына *Th.ferrooxidans* бактериясы маңызды орын алады.

Th.ferrooxidans бактериялары құрамында мысы бар мынадай минералдарды тотықтыруға қабілетті: борнит- CuFeS_4 ; ковеллин- CuS ; талнахит- CuFeS_1 ; тетраэдрит- $\text{Cu}_8\text{Sb}_2\text{O}_7$; халькозин – Cu_2S ; халькопирит- CuFeS_2 ; энаргит- Cu_3AsS_4 .

Еліміздегі биосілтісіздендіру әдісімен айналысатын ғалымдардың еңбектерінің айтарлықтай мәні бар, мысалы М.К.Камалов, А.Н.Илялетдинов, А.Т.Қанаев т.б. еңбектері биосілтісіздендіру үрдісінің негізі болып саналады [12].

Бірақ бұл тиімді тәсілдер барлық элементтерді өндіруде кеңінен және ұтымды пайдаланылып жатқан жоқ. Биосілтісіздендіру тәсілін қолдана отырып кен құрамынан металлдарды бөліп алуда қол жеткен жұмыстар әлде болса аз. Сонымен қатар, кен

орындары жылдан-жылға сарқылып келеді. Ал, өндіріс аймақтарында жинақталған қалдықтар көлемі орасан зор. Олардың құрамында көптеген бағалы металлдар мен сирек кездесетін элементтер көптеп кездеседі. Оларды дәстүрлі технология арқылы бөліп алу экономикалық тұрғыдан тиімсіз болып саналады. Осы тұрғыда, өндіріс қалдытары мен көлемі шағын кен орындарынан бағалы металлдарды бөліп алуға биотехнологиялық әдістердің маңызы зор.

Биосілтісіздендірудің тиімділігі, процесс жылдамдығымен, жұмысшы қолының көмегімен, электр энергиясымен, материалдырдың шығынымен соңғы сұйықтықта бағалы компонентерді, компонентердің араласқан концентрациясын және зиянды қоспаларды толығымен анықтайды. Сонымен қатар биосілтісіздендіру үрдісінің маңыздылығы, экономикалық тиімділігі мен экологиялық залалсыздығын өндірісте кеңінен пайдалану мүмкіншіліктерін арттыру, бүгінгі күннің өзекті мәселесіне айналып отыр. Биосілтісіздендіруде темір тотықтырушы тион бактерияларының *Thiobacillus ferrooxidans* маңызы өте зор.

Әдебиеттер:

1. В. Ж. Арена//Физико-химическая геотехнология: Учебное пособие. -М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2001.-656 с.
2. Т. В. Башлыкова и др. Бактериальное выщелачивание шлама медной плавки и пиритных огарков/В сб. «Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья благородных металлов». - Т. 3. Екатеринбург: УГГГА, 2002. - С. 11-12.
3. Б. Д. Халезов, Н. А. Ватомин, В. А. Неживых и др. //Историческая справка и обзор зарубежной практики кучного подземного выщелачивания/ ГИАБ. - 2002. - № 4. - С. 139-143.
4. М. И. Фазлуллина./ Под ред. / - Кучное выщелачивание благородных металлов. М.: Изд. Академии горных наук, 2001. - 647 с.
5. М. Г. Сагдиева/Бактериально-химическое выщелачивание меди из хвостов флотации медной обогатительной фабрики Алмалыкского ГМК// Горный журнал. — спецвып. — 2002. — С. 128-129.
6. K.J. Edwards, B. Hu, R.J. Hamers and J.F. Banfield , FEMS Microbiol. Ecol., 34 (2001) 197.
7. B. Thamdrup, in B. Schink (ed.) Advances in Microbial Ecology, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York (2000) 41.
8. G.I. Karavaiko, G.V. Sedelnikova, R. Ya. Aslanukov, E.E. Savari, V.V. Panin and E.V. Adamov, 2000. Biohydrometallurgy of Gold and Silver. Tsvetnye Metally, 8, 20-26.
9. I.A. Bierly, International Congress, Biotechnology, 2002 Moscow, Russia, (2002) 457.
10. S. Ubaldini, F. Veglio, P. Fornari, C. Abbruzzese, Hydrometallurgy, 57 (2000) 187.
11. A. Schippers, T. Rohwerder and W. Sand, Appl. Microbiol. Biotechnol., 52 (1999) pp.104.
12. H. Brandl. Microbial leaching of metals//H.J. Rehm, G. Reed (Eds.), Biotechnology, vol. 10 Wiley-VCH, Weinheim (2001), pp. 191–224

Reference

1. V. Zh. Arene//Fiziko-khimicheskaya geotekhnologiya: Uchebnoe posobie. -M.: Izdatel'stvo Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta, 2001.-656 s.
2. T. V. Bashlykova i dr. Bakterial'noe vyshchelachivanie shlaka mednoy plavki i piritnykh ogarkov/V sb. «Nauchnye osnovy i praktika pererabotki rud i tekhnogennogo syr'ya blagorodnykh metallov». - T. Z. Ekaterinburg: UGGGA, 2002. - S. 11-12.
3. B. D. Khalezov, N. A. Vatomina, V. A. Nezhiviykh i dr. //Istoricheskaya spravka i obzor zarubezhnoy praktiki kuchnogo podzemnogo vyshchelachivaniya/ GIAB. - 2002. - № 4. - S. 139-143.
4. M. I. Fazlullina./ Pod red. / - Kuchnoe vyshchelachivanie blagorodnykh metallov. M.: Izd. Akademii gornykh nauk, 2001. - 647 s.

5. M. G. Sagdieva/Bakterial'no-khimicheskoe vyshchelachivanie medi iz khvostov flotatsii mednoy obogatitel'noy fabрики Almalıykskogo GМK// Gornyy zhurnal. — spetsvyp. — 2002. — S. 128-129.
6. K.J. Edwards, B. Hu, R.J. Hamers and J.F. Banfield, FEMS Microbiol. Ecol., 34 (2001) 197.
7. B. Thamdrup, in B. Schink (ed.) Advances in Microbial Ecology, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York (2000) 41.
8. G.I.Karavaiko, G.V.Sedelnikova, R.Ya.Aslanukov, E.E.Savari, V.V. Panin and E.V.Adamov, 2000. Biohydrometallurgy of Gold and Silver. TsvetnyeMetally, 8, 20-26.
9. I.A.Bierly, International Congress, Biotechnology, 2002 Moscou, Russia, (2002) 457.
- 10.S .Ubal dini, F. Veglio, P. Fornari, C. Abbruzzese, Hydrometallurgy, 57 (2000) 187.
- 11.A. Schippers, T. Rohwerder and W. Sand, Appl. Microbiol. Biotechnol., 52 (1999) pp.104.
- 12.H. Brandl. Microbial leaching of metals//H.J. Rehm, G. Reed (Eds.), Biotechnology, vol. 10Wiley-VCH, Weinheim (2001), pp. 191–224

ӘОЖ 57.083.12.
UDC57.083.12.

ТАУКЕНТ УРАН ӨНДЕУ ӨНДІРІСІНІҢ СУ СЫНАМАЛАРЫН МИКРОБИОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ

MICROBIOLOGICAL RESEARCH OF WATER SAMPLES IN THE TAUKENT RECYCLED URANIUM PRODUCTION

**Изtleуова А.Б., Алимбаева М.К.
Iztleuova A.B., Alymbaeva M.K.**

М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент,
Қазақстан
M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

Түйін.

Бұл мақалада Оңтүстік Қазақстан облысы Созақ ауданының аумағында орналасқан «КАТКО» ЖШС су сынамалары, соның ішінде мардымды сұйықтық (продуктивный раствор), ион алмасудан кейінгі су (дистилденген, технологиялық су), иондауға дейінгі су (дистилденген) сынамалары микробиологиялық зерттеу жүргізілді. Зерттеу кезінде технологиялық сұйықтықтарында *микромикеттер*, *гетеротрофтар*, *Nitrosomonas sp.* және де *Nitrobacter sp.* туыстары кездесетіндігі анықталды. Ал, *Th. ferrooxidans* бейтарап ортада тіршілік етуге төзімсіз екендігін көрсетті.

Abstract.

This article presents the results of microbiological tests of water samples productive solutions before and after the ion-exchange systems of technological processes implemented in the LLP "KATCO" located in Suzak district of South Kazakhstan region. Found that in the present technological solutions micromycetes, heterotrophs, and related groups *Nitrosomonas sp.* and *Nitrobacter sp.* At the same time it is shown that the environment is not tolerant to *Th. ferrooxidans*.

Кілт сөздер: микробиологиялық зерттеу, уран,микромикеттер, гетеротрофтар, *Nitrosomonas sp.*, *Nitrobacter sp.*

Keywords: microbiological research, uranium, micromycete, heterotroph, *Nitrosomonas sp.*, *Nitrobacter sp.*

Жер қойнауында шашыраңқы орналасқан уранның үлесі алтыннан 1000 есе, күмістен 30 есе көп. Табиғаттағы үлес салмағы мырышпен, қорғасынмен бірдей болса да негізгі массасы тау жыныстарында, топырақтарда, табиғи суларда шашыраңқы орналасқан. Оны өндіру іс жүзінде тиімсіз, әрі мүмкін емес. Табиғатта уранның аз бөлігі ғана кен орындарында шоғырланған [1].

Уран өндірісі соның ішінде Таукент уран өндірісі Қазақстан экономикасының басым бағыттарының бірі. Бүгінде еліміз уран өндіру бойынша әлемнің көшбасшы мемлекеттерінің біріне айналды. Яғни Австралиядан кейінгі екінші орында [2].

«КАТКО» ЖШС Оңтүстік Қазақстан облысы Созақ ауданының аумағында орналасқан. Өндіріс Шымкент қаласынан 300 км қашықтықта. Өндіріс су сынамалары Мойынқұм кен орнынан алынды.

Сынама және зерттеу әдістері: өндіріс сулары (мардымды сұйықтық (продуктивный раствор) - рН=1,64, ион алмасудан кейінгі су (дистилденген) технологиялық су - рН=1,64, иондауға дейінгі су (дистилденген) - рН=1,64). *Микромицеттерді* бөлуге арналған Чапека ортасы, *гетеротрофтарды* бөлуге арналған БПА, *Thiobacillusthioparus* бөлуге арналған Ваксмана ортасы, *Aciditibacillus ferrooxidans* бөлуге арналған Люндгрена и Сильвериана 9к ортасы, *Nitrosomonas sp.* бөлуге арналған Виноградтық ортасы (I фаза), *Nitrobacter sp.* бөлуге арналған Виноградтық ортасы (II фаза).

Физика-химиялық зерттеу әдісі: Микроағзалардың токсеномиялық талдау жасау үшін, «Тауда», «Биомед» микроскоптары пайдалануы жинақтаулы 111 алу үшін (LBV – 6 шайқағыш) пайдаланылды.

Нәтижелер: Таукент уран өңдеу өндірісінің су сынамаларындағы микроағзалардың микрофлорасын микробиологиялық зерттеулер жасау үшін мардымды сұйықтық (продуктивный раствор), ион алмасудан кейінгі су (дистилденген, технологиялық су), иондауға дейінгі су (дистилденген) пайдаланылды [3].

Микробиологиялық зерттеу нәтижесінде Мойынқұм кен орнынан алынға технологиялық су сынамалардың құрамында *микромицеттер*, *гетеротрофтар*, *Nitrosomonas sp.* және де *Nitrobacter sp.* туысының мөлшерде бар екендігі анықталды (1 кесте).

1 кесте – Таукент уран өңдеу өндірісінің су сынамаларының микроағзалардың микрофлорасы

№	Таукент өндірісінің су сынамалары	Микроағзалар, КОЕ/мл					
		<i>Микромицеттер</i>	<i>Гетеротрофтар</i>	<i>Nitrosomonas sp.</i>	<i>Nitrobacter sp.</i>	<i>Thiobacillusthioparus</i>	<i>Aciditibacillus ferrooxidans</i>
1	Иондауға дейінгі су (дистилденген)	1,0 x 10 ² 3,86 x 10 ²	3,97 x 10 ² 2,77 x 10 ²	+	+	-	-
2	Ион алмасудан кейінгі су (дистилденген) технологиялық су	6,09 x 10 ² 5,92 x 10 ²	5,0 x 10 ² 1,08 x 10 ³	+	+	-	-
3	Мардымды сұйықтық (продуктивный раствор)	1,4 x 10 1,9 x 10	7,4 x 10 5,8 x 10	+	-	-	-

*Th. ferrooxidans*стың тіршілігі үшін 1,5-2,5 рН қышқылдық орта қажет. Ал біздің сынамаларымыздың қышқылдық ортасы бейтарап және әлсіз-сілтілі болғандықтан *Th. ferrooxidans* бейтарап ортада тіршілік етуге төзімсіз екендігін көрсетті.

Тұжырым(дар): зерттеу технологиялық сұйықтықтарында *микробицеттер, гетеротрофтар, Nitrosomonas sp.*, және де *Nitrobacter sp.* туыстары кездеседі.

Әдебиеттер

1. А.С.Черняк Основы биотехнологии металлов: Учебное пособие-монография. – Иркутск: Изд-во Иркут. Ун-та, 2002. С 102.
2. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейла, С. Улилльямса. Под ред., Определитель бактерий Берджи. В 2-хт. Т. 1: Пер.с англ./ 1 том. М.: Мир, 1997. –С. 420-432.
3. Н. Brandl. Microbial leaching of metals//H.J. Rehm, G. Reed (Eds.), Biotechnology, vol. 10 Wiley-VCH, Weinheim (2001), pp. 191–224.

Reference

1. A.S. Chernyak Osnovy biotechnology metalov: Uchebnoe posobie-monografya. – Irkutsk: Izd-voIrkut. Un-ta, 2002. P 102.
2. J. Houltta, N. Kriga, P.Snita, J. Steila, S. Wilyyamsa. Pod red., Opredelite lbakterii Berdja. V 2-ht. T. 1: Per.sang./1 tom. M.: Mir, 1997. – P.420-432.
3. Н. Brandl. Microbial leaching of metals//H.J. Rehm, G. Reed (Eds.), Biotechnology, vol. 10 Wiley-VCH, Weinheim (2001), pp. 191–224.

УДК 661. 322.1

UDC 661. 322.1

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ХЛОРИДА НАТРИЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗВРЕДНОГО ЦЕЛЕВОГО ПРОДУКТА

RESEARCHING OF COMPOSITION AND POSSIBILITY OF PROCESSING SODIUM CHLORIDE ON ENVIRONMENTALLY HARMLESS FINAL PRODUCT

**Анарбаев Н.А., Глеуова С.Т., Анарбаев А.А., Кабылбекова Б.Н.,
Абдибек А.С., Дауренбекова Г.Д.
Anarbayev N.A., Gleuova S.T., Anarbayev A.A., Kabylbekova B.N., Abdibek A.S.,
Daurenbekova G.D.**

Южно-Казakhstanский государственный университет им.М.Ауэзова, Шымкент,
Казakhstan

M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

@e.mail: abib_28@mail.ru

Резюме

Изучен запас природной поваренной соли Республики Казахстан и исследован химический состав, а также содержание минералов и примесей. Природный хлорид натрия исследован методом рентгенофазового анализа и ИК-спектроскопии. Результаты исследования показали наличие в образце основного вещества хлорида натрия виде галита и примесей в основном сульфата кальция и магния.

Рентгенофазовый анализ с использованием прибора ДРОН-3 (рисунок 1) показал, что основной минерал, входящий в состав природных солей – галит NaCl соответственно полосы поглощения 2,82, 1,99, 1,63 Å⁰ и в небольших количествах сульфата натрия, нерастворимые примеси, представленные сульфатом кальция, кремнеземом, силикатом магния. Данные рентгенофазового анализа подтверждаются результатами ИК-спектроскопического исследования солей проведенного с помощью прибора AVATAR-360. Согласно спектрам поглощения инфракрасного излучения (рисунок 2), в состав солей входят галит – полосы 603 см⁻¹, 1045 см⁻¹, доломит – полосы – 1455 см⁻¹, 877-884 см⁻¹, мервинит и форстерит – полосы – 460-466 см⁻¹, глауконит – 3550-3600 см⁻¹, кварц – полосы поглощения – 1085-1090 см⁻¹.

После предварительной очистки от сульфат иона соли Ащы-Кольского месторождения возможно переработка кислотнo-термическим методом на фосфатные соли необходимого для получения моющего средства.

Abstract

The natural reserve of salt is studied and the Republic of Kazakhstan is researched the chemical composition and mineral content and impurities. Natural sodium chloride was researched by X-ray diffraction and IR- spectroscopy. The results showed the presence in the sample of the basic substance as sodium chloride and halite impurities mainly of calcium sulfate and magnesium. X-ray diffraction analysis using the device DRON-3 (Figure 1) showed that the main mineral that is part of the natural salts - halite NaCl absorption bands respectively 2,82, 1,99,1,63 Å⁰ and small amounts of sodium sulfate, insoluble impurities shown calcium sulfate, silica, magnesium silicate. These X-ray analysis confirmed the results of IR spectroscopic researches conducted salts with an instrument AVATAR-360. According to the IR absorption spectra (Figure 2), of the salts include halite - band 603 sm⁻¹, 1045 sm⁻¹, dolomite - strip - 1455 sm⁻¹ 877-884 sm⁻¹, merwinite and forsterite - stripes - 460 -466 sm⁻¹, glauconite - 3550-3600 sm⁻¹, quartz - absorption bands - 1085-1090 sm⁻¹.

After the precleaning of the sulfate ion salt Aschy-Kol deposit possible recycling of acid-thermal method on phosphate salts necessary for the detergent.

Ключевые слова: хлорид натрия, минералы, рентгенограмма, ИК-спектроскопия, рентгенофазный анализ, инфракрасное излучение.

Keywords: sodium chloride, minerals, roentgenograph, IR-spectroscopy, X-ray analysis, infrared radiation.

В Казахстане имеются огромные запасы поваренной соли. Переработка природных натрийсодержащих солей на пищевые и фосфатные соли значительно решает экономические и экологические проблемы региона. Для исследования кислотнo-термического разложения хлорида натрия фосфорной кислотой были использованы природные соли Индерского и Ащы-Кольского (Сузакский район ЮКО) месторождений состава, приведенного в таблице 1. Химический состав природных солей определяли по стандартным методикам в соответствии с ГОСТ 13685-84.

Таблица 1 – Химический состав образцов природного хлорида натрия

Месторождение	Na ⁺	Cl ⁻	CaO	MgO	SO ₃	CO ₂	R ₂ O ₃	Н.о.
Индер	36,00	55,50	1,33	0,26	0,89	0,64	-	5,10
Ащы-Коль	34,85	48,33	0,47	0,17	5,71	-	2,15	7,56

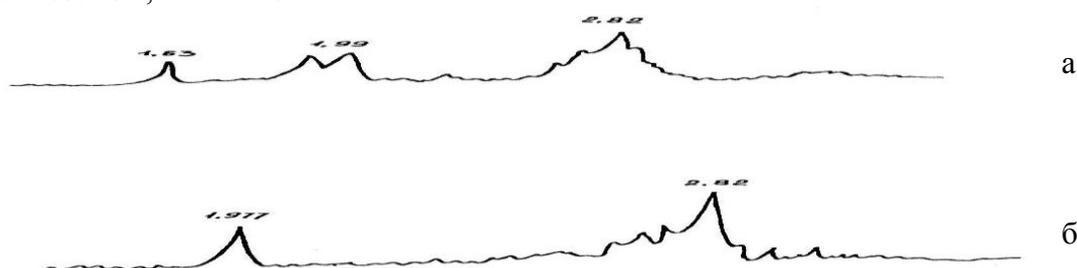
На основании химического состава хлорида натрия проведен пересчет на солевой состав, результаты которого представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Солевой состав исследуемых солей

Месторождение	Солевой состав, %						
	NaCl	Na ₂ SO ₄	CaSO ₄	MgSO ₄	CaCl ₂	MgCl ₂	н.о.
Индер	98,5	0,33	0,25	0,03	0,01	0,01	0,87
Ащы-Коль	96,5	1,48	0,08	0,01	0,01	0,01	1,91

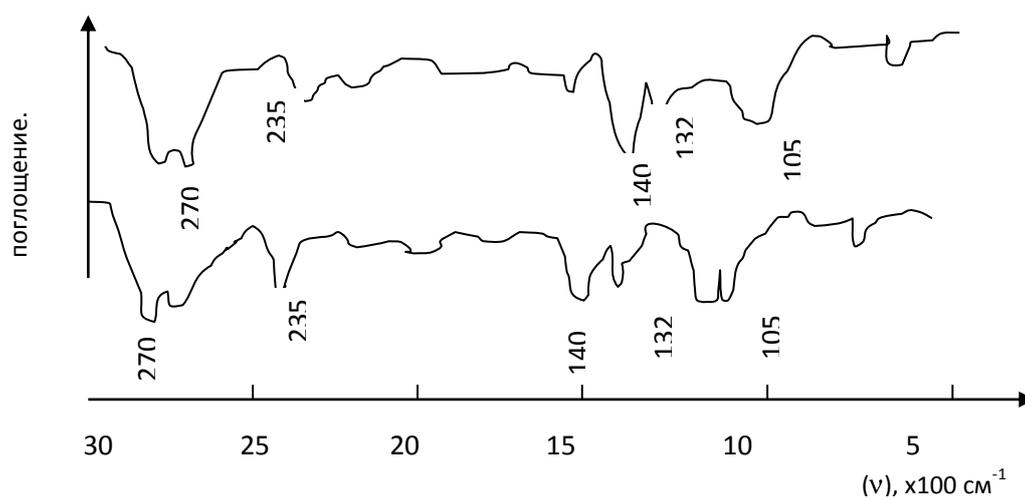
Из данных таблиц 2 видно, что содержание хлорида натрия данного месторождения составляет 96-98%, а кальций и магниесодержащие примеси в пределах 0,01-0,25%.

Рентгенофазовый анализ с использованием прибора ДРОН-3 (рисунок 1) показал, что основной минерал, входящий в состав природных солей – галит NaCl соответственно полосы поглощения 2,82, 1,99, 1,63 Å и в небольших количествах сульфата натрия, нерастворимые примеси, представленные сульфатом кальция, кремнеземом, силикатом магния.



а – природный хлорид натрия Индерского месторождения
б – природный хлорид натрия Ащы-Кольского месторождения

Рисунок 1 – Рентгенограммы природных солей Индерского и Ащы-Кольского месторождений



а – природный хлорид натрия Индерского месторождения
б – природный хлорид натрия Ащы-Кольского месторождения

Рисунок 2 – ИК-спектры поглощения природных солей Индерского и Ащы-Кольского месторождений

Следует отметить, что в хлориде натрия Ащы-Кольского месторождения содержится сульфата натрия до 1,4%. Сульфат ион можно отделит путем обработки

насыщенный раствор хлорида натрия с добавкой расчетное количество гидрооксида кальция.

Данные рентгенофазового анализа подтверждаются результатами ИК-спектроскопического исследования солей проведенного с помощью прибора AVATAR-360. Согласно спектрам поглощения инфракрасного излучения (рисунок 2), в состав солей входят галит – полосы 603 см^{-1} , 1045 см^{-1} , доломит – полосы – 1455 см^{-1} , $877\text{-}884\text{ см}^{-1}$, мервинит и форстерит – полосы – $460\text{-}466\text{ см}^{-1}$, глауконит – $3550\text{-}3600\text{ см}^{-1}$, кварц – полосы поглощения – $1085\text{-}1090\text{ см}^{-1}$.

Таким образом, исследование состава природных солей натрия методом РФА и ИК-спектроскопии, показали содержание основного вещества хлорида натрия и возможность переработки соли на целевые продукты.

Литература

1. Карякин Ю.В., Ангелов И.И. Чистые химические вещества- М.: Химия, 1974, 340 с.
2. Полок Л.С. Неравновесная химическая кинетика и ее применение М.Наука,1979, 248 с.
3. Экспериментальные методы химической кинетики Под.ред Н.М.Эмануэля и М.Г.Хузмина М. Изд. Московского университета, 1985, 384 с.
4. Кинетика реакции в жидкой фазе. Количественный учет влияния среды. М. Химия,1973,416 с.
5. Михеев В.И. Рентгенометрический определитель минералов. Госгеотехиздат. М. 1977, 356 с.
6. Бокий Т.Б., Порай М.А. Рентгеноструктурный анализ. Т.1 Изд. Московского университета 1977, 245 с.
7. Кольтгоф И.М., Сендел Е.Б. Количественный анализ.- М.: Госхимиздат, 1978, 467 с.

References

1. Karyakin Yu. V., Angelov I. I. Chistye himicheskie veshstva- M.: Himiya, 1974, 340 p.
2. Polok L. S. Neravnovesnaya himicheskaya kinetika I ee primenenie- M.: Nauka, 1979, 248 p.
3. Eksperimental'nye metody himicheskoi kinetiki Pod. red. N. M. Emanuelya i M. G. Huzmina- M.: Izd. Moskovskogo universiteta. 1985, 384 p.
4. Kinetika reakcii v zhidkoi faze. Kolichestvennyi uchet vliyaniya sredy. M. Himiya, 1973, 416 p.
5. Miheev V. I., Rentgenometricheskii opredelitel' mineralov. Gosgeotekhizdat. 1977, 356 p.
6. Bokii T. B., Porai M. A. Rentgenostrukturnyi analiz. T. 1 Izd. Moskovskogo universiteta 1977, 245 p.
7. Kol'tgof I. M., Sendel E. B. Kolichestvennyi analiz.- M.: Gosimizdat, 1978, 467 p.

**РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИИ БЕЗОПАСНОГО КИСЛОТНО-
ТЕРМИЧЕСКОГО МЕТОДА РАЗЛОЖЕНИЯ ХЛОРИДА НАТРИЯ
ФОСФОРНОЙ КИСЛОТОЙ**

**DEVELOPMENT OF ECOLOGICALLY SAFE ACID-THERMAL METHOD OF
DECOMPOSITION OF SODIUM CHLORIDE BY PHOSPHORIC ACID**

**Анарбаев Н.А., Тлеуова С.Т., Анарбаев Ж.А., Кабылбекова Б.Н.,
Абдибек А.С., Дауренбекова Г.Д.
Anarbayev N.A., Tleuova S.T., Anarbayev Zh.A., Kabylbekova B.N.,
Abdibek A.S., Daurenbekova G.D.**

Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
M.Auezov South Kazakhstan State Universitu, Shymkent, Kazakhstan
@e.mail: abib_28@mail.ru

Резюме

Проведены исследования на запасы природного натрийсодержащего минерала Сузакского месторождения (Ащы-Коль). Хлорсодержащие соли Сузакского месторождения имеют большие запасы и как известно образовался на месте высушенного соленых озер. Такие соли за счет ветра распространяется на поверхности почв региона, а также загрязняют атмосферу воздуха. Переработка природных солей на пищевые соли и на моющие средства - метафосфат натрия значительно решает проблемы охраны окружающей среды. Разработана и предложено кислотно-термические методы разложения хлорида натрия фосфорной кислотой. Кинетику кислотно-термического разложения природного хлорида натрия и влияние на показатели процесса температуры и времени, а также концентрация фосфорной кислоты изучали в лабораторной установке. Установлено, что с увеличением времени разложения до 60 минут коэффициент разложения возрастает, причем основная часть хлорида натрия разлагается в первые 5 минут.

Таким образом, полученные экспериментальные данные по кинетике кислотно-термического разложения хлорида натрия фосфорной кислотой позволяют определить оптимальные условия проведения данного процесса: время разложения – 30 минут, температура – 873К и результаты подтверждены данными растровый электронный микроскоп РЭМ JSM-6490 LV и ИК-Фурье спектрометр IRPrestige-21.

Abstract

Researches is conducted on reserves of natural sodium-containing mineral deposits of Suzak (Aschy Kol). Chlorinated Suzak salt deposits have large reserves and are known to be sites dried salt lakes. Such salts are distributed by wind on the surface of the soil in the region, as well as polluting the air. Processing of natural salts food salt and detergent - sodium metaphosphate significantly solves the problems of environmental protection. To develop and propose methods of thermal acid decomposition of sodium chloride phosphoric acid. The kinetics of thermal decomposition of the acid chloride solution and the natural effect on the process temperature and time as well as the concentration of phosphoric acid was studied in a laboratory setting. It is found that with increasing time of decomposition to 60 minutes expansion coefficient increases, and the bulk of the sodium chloride is decomposed in the first 5 minutes.

Thus, the experimental data on the kinetics of the acid-thermal decomposition of sodium chloride, phosphoric acid can determine the optimum conditions of this process: the disintegration time - 30 minutes, the temperature - 873 K and the results were confirmed by a scanning electron microscope SEM JSM-6490 LV and IR-Furie spectrometer IRPrestige-21.

Ключевые слова: хлорид натрия, фосфорная кислота, метафосфат натрия, растровый микроскоп, ИК-спектр.

Keywords: sodium chloride, phosphoric acid, sodium metaphosphate, scanning microscope, IR-spectr.

Хлорсодержащие соли Сузакского месторождения имеют большие запасы и как известно образовался на месте высушенного соленых озер. Такие соли за счет ветра распространяется на поверхности почв региона, а также загрязняют атмосферу воздуха. Переработка природных солей на пищевые соли и на моющие средства - метафосфат натрия значительно решает проблемы охраны окружающей среды.

В связи с этим нами предложено кислотнo-термические методы разложения хлорида натрия фосфорной кислотой. Кинетику кислотнo-термического разложения природного хлорида натрия и влияние на показатели процесса температуры изучали в лабораторных условиях по следующей методике: тигель с хорошо перемешанными расчетными количествами реагентов помещали в нагретую до необходимой температуры муфельную печь.

Время разложения хлорида натрия варьировали от 3 до 60 минут. По истечении определенного времени тигель вынимали из печи, охлаждали, взвешивали и анализировали на содержание остаточного хлора/ 1-3/.

О степени разложения хлорида натрия судили по остаточному содержанию хлора в конденсированной фазе и определяли по формуле

$$\alpha = \frac{m_{\text{ост}}}{m_{\text{исх}}} \cdot 100\%,$$

где – содержание хлора в исходном сырье;

а – остаточное содержание хлора в конденсированной фазе.

Аналитическое определение хлора выполняли аргентометрическим методом, концентрацию соляной кислоты – титрованием 1 н. раствором NaOH в присутствии метилового красного.

Поскольку основным составляющим природных солей является галит NaCl, исследование проводили с использованием хлорида натрия квалификации «ч» и реактивной фосфорной кислоты.

Концентрация реактивной фосфорной кислоты 36,2% P₂O₅ при стехиометрической норме ее расхода и температура (773-973К) выбраны на основании предварительных поисковых экспериментов.

Коэффициент разложения сырья вычислен по результатам 3-4 параллельных опытов при допуске расхождении между двумя параллельными анализами каждого из опытов, не превышающем 0,5%.

Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Установлено, что с увеличением времени разложения от 0 до 60 минут коэффициент разложения возрастает, причем основная часть хлорида натрия разлагается в первые 5 минут.

При дальнейшем увеличении времени происходит доразложение, и к 30 минутам достигается практически полное разложение хлорида натрия. Температура оказывает значительное влияние на степень разложения хлорида натрия. Повышение температуры от 773К до 873К вызывает увеличение коэффициента разложения на 14,54%. Дальнейшее повышение температуры до 973К не оказывает столь заметного влияния на коэффициент разложения хлорида натрия. Так, максимально достигаемая степень

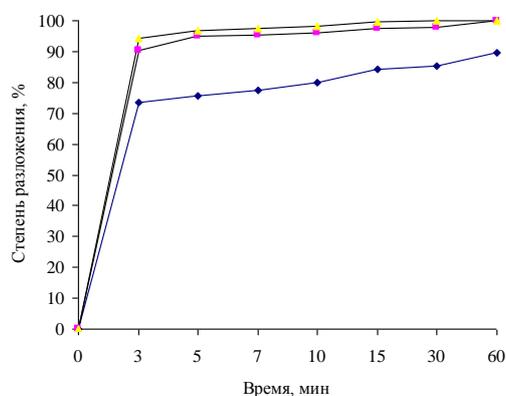
разложения при температуре 873К – 99,9%, а при 973К хлорид натрия разлагается полностью.

Таблица 1 – Кинетика кислотно-термического разложения хлорида натрия фосфорной кислотой

№	Температура, К	Время разложения, мин.	Масса конденсированной фазы, г	Содержание хлора, %	Коэффициент разложения	Скорость разложения, г NaCl/мин
1	500	3	7,5986	8,3962	0,7361	0,9778
2		5	7,5536	7,8563	0,7546	0,6014
3		7	7,5084	7,311	0,7727	0,44
4		10	7,4521	6,4975	0,7998	0,319
5		15	7,332	5,1407	0,8439	0,2242
6		30	7,3042	4,7862	0,854	0,1136
7		60	7,234	3,5453	0,8968	0,0594
8	600	3	7,0605	1,5974	0,9534	1,266
9		5	7,0476	1,4218	0,9586	0,764
10		7	7,0348	1,2409	0,964	0,5487
11		10	7,0155	1,0075	0,9708	0,387
12		15	6,9834	0,5318	0,9846	0,2616
13		30	6,9533	0,001	0,99	0,1323
14		60	6,9519	-	1,00	0,0664
15	700	3	7,0338	1,2407	0,9639	1,28
16		5	7,0212	1,0635	0,9691	0,772
17		7	7,0085	0,8863	0,9743	0,555
19		10	6,9895	0,5603	0,9838	0,392
20		15	6,9579	0,1773	0,9949	0,2643
21		30	6,9502	-	1,00	0,1328
22		60	6,9485	-	1,00	0,0664

Данный характер зависимостей $K_p = f(\tau)$ и $K_p = f(T)$ связан, очевидно, с тем, что с увеличением температуры возрастают интенсивность взаимодействия реагентов, полнота реагирования и, как следствие степень разложения/2-4/.

Влияние температуры и времени на степень разложения хлорида натрия приведены на рисунке 1.



Температура: 1 – 773К; 2 – 873К; 3 – 973К.

Рисунок 1 – Кинетика кислотно-термического разложения хлорида натрия фосфорной кислотой.

Наибольшая скорость кислотно-термического разложения хлорида натрия достигается в первые 3-5 минут независимо от температуры, причем разложение при 873 и 973К в указанном промежутке времени происходит с большей скоростью, чем при 773К. Заметное снижение скорости разложения хлорида натрия 5 минут процесса обусловлено уменьшением активности водородных ионов.

Полученный метафосфат натрия исследовали на приборе растровый электронный микроскоп РЭМ JSM-6490 LV (рис.2), что подтвердило полученного продукта метафосфата натрия из хлорида натрия /5-7/.

Элемент	Весовой %	Соед.%	Формула
C	10.23	37,51	CO ₂
O	43.28		
Na	19.87	26,78	Na ₂ O
P	26.46	60,48	P ₂ O ₅
Cl	0.04	0,04	Cl
K	0.06	0,07	K ₂ O

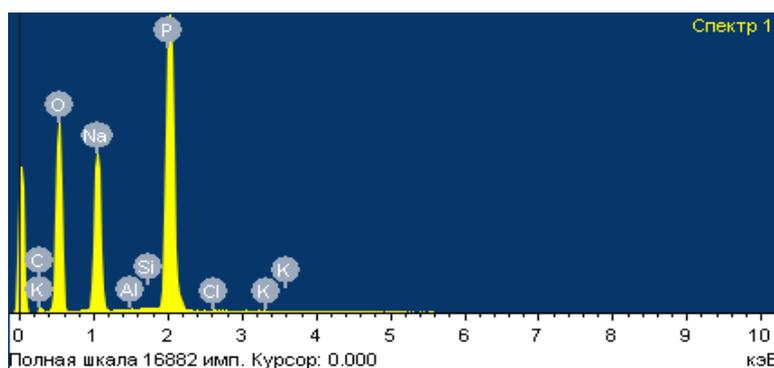


Рисунок 2- Состав полученного метафосфата натрия

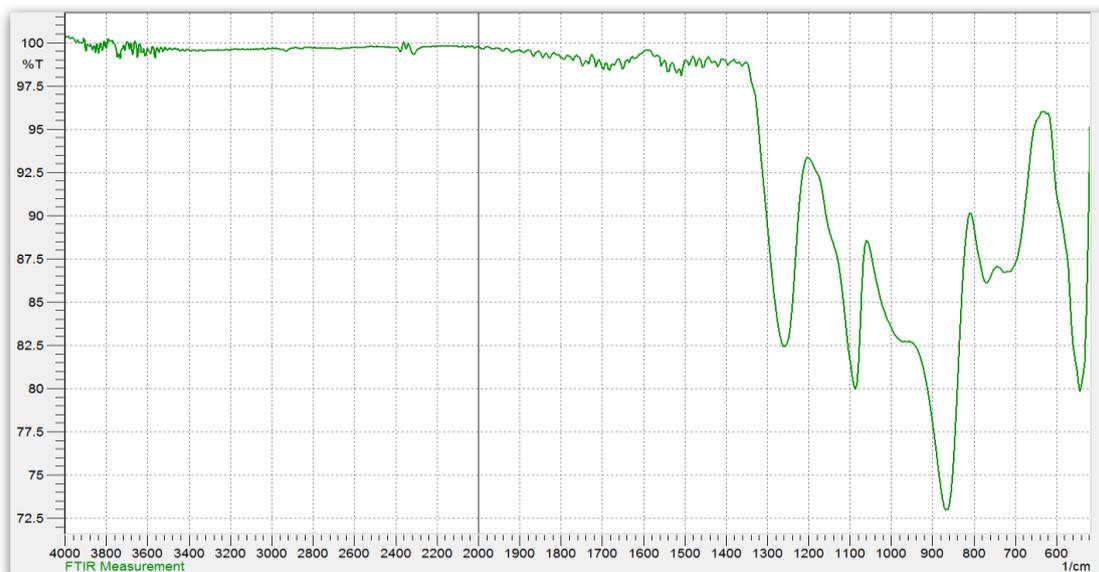


Рисунок 3- ИК спектр метофосфата натрия полученного при температуре 875К, времени 30 минут

Согласно спектрам поглощения инфракрасного излучения (рисунок 3) полученного на приборе ИК-Фурье спектрометр IRPrestige-21 показали, что в составе образца находятся фосфат ион (PO_3^-), и соответствует полосы поглощения - 520, 890, 1090, 1260 cm^{-1} , что подтверждает наличие метафосфата в продукте.

Таким образом, полученные экспериментальные данные по кинетике кислотно-термического разложения хлорида натрия фосфорной кислотой позволяют определить оптимальные условия проведения данного процесса: время разложения – 30 минут, температура – 873К.

Литература

1. Карякин Ю.В., Ангелов И.И. Чистые химические вещества- М.: Химия, 1974, 340 с.
2. Полок Л.С. Неравновесная химическая кинетика и ее применение М.Наука,1979, 248 с.
3. Экспериментальные методы химической кинетики Под.ред Н.М.Эмануэля и М.Г.Хузмина М. Изд. Московского университета, 1985, 384 с.
4. Кинетика реакции в жидкой фазе. Количественный учет влияния среды. М. Химия,1973,416 с.
5. Михеев В.И. Рентгенометрический определитель минералов. Госгеотехиздат. М. 1977, 356 с.
6. Бокий Т.Б., Порай М.А. Рентгеноструктурный анализ. Т.1 Изд. Московского университета 1977, 245 с.
7. Кольтоф И.М., Сендел Е.Б. Количественный анализ.- М.: Госхимиздат, 1978, 467 с.

References

1. Karyakin Yu.V., Angelov I.I. Chistye himicheskie veshstva- M.: Himiya, 1974, 340 p.
2. Polok L.S. Neravnovesnaya himicheskaya kinetika I ee primeneniye-M.: Nauka, 1979, 248 p.
3. Eksperimental'nye metody himicheskoi kinetiki Pod.red. N.M. Emanuelya i M.G. Huzmina-M.: Izd. Moskovskogo universiteta. 1985, 384 p.

4. Kinetika reakcii v zhidkoi faze. Kolichestvennyi uchet vliyaniya sredy. M. Himiya, 1973, 416 p.
5. Miheev V.I., Rentgenometricheskii opredelitel' mineralov. Gosgeotekhizdat. 1977, 356 p.
6. Bokii T.B., Porai M.A. Rentgenostrukturnyi analiz. T. 1 Izd. Moskovskogo universiteta 1977, 245 p.
7. Kol'tgof I.M., Sendel E.B. Kolichestvennyi analiz.-M.: Gosimizdat, 1978, 467 p.

УДК 661.2
UDK 661.2

ВОЗМОЖНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДА НЕФТЕДОБЫЧИ И НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ– СЕРЫ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕЗИН

RECYCLING OF WASTE OIL PRODUCTION AND REFINING – SULFUR BY THE USE IN THE PRODUCTION OF TECHNICAL RUBBERS

Жарылкасын П.М., Багова З.И., Туребекова Г.З., Наукенова А.С.
Jarylkasyn P.M., Bagova Z.I., Turebekova G.Z., Naukenova A.S.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, г.
Шымкент, Казахстан
M.AuezovSouthKazakhstanStateUniversity, Shymkent, Kazakhstan
e-mail: g.ture@mail.ru

Резюме

В работе приведены результаты исследований по возможности использования отхода нефтепереработки - серы для вулканизирующей системы при производстве технических резин. В резиновые смеси сера, полученная из отходов нефтепереработки вводилась для частичной или полной замены обычной серы. В эксперименте использовались протекторные и бреккерные резиновые смеси. Смеси готовились в две стадии. Серу, полученную при нефтепереработке вводили на лабораторных вальцах. Технология смешения, переработка резиновых смесей и вулканизация практически не отличается от стандартного режима, указанного в технологическом регламенте. Вулканизацию образцов проводили при температуре 155⁰С в течение 15 минут. Применение тенгизкой серы приводит к повышению прочностных свойств бреккерных и протекторных резин за счет повышения количества межмолекулярных связей в эластмерной матрице, так как вся используемая в рецептуре сера вступает в реакцию.

Abstract

The paper presents the results of research on possibilities of using waste oil refining - sulfur cure system for the production of technical rubbers. In the rubber mixture sulfur derived from the oil refining waste oil was injected for partial or total replacement of ordinary sulfur. In the experiment, a belt and tread rubber compound. The mixture was prepared in two stages. Sulphur, obtained in the refining entered on laboratory rollers. Technology of mixing, processing of rubber mixtures and vulcanization is virtually indistinguishable from the standard mode as specified in technical specifications. The vulcanization of the samples was carried out at a temperature C for 15 minutes. Use cengizkoy sulfur leads to the increase of the strength properties of the belt and the tread rubber due to the increasing number of

intermolecular bonds in lasternas the matrix, so the spacecraft all used in the compounding of sulfur reacts.

Ключевые слова: Сера, вулканизирующая система, резиновая смесь, технические резины, отходы нефтедобычи, вулканизаты.

Keywords: A sulfur curing system, rubber compound, technical rubber, waste oil production of the vulcanizates.

1. Введение.

Тенгизское месторождение было открыто в 1979 году и является одним из самых глубоких и крупнейших нефтяных месторождений в мире. Разработкой месторождения занимается СП «Тенгизшевройл», сформированное в апреле 1993 года на основе соглашения между Республикой Казахстан и корпорацией «Шеврон» [1,2].

В нефтеносном Северо-Каспийском регионе Казахстан совместно с зарубежными компаниями реализует целый ряд перспективных и масштабных проектов. Сырая нефть Тенгизкого и других месторождений данного региона является высокосернистой т.е. важной особенностью здешней нефти является высокое содержание сероводорода в попутном газе. Чтобы довести сырую нефть до товарного состояния, ее очищают и в результате получают элементарную серу. С увеличением же добычи нефти растут и серные накопления. Выделяемая из казахстанской нефти элементарная сера – ценнейшее сырье для промышленных предприятий химической промышленности. Однако в реальной действительности основная масса этого химического вещества пока еще складирована вблизи объектов нефтедобычи. На Тенгизе сера хранится на специально оборудованных площадках в виде твердых блоков больших размеров, так называемых «серных картах». Хранение серы в блоках – единственный метод, используемый, к примеру, в таких странах, как Канада, Мексика, Нидерланды, Польша и США [3,4].

Гигантские объемы отходов нефтедобычи - серы (сегодня в «серных картах» хранится более 8 млн. тонн продукта) вызывает серьезную озабоченность экологов и местного населения. Правительство Казахстана поставило перед ТШО задачу ликвидировать накопившиеся запасы [5,6].

Сера является основным агентом вулканизации для большинства резиновых изделий, в том числе шин. К ее качеству и химическому составу предъявляются особые требования, к которым в первую очередь относятся высокая степень чистоты продукта (минимальное содержание вредных примесей – металлов переменной валентности) и высокая степень дисперсности. Эти характеристики определяют вулканизационную активность серы, ее диспергируемость в каучуке, технологические и технические свойства резиновых смесей и резин [7].

Постоянно возрастающие требования к качеству шин обуславливают необходимость создания эффективных компонентов резиновых смесей. Особенно большое внимание уделяется разработке вулканизирующих агентов. Еще в начале 80-х годов прошлого столетия появилась полимерная сера, которая быстро стала применяться на предприятиях, выпускающих шины и резино-технические изделия.

2. Экспериментальная часть

2.1 Подготовка резиновой смеси

В резиновые смеси сера, подученная из отходов нефтепереработки вводилась для частичной или полной замены обычной серы. В эксперименте использовались протекторные и бреккерные резиновые смеси. Смеси готовились в две стадии, серу, полученную при нефтепереработке вводили на лабораторных вальцах.

2.2 Методы

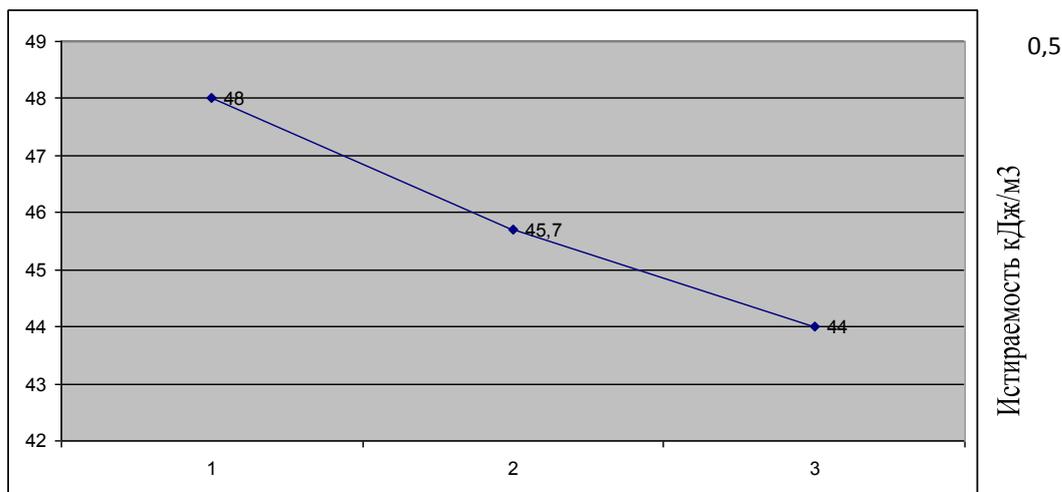
Технология смешения, переработка резиновых смесей и вулканизация практически не отличается от стандартного режима, указанного в технологическом регламенте. Вулканизацию образцов проводили при температуре 155⁰С в течение 15 минут. Испытание образцов на старение проводили в автоклаве при температуре 393⁰К в среде насыщенного водяного пара при давлении 0,2 МПа в течение 40 часов, а также в аналогичных условиях при постоянном орошении 5%-ным водным раствором NaCl в течение 8 часов.

3. Результаты и их обсуждение

Рецепты протекторных и бреккерных резиновых смесей приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Рецепты резиновых смесей

Условная прочность при растяжении, МПа	Наименование	Масс. ч. на 100 масс. ч. каучука	
		Протекторная смесь	Бреккерная смесь
	СКИ-3	50	100
	СКД	50	-
	Сера	1,8-0	1,6-0
	Сера полимерная	0-1,5	0-1,3
	Сульфенамид М	1,5	1,4
	Фталевый ангидрид	0,3	0,3
	Белила цинковые	3,0	2,5
	Стеариновая кислота	2,0	2,0
	АцетонанилР	1,0	1,2
	ОктофорNN	2,0	2,0
	Смолы углеводородные	4,0	4,0
	Воск ЗВИ	1,0	-
	Масло ПН-6Ш	4,0	4,0
	Диафен ФП	1,5	1,5
	Технический углерод П 245	55,0	50,0



Содержание полимерной серы масс.ч. на 100 масс.ч. каучука

Рисунок 1 Влияние содержания серы на физико-химические свойства протекторных резин

Как видно на рисунке 1 при использовании тенгизкой очищенной серы наблюдается повышение условной прочности при растяжении и снижение истираемости протекторных резин, что доказывает улучшение прочностных свойств

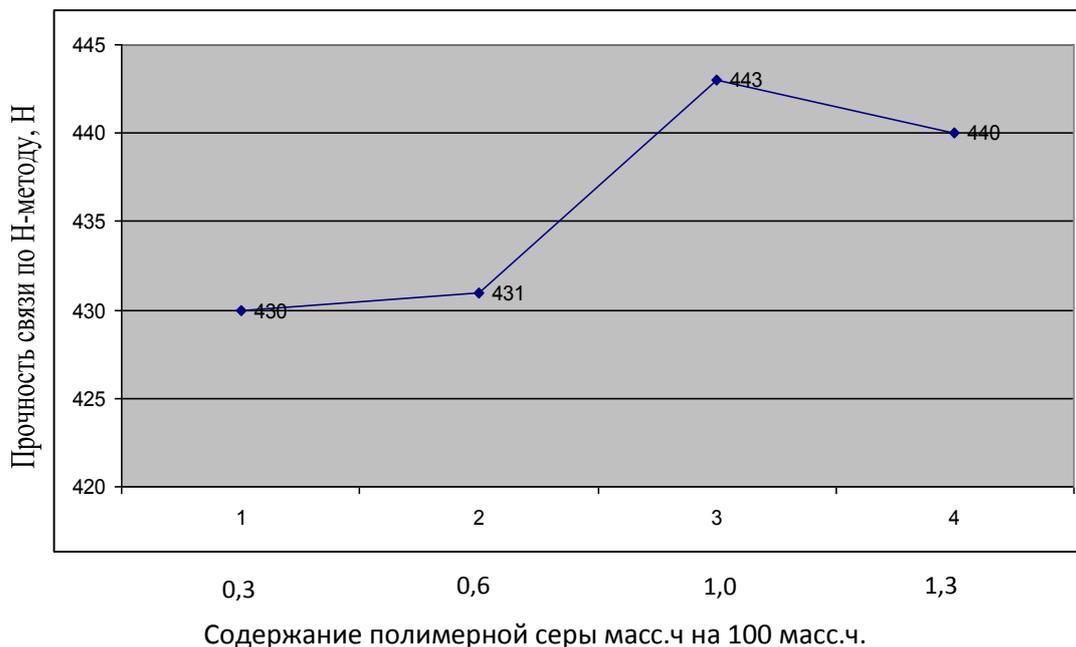


Рисунок 2 Влияние содержания серы на физико-химические свойства брекерных резин.

На рисунке 2 наблюдается значительное повышение прочных свойств, характеризующихся условной прочностью при растяжении и прочностью связи между резиной и текстильным кордом брекерной резины.

Выводы

Применение тенгизкой серы приводит к повышению прочностных свойств брекерных и протекторных резин за счет повышения количества межмолекулярных связей в эластмерной матрице, так как вся используемая в рецептуре сера вступает в реакцию. Таким образом использование тенгизкой серы позволит снизить экологическую нагрузку на окружающую среду и улучшить качество шинных резин

Литература

1. Надиров Н.К. Тенгиз – море нефти – море проблем Алматы: Гылым, 2003
2. Надиров Н.К. Нефть и газ Казахстана. В 2-х т. Алматы: Гылым, 1996
3. Ормистон Р.М., КерберДж.Л., Мазгаров А.М. Демеркаптанализация сырой нефти Тенгизского месторождения// Нефть и газ Казахстана.1997,№ 2 С.71-83
4. Надиров Н.К., Зайкина Р.Ф., ЗайкинЮ.А. и др.Современные методы сероочистки казахстанских нефтей// Проблемы нефтегазового комплекса: Материалы международной научно-технической конференции. Атырау, 5-6 декабря 2001г.Т.2, 456с.
5. Драйден Р.Л. Хранение комовой серы и охрана окружающей среды// Нефть и газ Казахстана. 1997, № 2. С.126-133
6. Кенжегалиев А. Экологическое состояние Тенгизскогоместорожденияи пути его оздоровления// Нефть и газ Казахстана. 1997, № 2. С.119-122
7. Сера – отходы производства или ценное ископаемое?//Cashian.202.С. 80-82

References

1. Nadirov N.K. Tengiz – more nefiti – more problem Almaty: Gylym, 2003
2. Nadirov N.K. Neft' i gaz Kazakhstana. V 2-kht. Almaty: Gylym, 1996
3. Ormiston R.M., KerberDzh.L., Mazgarov A.M. Demerkaptanizatsiya syroy nefiti Tengizskogo mestorozhdeniya// Neft' i gaz Kazakhstana.1997,№ 2 S.71-83
4. Nadirov N.K., Zaykina R.F., ZaykinYu.A. idr.Sovremennye metody seroochistki kazakhstanskikh neftey// Problemy neftegazovogo kompleksa: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Atyrau, 5-6 dekabrya 2001g.T.2, 456s.
5. Drayden R.L. Khranenie komovoy sery i okhrana okruzhayushchey sredy// Neft' i gaz Kazakhstana. 1997, № 2. S.126-133
6. Kenzhegaliev A. Ekologicheskoe sostoyanie Tengizskogomestorozhdeniyai puti ego ozdorovleniya// Neft' i gaz Kazakhstana. 1997, № 2. S.119-122
7. Sera – otkhody proizvodstva ili tsennoe iskopaemoe?//Cashian.202.S. 80-82

UDK 666.973.2.00.2.

THE ENVIRONMENT IMPROVEMENT USING OF PHOSPHORIC SLAG AND COMPLEX ADDITIVES IN THE NON-CALCINING CONCRETES

Naukenova A.S., Aubakirova T.S., Mizamov N.R., Oralbekova L.M., Syrmanova Z.K.

M. AuezovSouthKazakhstanStateUniversity, Shymkent, Kazakhstan
Taslina.aubakirova@mail.ru

Abstract

The article considers information about the influence of the method of entering of supplements and additives dehydrated clay on the properties of slag stone binders and concretes.

The article is aimed to development of technological basis of production unburned alkaline binders and concretes on their base of electro-thermal phosphoric slag with additions of dehydrated clays with high operational properties.

There have been investigated in connection with this the increased physical-mechanical properties of slag binders and concretes on their base with the addition of 25% dehydrated clay with unlocked solutions ofalkalis.

The influence of the fineness of grind, type of slag and alkaline component, conditions of hardening on the properties of slag binders and concretes on their base, namely the change of average density, water absorption and strength characteristics were investigated.

There were obtained alkali-activated binders and concretes on their base depending on the form of slag, alkaline component, curing and fineness of grind with addition of ground dehydrated clay grades from M300 to M1200 in the result of carried out researches.

Keywords:Electric-thermo-phosphoric slag,slag-alkaline binding and concretes, component, phase, activizators, clinker-formation, system

Nowadays it is expandedthe area ofslag-alkalinebinders andconcretes application on the base of electro-thermo-phosphoricslagand complexmodifiersof natural hardening.

There are developed the compositions ofslag-alkalinebinders andconcretes on the base ofelectro-thermo-phosphoricslagand complexmodifiersof natural hardeningfor road construction.

When studying powdery mineral binder is important to consider the dependence of the speed of hydration and chemical activity of the substances of particle size distribution. Thus, samples of the cement particles of 0-5 mm after 24 h the strength is 75-80% of maximum. However, the absolute strength of the cement paste prepared from a fine fraction is the highest. Cement paste obtained from fractions 5-10, respectively, 10-20, 20-60 microns hardens more slowly than the fraction of 0-5 microns, but it reaches a later time great strength. In this case, the coarser fraction, the slower the hardening cement paste and the later reaches high strength. [1,2]. Approximate the role of individual fractions of cement on the strength of cement paste is as follows: 0-5 micron fraction contributes to the strength in the first 0-24 hours of hardening; fraction 7-30 microns - the main fraction, which determines the quality of cement in general; fraction - 30-60 microns helps increased strength after 28 days of hardening; fraction 60-200 microns, and more hydrated slowly in a long time, compacting cement stone [3].

In order to consider optimal concentration of main components we used up-to-date methods, which help to determine necessary area of dosing.

Combined effect of dehydrated clay, surface area and density of the binder solution on the strength of slag-alkaline concrete were determined by the methods of mathematical planning of the experiment three-factor Box-type plan Benkin and regression equations third order[4,5].

Varied the following factors:

- The specific surface binding sm^2/g - x_1 ;
- Dehydrated clay,% - x_2 ;
- Density of the solution (liquid glass), g / cm^2 - x_3 .

The yield is determined according to medium strength of samples on compressing at the natural hardening.

The samples $10 \times 10 \times 10$ cm are made on the laboratory equipment.

The matrix of planning, as well the results of testing are brought in the table 2.

The levels of regression have the following type:

$$Y_{\text{Rcompression}} = 81,04 - 4,85X_1 + 4,92X_4 + 2,96X_3 - 6,65X_1^2 - 6,7X_1X_4 + 0,52X_1X_3 - 6,2X_4^2 + 0,07X_4X_3 - 1,9X_3^2 \quad (1)$$

The levels of factors varying are brought in the table 1.

Table1– The levels of factors varying

Factors	The levels of varying			Interval
	+ 1	0	-1	
x_1	4000	6000	8000	2000
x_4	10	20	30	10
x_3	1100	1200	1300	100

The analysis is carried out relatively for all factors: additives of dehydrated clay, thinness on grinding of binder and solution density. For this we consider the X_1 , X_4 , X_3 cases equal to (1;0;-1) and obtain two-factorial equations of regression:

$$1. X_1 = -1 \quad Y_{\text{Rcompression}} = 79,24 + 11,62X_4 + 2,44X_3 - 6,2X_4^2 + 0,07X_4X_3 - 1,9X_3^2 \quad (2)$$

$$X_1 = 0 \quad Y_{\text{Rcompression}} = 81,04 + 4,92X_4 + 2,96X_3 - 6,2X_4^2 + 0,07X_4X_3 - 1,9X_3^2$$

$$X_1 = 1 \quad Y_{\text{Rcompression}} = 69,54 + 4,92X_4 + 2,96X_3 - 6,7X_4 + 0,52X_3 - 6,2X_4^2 + 0,07X_4X_3 - 1,9X_3^2$$

$$2. X_4 = -1 \quad Y_{\text{Rcompression}} = 69,92 + 1,85X_1 + 2,89X_3 - 6,65X_1^2 + 0,52X_1X_3 - 1,9X_3^2 \quad (3)$$

$$X_4 = 0 \quad Y_{\text{Rcompression}} = 81,04 - 4,85X_1 + 2,96X_3 - 6,65X_1^2 + 0,52X_1X_3 - 1,9X_3^2$$

$$X_4=1 \quad Y_{R\text{compression}}=79,76-11,55X_1+3,03X_3-6,65X_1^2+0,52X_1X_3-1,9X_3^2$$

$$3. \quad X_3=-1 \quad Y_{R\text{compression}}=76,18-5,37X_1+4,85X_4-6,65X_1^2-6,7X_1X_4-6,2X_4^2 \quad (4)$$

$$X_3=0 \quad Y_{R\text{compression}}=81,04-4,85X_1+4,92X_4-6,65X_1^2-6,7X_1X_4-6,2X_4^2$$

$$X_3=1 \quad Y_{R\text{compression}}=82,1-4,33X_1+4,99X_4-6,65X_1^2-6,7X_1X_4-6,2X_4^2$$

Table 2- Matrix of planning and testing results

Plan of experiment X_i			Y_u
X_1	X_2	X_3	R compression, MPa
1	2	3	4
1	1	1	65,3
-1	1	1	56,6
1	-1	1	69,2
-1	-1	1	52,3
1	1	-1	57,4
-1	1	-1	66,3
1	-1	-1	69,8
-1	-1	-1	54,5
1	0	0	46,7
-1	0	0	40,2
0	1	0	54,4
1	2	3	4
0	-1	0	60,4
0	0	1	65,2
0	0	-1	60,2
0	0	0	50,1
0	0	0	50,2
0	0	0	48,6
0	0	0	967,4

As we saw from equations the required significance of strength may be reached with the different equations of the obtained factors.

The analysis and decision of equations of regression are determined a lot of compounds of concretes thanks to entering into dehydrated clay, binder and solution, which providing changing of properties material in the broad limits [6].

There are brought iso-surface of two-factorial regression equations of the strength on concrete compression on the base of slag-alkaline binder in the case $X_1 = [-1; 0; 1]$; $X_3 = [-1; 0; 1]$; $X_4 = [-1; 0; 1]$ on the figure 1.

As we observe from graphic the strength of concrete with increase of the dehydrated clay additives and thinness of grinding is expanded, as well lowering of these factors is diminished in the direction from the center of experiment.

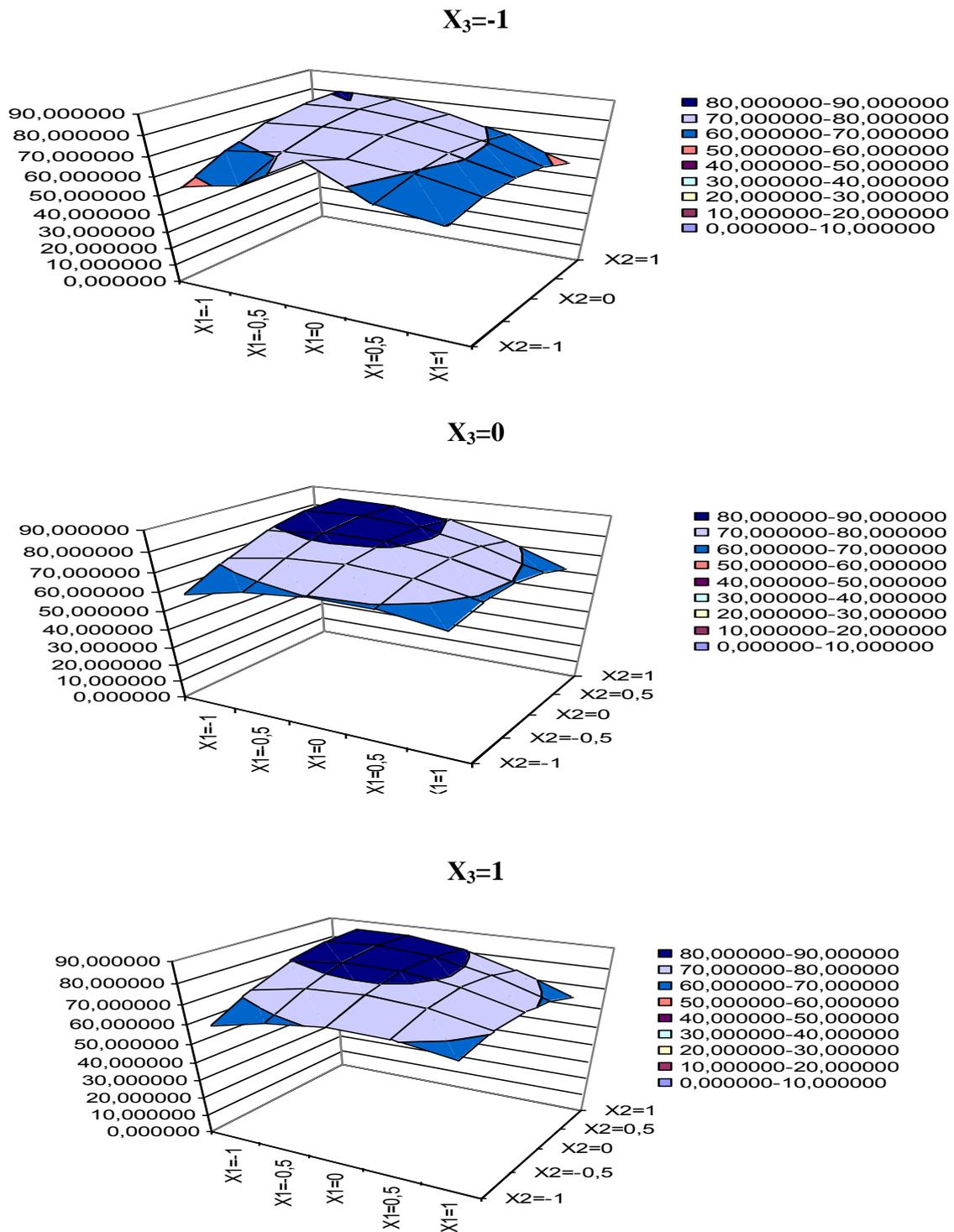


Fig. – 1. Iso-surface of two-factorial regression equations of the strength on concrete compression on the base of slag-alkaline binder in the case $X_3 = [-1; 0; 1]$

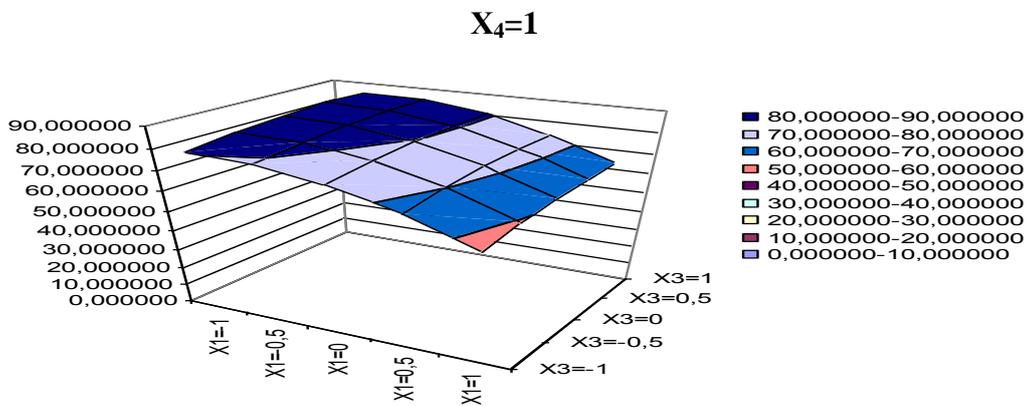
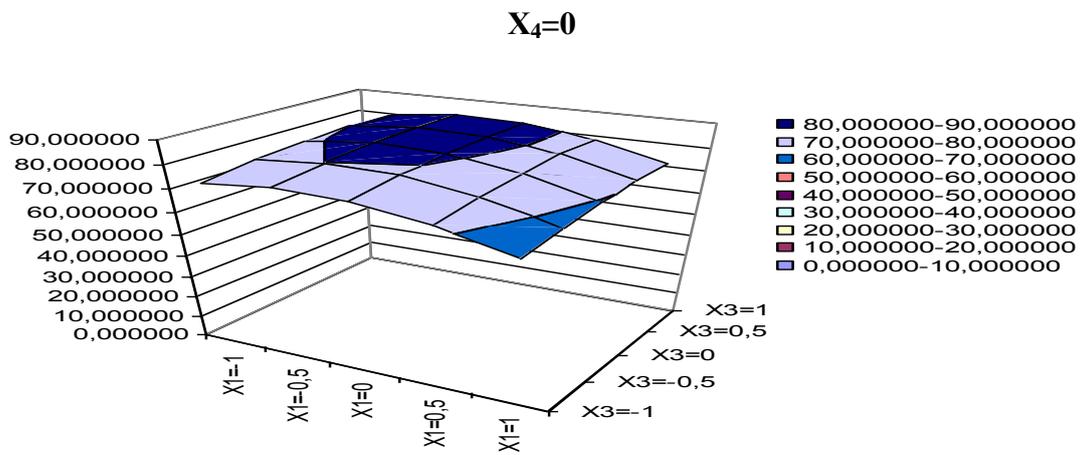
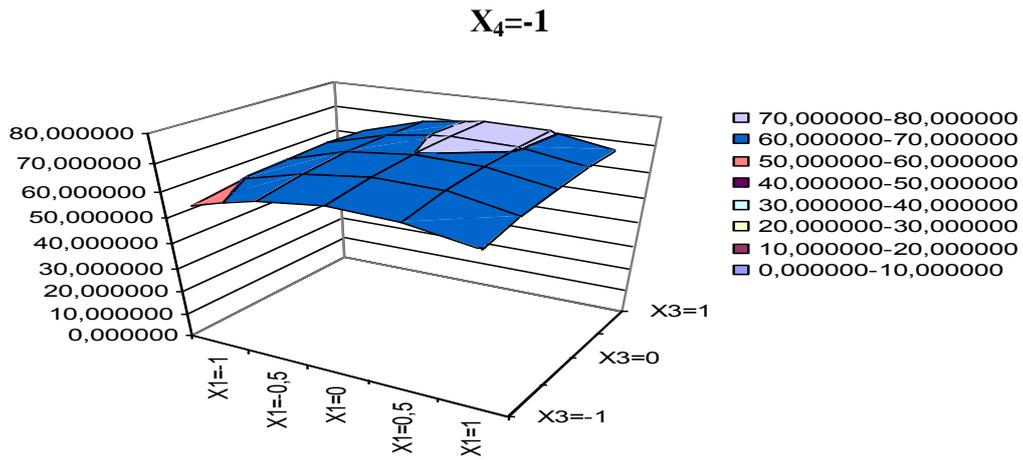


Fig. – 2. Iso-surface of two-factorial regression equations of the strength on concrete compression on the base of slag-alkaline binder in the case $X_2 = [-1; 0; 1]$

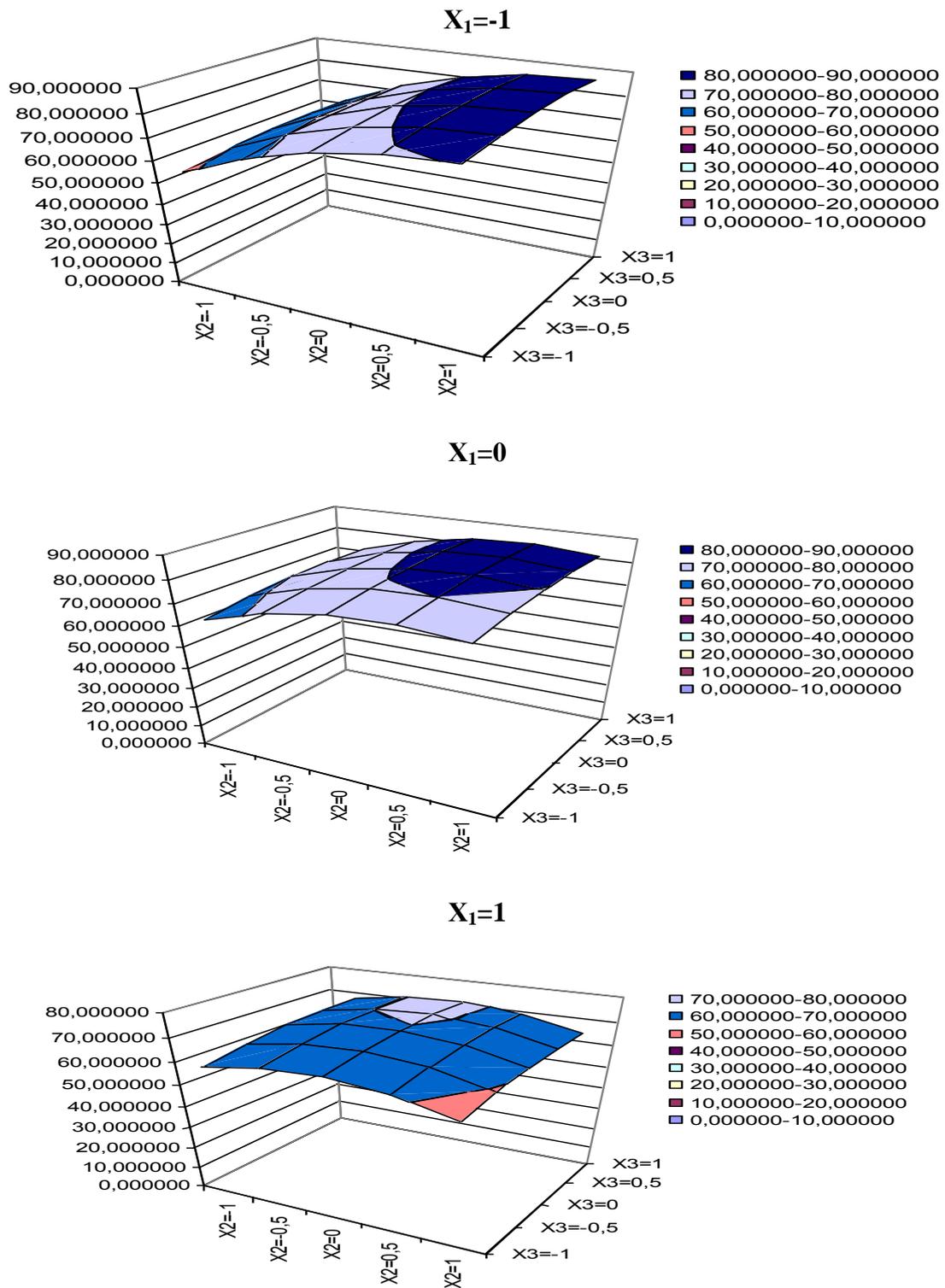


Fig. – 3. Iso-surface of two-factorial regression equations of the strength on concrete compression on the base of slag-alkaline binder in the case $X_1 = [-1; 0; 1]$

Conclusion

It is established that optimal quantity of aluminum-silicate additive of dehydrated clay are in the limits of 15-35%, chemical additive – Relamix in 2,5-3,5 % and thinness of grinding – 500-600 m/kg, as well solution density 1115-1125 g/ m .

The formation of hydrated cementing phases through solution occurs in the result of amorphites and crystallites dissolution. And hydrated phases is realized by means of alkaline components entering into structure of intermediate substances according to topochemical mechanism.

References

1. Benes, L. Geopolymer as a bonding agent in baking segment composites / L. Benes, L. Minar // Proceed. 3rd International Symposium “Non-traditional cement&concrete” (Brno). - 2008. – P.86-89.
2. Dovidivits, J. Geopolymer / J. Dovidivits. – Irish tut Geopolymere, Saint Quentin, 2008.-595p.
3. Rahimova, N.P. Composition and structure of stone of the compositional alkali-activated cement with additives of proven moulding mixture / N.P.Rahimova // Information of Universities. Construction. – 2008. # I. – C. 45-49.
4. Shi, C. Alkali-activated Cements and Concretes/ C Shi, P.V. Krivenko, D.Roy.- London, NY: Taylor and Francis group, 2006.-376 p.
5. Krivenko, P. Performance of alkali-activated cements - perspective ways or carbon dioxide emissionsreduction / P.Krivenko, E.Kavalerova // Proceed. 3rd International Symposium “Non-traditional cement&concrete” (Brno). - 2008. P.389-398.
6. Influence of alkali activation on the structure formation and properties of blastfurnace cement/ P. Krivenko, O.Petropavlovskii, A Mokhort, V.Puchkar // Proceed. 3rd International Symposium “Non-traditional cement&concrete” (Brno). - 2008. - P. 400-409.

**ЖАҢАРТЫЛҒАН ЭНЕРГЕТИКА, РЕСУРС ЖӘНЕ ЭНЕРГИЯ ҮНЕМДЕУШІ
ТЕХНОЛОГИЯЛАР**

**ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА, РЕСУРСО И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ
ТЕХНОЛОГИИ**

RENEWABLE ENERGY, RESOURCE- AND ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES

УДК 662.765:66.046.44

UDC 662.765:66.046.44

**ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ТВЕРДОГО БЕЗДЫМНОГО
ТОПЛИВА**

STATEMENT OF A PROBLEM OF RECEIVING SOLID SMOKELESS FUEL

**Б.Н.Корганбаев, Н.А.Ержанов, Н.Хусанов
B.N.Korganbayev, N.A.Yerzhanov, N.Khusanov**

Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауэзова, г. Шымкент,
Республика Казахстан.

South Kazakhstan State University of M. Auezov, Shymkent, Republic of Kazakhstan.

ernur-75@mail.ru

Резюме

В статье рассматривается использование угольной мелочи, являющихся отходами угольных месторождений, в качестве получения бездымного топлива. На протяжении последних лет экологическая чистота и качество добываемых углей изменялись в нежелательном направлении: увеличивались зольность, влажность и содержание серы, уменьшалась теплота сгорания и снижалась крупность кусков. Качественный состав добываемого твердого топлива ухудшался вследствие смещения добычи топлива в сторону низкометаморфизованных углей, в связи с этим наблюдается дефицит в квалифицированном топливе для слоевых топочных устройств, конструктивно рассчитанных на сжигание кускового топлива. Содержащиеся в угле сернистые соединения наносят большой вред энергетическому оборудованию и загрязняют окружающую среду. Присутствие серы в энергетическом угольном топливе вызывает коррозию оборудования и преждевременный износ отдельных узлов и деталей, (срок службы оборудования сокращается в 3-5 раз), увеличивает стоимость выработки электроэнергии на 15 - 25%. Поступающие в атмосферу большие количества соединений серы определяют ряд отрицательных последствий загрязнения атмосферы - изменение климата, нарушение круговорота веществ в биосфере, деградацию флоры и фауны. Рассматриваются вопросы установления закономерностей влияния состава органико-минерального связующего на процесс окомкования и их использовании для повышения качества бытового окускованного топлива. Решение задач удовлетворения спроса на бездымное окускованное топливо может быть достигнуто направленным изменением структуры органической массы углей, которое позволит изменить

поведение угля в термических процессах, уменьшить выход летучих, в том числе и серосодержащих веществ, получить коммунально-бытовое топливо и удовлетворить запросы большого числа потребителей.

Abstract

In article use of a coal trifle, the coal fields which are waste, as receiving smokeless fuel is considered. For the last years the ecological purity and quality of the extracted coals changed in an undesirable direction: the ash-content, humidity and the content of sulfur increased, warmth of combustion decreased and fineness of pieces decreased. The qualitative composition of the extracted solid fuel worsened owing to fuel production shift the low metamorfizm of coals aside, in this regard deficiency in the qualified fuel for the layered furnace devices which are structurally calculated on burning lumpy fuel is observed. The sulphurous connections containing in coal work great mischief to the power equipment and pollute environment. Presence of sulfur at power coal fuel causes a corrosion of the equipment and premature wear of separate knots and detail, (service life of the equipment is reduced by 3-5 times), increase uvelichikvat power generation cost for 15-25%. The large numbers of compounds of sulfur coming to the atmosphere define a number of negative consequences of pollution of the atmosphere - change of a klimakt, violation of circulation of substances in the biosphere, degradation of flora and fauna. Questions of establishment of regularities of influence of structure organo-mineral binding on process of an okomkovaniye and their use for improvement of quality of household inslices fuel are considered. The solution of problems of satisfaction of demand for smokeless in slices fuel can be reached by the directed change of structure of organic mass of coals which will allow to change behavior of coal in thermal processes, to reduce an exit flying including sulfur-containing substances, to receive household fuel and to satisfy inquiries of a large number of consumers.

Ключевые слова: уголь, бездымный, топливо, отход, месторождение, сера, атмосфера, связующее.

Key words: coal, smokeless, fuel, withdrawal, field, sulfur, atmosphere, binding.

Твердые горючие ископаемые широко используются в качестве энергетического топлива и успешно конкурируют с нефтью и газом в силу их значительных запасов в земной коре. Особенно большая роль в этом отношении отводится каменным и бурым углям. Основными энергетическими потребителями углей являются электростанции, промышленные котельные, коммунально-бытовое хозяйство и население. Причем, на долю последних приходится более 20% добываемого угля. На рисунке 1 представлена типовая схема производства топлива для производственных и коммунальных нужд.

Одной из главных задач угольной промышленности является обеспечение потребности страны топливом в полном объеме и требуемого качества. Но на протяжении последних лет экологическая чистота и качество добываемых углей изменялись в нежелательном направлении: увеличивались зольность, влажность и содержание серы, уменьшалась теплота сгорания и снижалась крупность кусков. Качественный состав добываемого твердого топлива ухудшался вследствие смещения добычи топлива в сторону низкометаморфизованных углей. Поэтому наблюдается дефицит в квалифицированном топливе для слоевых топочных устройств, конструктивно рассчитанных на сжигание кускового топлива.

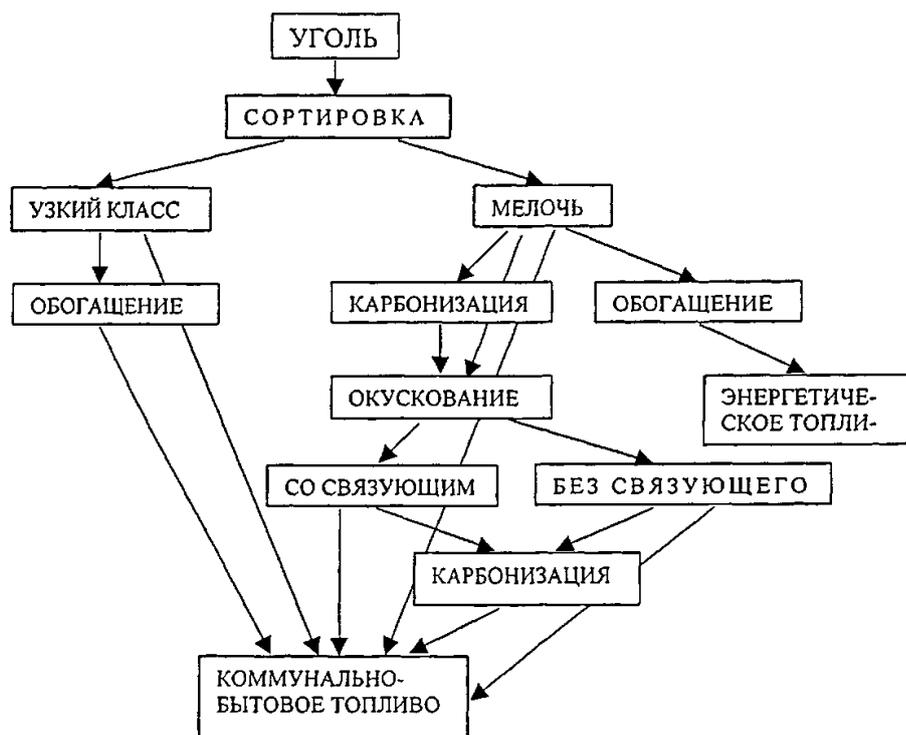


Рисунок1 - Схема производства топлива

Общие запасы угля в Казахстане достигают 162 млрд тонн. Насчитывается 10 бассейнов каменного и бурого угля, разведано более 300 месторождений. В республике ежегодно добывается 100 млн. тонн угля. Большинство месторождений каменного угля находится в Карагандинской, Павлодарской и Костанайской областях. Это основная угольная база Казахстана. Кроме того, значительная часть угля находится в виде отвалов на местах месторождений как настоящих, так и бывших. В частности, сюда относятся угольные отвалы Ленгерского угольного месторождения, расположенного в 20 км в восточном направлении от г. Шымкент, в предгорье Алатау. Качественные характеристики угля Ленгерского месторождения практически не уступают Экибастузскому и Карагандинскому, а по зольности почти в 3,5 раза меньше (для сравнения заметим, что зольность составит 11,6% против 37,4% и 27,5% Экибастузскому и Карагандинскому, соответственно). То, что содержание влаги в нем в 3,5 раза выше, по сравнению с Карагандинским и Экибастузским, не является недостатком, т.к. появляется возможность использования его без предварительного увлажнения. В настоящее время в г.Ленгере насчитываются свыше 2 млн. тонн отходов угольного месторождения. Состав отходов добычи угля по закрытому способу содержит 49% угля, а остальная часть различные смеси, основными из которых являются минералы глины. Определен химический состав и качественная характеристика отходов угледобычи, которые приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Химический состав отходов угледобычи

Единица измерения	Si O ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ca O	C	H ₂	Влага
%	30-33	6-7	3-4	3-4	40-45	1-3	10-12

Таблица 2 - Качественная характеристика товарной продукции по угольным предприятиям Республики Казахстан.

Наименование бассейна	Марка	Группа	Класс, мм	Среднее содержание влаги, %	Средняя зольность, %	Среднее содержание серы, %	Выход летучих веществ	Теплота сгорания, ккал/кг
Ленгерский	Б	БЗ	13	22,7	11,6	1,2	42	7200
Экибастузский	СС	-	0-300	6,2	37,4	0,9	31,0	7750
Карагандинский	К	-	0-13	6,7	27,5	0,8	25,0	8300

Ухудшение качества углей приводит к дополнительным затратам и большим потерям в сфере их использования. Наличие золы в топливе снижает к.п.д. топливных агрегатов и вызывает преждевременный износ узлов оборудования. Зола в угле является балластом при железнодорожных перевозках.

Большое влияние на теплотехнические показатели потребителей угольного топлива оказывает гранулометрический состав, постоянно изменяющийся в сторону увеличения удельного веса мелочи (размер куска менее 6 мм) в общем, объеме добываемых углей. Сильно измельченный уголь не может использоваться потребителями со слоевой системой сжигания (отопительные печи, промышленные и бытовые котельные, частный сектор и др.), приспособленных к работе только на угле крупных классов (размер куска свыше 13 мм). В противном случае имеют место большие потери энергетических ресурсов.

Содержащиеся в угле сернистые соединения наносят большой вред энергетическому оборудованию и загрязняют окружающую среду. Присутствие серы в энергетическом угольном топливе вызывает коррозию оборудования и преждевременный износ отдельных узлов и деталей, (срок службы оборудования сокращается в 3-5 раз), увеличивает стоимость выработки электроэнергии на 15-25%. Поступающие в атмосферу большие количества соединений серы определяют ряд отрицательных последствий загрязнения атмосферы - изменение климата, нарушение круговорота веществ в биосфере, деградацию флоры и фауны. Несмотря на это, извлечение серы из углей на углеподготовительной стадии в должных объемах в нашей стране не ведется. Из общего количества серы, содержащейся в добываемых углях, удаляется в лучшем случае 20-25% её общего содержания. Трудность обогащения определяется специфическими условиями её распределения в угольном веществе. Современная энергетика для соблюдения санитарных норм по содержанию двуоксида серы в отходящих газах ориентируется на рассеивающую способность газовых труб. С этой целью искусственно ограничивается мощность топливоэнергетических установок, и сооружаются трубы с высотой более 300 м, на каждый процент серы в угле длина трубы возрастает на 30-50 м. Но этим не решается вопрос об использовании серосодержащих топлив и не предотвращается накопления сернистых соединений в воздушном бассейне, так как выброс оксидов серы в высокие слои атмосферы приводит к переносу их на большие расстояния с выпадением «серного дождя».

Влага в углях также как и зола, и сера, является нежелательным компонентом. Её присутствие в топливе снижает теплотехнические показатели технологических и энергетических установок и приводит к дополнительным затратам на транспортирование угля. Все это снижает конкурентоспособность углей, как энергетического топлива.

Улучшение качественных параметров углей может быть достигнуто обогатительными методами, окускованием, а также термической и химической переработкой углей в продукцию с новыми потребительскими свойствами.

Методы обогащения позволяют удалить минеральные примеси и частично извлечь сернистые соединения на стадии подготовки топлива к сжиганию при сильном

измельчении угля. И в дальнейшем такое топливо может использоваться только в пылеугольных топках электростанций, что экономически оправдано. Обогащать же низкосортные угли для бытовых потребителей экономически нецелесообразно. А поставлять им сортовой уголь невозможно из-за дефицита последнего.

Возможно облагораживание угля его окускованием методами брикетирования и гранулирования со связующим или без него. Эти методы позволяют получить бытовое топливо с высокой теплотой сгорания и равномерного фракционного состава. Вместе с тем, топливо должно иметь высокую механическую прочность и термическую стойкость, а также отвечать еще одному критерию - бездымности, так как сжигание угля в котельных коммунально-бытового хозяйства и отопительных печах у населения сопровождается выбросами в атмосферу большого количества дымовых газов, содержащих пыль, оксиды углерода, серы, азота. Рассредоточенность и малая энергетическая мощность таких потребителей, практически исключают возможность непосредственной, предварительной подготовки (обогащения, газификации) угля с последующей очисткой газа от вредных компонентов. Следовательно, население необходимо обеспечить бездымным угольным топливом - с содержанием летучих веществ не более 12%.

Бездымное топливо может быть получено в результате разработки и внедрения таких технологических схем, которые позволят не только превратить низкосортный исходный уголь в куски нужного размера с повышенной теплотой сгорания, но и изменить его природу в нужном направлении. К таким схемам относятся: брикетирование полукокса из старых бурых углей с последующей термоокислительной обработкой брикетов, термическая обработка каменноугольных брикетов твердым теплоносителем, производство бездымного топлива в кольцевых печах, термобрикетирование без связующих материалов, термическое обогащение в вихревых камерах. Все эти технологии требуют доработки и опытной проверки в укрупненных масштабах с тем, чтобы получить результаты, которые можно смоделировать на промышленных предприятия. Следовательно, в перспективе сохраняется дефицит в бездымном окускованном топливе.

Решение задачи удовлетворения спроса на бездымное окускованное топливо может быть достигнуто направленным изменением структуры органической массы углей, которое позволит изменить поведение угля в термических процессах, уменьшить выход летучих, в том числе и серосодержащих веществ, получить коммунально-бытовое топливо и удовлетворить запросы большого числа потребителей.

В соответствии с вышеизложенным, для выполнения данной проблемы выстраиваются задачи:

- исследование влияния реагентов на структуру соединений, входящих в состав органической массы угля;

- разработка и опытно-лабораторные испытания технологии производства гранулированного бездымного топлива.

Выполнение поставленных задач позволит разработать метод повышения качества гранулированного топлива путем реагентного модифицирования структуры органической массы, что позволит решить проблему дефицита бытового топлива.

Цель работы - заключается в установлении закономерностей влияния состава органо-минерального связующего на процесс окомкования и их использовании для повышения качества бытового окускованного топлива. Таким образом, для выполнения данных задач, необходимо провести исследования: гранулометрические, фракционные, технические, элементные, термогравиметрические методы анализа угля и продуктов окускования; экспериментально изучить влияние состава связующего на потребительские и технологические свойства окомкованного топлива; применить методы статистической обработки и математического моделирования.

Список литературы

1. Дарибаев Ж., Серманизов Н., Серманизова А., Шарафиев А. Эколого-экономическая оценка экологического состояния окружающей среды Туркестанского региона // Поиск. – 2006. - № 1. - С.27-29.
2. Серманизов Н.С., Ержанов Н.А., Шарафиев А.Ш., Серманизов С.С. Ресурсосбережение и рациональное использование углеотходов в Южном Казахстане // Материалы и технологии XXI-века: матер. V междунар. науч.-техн. конф. - Пенза, 2007. - С.193-195.
3. Серманизов С.С., Дарибаев Ж.Е., Серманизова А.С., Серманизов Н.С. Об угольных отвалах и состоянии их переработки // Наука и образование на современном этапе: матер. междунар. науч.-практ. конф. - Шымкент, 2005. - С.147-149.
4. Хлынина Н.Г. Использование сапропеля в качестве сорбента для очистки сточных вод: автореф. ... к. т. н.: 06.01.02. - Волгоград, 2008. - 23 с.
5. Мановян А.К. Технология переработки природных энергоносителей. - М.: Химия, Колос, 2004. - 456 с.

References

1. Daribaev Zh., Sermanizov N., Sermanizova A., Sharafiev A. Jekologo-jekonomicheskaja ocenka jekologicheskogo sostojanija okruzhajushhej sredy Turkestanskogo regiona // Poisk. – 2006. - № 1. - С. 27-29.
2. Sermanizov N.S., Erzhanov N.A., Sharafiev A.Sh., Sermanizov S.S. Resursosberezhenie i racional'noe ispol'zovanie ugleothodov v Juzhnom Kazahstane // Materialy i tehnologii XXI-veka: mater. V mezhdunar. nauch.-tehn. konf. - Penza, 2007. - С. 193-195.
3. Sermanizov S.S., Daribaev Zh.E., Sermanizova A.S., Sermanizov N.S. Ob ugot'nyh otvalah i sostojanie ih pererabotki // Nauka i obrazovanie na sovremennom jetape: mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. - Shymkent, 2005. - С. 147-149.
4. Hlynina N.G. Ispol'zovanie sapropelja v kachestve sorbenta dlja ochistki stochnyh vod: avtoref. ... k. t. n.: 06.01.02. - Volgograd, 2008. - 23 s.
5. Manovjan A.K. Tehnologija pererabotki prirodnyh jenergonositelej. - M.: Himija, Kolos, 2004. - 456 s.

АНАЛИЗ ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ МАЛЫХ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

ANALYSIS OF OPERATING EXPERIENCE OF SMALL WIND POWER INSTALLATIONS

Романенко А.Ф., Турымбетова Г.Д.
Romanenko A.F., Turymbetova G.D.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауезова
M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
eeukgu@mail.ru

Резюме

В статье анализируется экономическая эффективность малых ветроэнергетических установок комбинированного производства электрической и тепловой энергии. На основе представленных расчетов показана зависимость мощности малых установок от скорости ветра.

Исследование автором статьи отечественных и зарубежных опытов эксплуатации ветряных установок доказывает, что их масштабное использование является перспективным, технически не сложным и экономически целесообразным, особенно в локальных системах отопления и горячего водоснабжения. В этом случае обеспечивается максимальное использование энергии ветра, следовательно, и максимально возможная по условиям конструкции выработка тепловой энергии.

Abstrakt

In article economic efficiency of small wind power installations of the combined production of electric and thermal energy is analyzed. On the basis of the presented calculations dependence the power of small installations from wind speed is shown.

Research by the author of article of domestic and foreign operating experiences of wind installations proves that their large-scale use is perspective, tekhnichesk not difficult and economically expedient, especially in local systems of heating and goryakchy water supply. In this case the maximum use of wind power, sledovatelkno, and the development of thermal energy, greatest possible under the terms of a design, is provided.

Ключевые слова. Малая энергетика, ветроустановки, роторы Савониуса, роторы Дарье, аэродинамическая подъемная сила, среднегодовое значение скорости ветра, локальные ветровые аномалии.

Keywords: Small-scale power generation, wind turbines, Savonius's rotors, rotors to Darya, aerodynamic carrying capacity, average annual value of speed of wind, local wind anomalies.

Малая энергетика в области комбинированного производства электрической и тепловой энергии и в сфере снятия пиковых нагрузок получила широкое применение в таких странах, как Дания, Нидерланды, Финляндия, Португалия, Испания, Италия. Малая энергетика позволяет не зависеть от неустойчивости централизованных энергосистем, где износ оборудования составляет 65-70%, эффективно использовать оптимальные для заданных условий источники производства энергии, обеспечивая бесперебойную энергоснабжению потребителей. В числе других преимуществ, высокий коэффициент полезного действия – 0,45 [1].

В настоящее время протяженность электросетей в Республике Казахстан достигает 304000 км, удельная длина линий электропередач, сумма их длин (в условных единицах), отнесенная к суммарной установленной мощности электростанций (ЭС) – более чем в три раза превышает аналогичные показатели других стран. Это влечет за собой повышенные значения потерь электричества при ее транспорте, эксплуатационные расходы, поднимающие цены, а через них и цены и других энергоносителей. Это поведет к очередному витку повышения стоимости. В виду малой плотности населения электрическая сеть страны имеет также низкую плотность. Практически все ЭС республики (с подавляющим преобладанием в их составе тепловых станций) сосредоточены в областных центрах и, реже, в мощных промышленных узлах. От них в различных направлениях идут составные, по номинальному напряжению, длинные радиальные электропередачи с суммарной длиной до 400-700 км. [2].

В настоящий период в связи с переходом на рыночные отношения, обеспечение электроэнергией населения отдаленных, труднодоступных и небольших поселков, селений и аулов в Казахстане из централизованной сети становится экономически невыгодным. Установка и эксплуатация линий электропередач для таких потребителей слишком дорога и не окупается. Получение электроэнергии с помощью автономных дизельных или бензиновых генераторов также имеет ряд сложностей, основные из которых – высокая стоимость топлива и его подвоз к потребителю.

По заключению специалистов, в создавшейся ситуации вовлечения возобновляемых источников, особенно ветровых и солнечных, является конкурентоспособным фактором в энергообеспечении локальных, отдаленных сельских потребителей. Они не требуют транспортировки энергоносителей, достаточно просты конструктивно, надежны в работе, экологически безвредны. Кроме того, повышение тарифов по оплате электроэнергии, подаваемой по централизованной сети, причем тарифы резко возрастают при снабжении небольших и отдаленных объектов, для которых необходимо проводить и эксплуатировать отдельную линию электропередач. Также в последнее время наблюдается срыв поставок электроэнергии из-за износа оборудования электростанций, отсутствия у них финансовых средств на покупку энергоносителей и ремонт оборудования.

Основными недостатками ветропарков являются сложность создания сверхкрупных установок с мощностью более 1000 кВт, получение электроэнергии с нестабильными характеристиками, что объясняется непостоянством силы и направления ветра. Выбор малой мощности энергоустановки, использующей энергию ветра, является вполне оправданным для снабжения электроэнергией небольших отдаленных объектов.

В общем случае все многообразие ВЭУ можно разделить на две большие группы:

- ветроустановки, использующие силу лобового давления (барабанные, многолопастные горизонтально-осевые, карусельные, роторы Савониуса, парусные и т.д.);

- ветроустановки, использующие аэродинамическую подъемную силу (роторы Дарье, быстроходные горизонтально-осевые ВУ).

ВЭУ первой группы – имеют коэффициент использования энергии ветра значительно ниже, чем установки второй группы, что будет рассмотрено дальше. Они тихоходные, так как ветроприемное устройство не может двигаться со скоростью, превышающей скорость ветра V . Но самое главное они очень плохо поддаются регулированию, а это большой недостаток в эксплуатации. Известно, что мощность, которую несет ветровой поток определяется выражением:

$$N = \frac{1}{2} \rho V^3 F \quad (1)$$

где $V=1,25 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха при нормальных атмосферных условиях; v – скорость ветра; F – площадь, через которую этот ветровой поток проходит (ометаемая площадь).

Если на пути этого ветрового потока поставить какое-либо ветроприемное устройство, то мощность, отбираемая этим устройством, определится из выражения:

$$N = C_p \frac{1}{2} \rho V^3 F \quad (2)$$

где C_p – коэффициент использования энергии ветра или коэффициент мощности. Величина коэффициента мощности определяет ту часть энергии, которую возможно отобрать у ветрового потока данным ветроприемным устройством. Для ВУ первого типа коэффициент использования энергии обычно не превышает $C_p < 0,1$, Для установок второго типа $C_p = 0,3 \dots 0,45$.

Из выражения (2) видно, что мощность, создаваемая ветровым потоком, пропорциональна скорости ветра в кубе, то есть увеличение скорости ветра, например, в два раза приводит увеличению мощности в восемь раз.

Эту мощность необходимо как-то ограничивать. Анализируя выражение (2), видно, что это ограничение возможно добиться либо уменьшением коэффициента мощности C_p , либо уменьшением ометаемой площади F . На практике это осуществляется изменением угла атаки лопастей (разворачивание лопастей) или уводом всего ротора (ветроколеса) из-под ветра. Для установок мощностью больше 1 кВт предпочтение, как правило, отдается регулированию C_p . Во втором случае, при уводе ротора вверх или в сторону, одновременно также возникают гигроскопические моменты, вызывающие дополнительные нагрузки на главный вал трансмиссии и усложняется конструкция ВЭУ [3].

К ветроустановкам (ВУ) второй группы относятся вертикально-осевые роторы Дарье и классические горизонтально-осевые ВЭУ. При неоспоримых достоинствах роторов Дарье (силовая трансмиссия и электрогенератор располагаются, как правило, на земле, отсутствие механизма ориентации на ветер) им присущи и существенные недостатки, ограничивающие их широкомасштабное использование. К этим недостаткам относятся:

- более низкое значение коэффициента использования энергии ветра;
- концентрация масс в виде лопастей на периферии ометаемой площади, что в совокупности с тем фактом, что именно лопасти воспринимают нагрузку, а за один оборот ротора аэродинамическая подъемная сила меняет знак, опора и сам ротор постоянно находятся в состоянии сложных знакопеременных динамических воздействий, которые в конечном итоге ведут к усталостным разрушениям элементов ВЭУ и в первую очередь их опорных подшипников.

Любое место, где предполагается установить ВУ, характеризуется среднегодовым значением скорости ветра V_{cp} . Существуют еще так называемые локальные ветровые аномалии, но это уже исключения из правил. Среднегодовая скорость ветра характеризует местность в плане ее перспективности генерации энергии при помощи ВЭУ. Но если ее принять за расчетную (номинальную), по которой ведется прочностной расчет ВУ и подбирается мощность электрогенератора или насоса, то мы просто отбросим всю энергию, которая вырабатывается при скоростях ветра, превышающие значение V_{cp} (рис.1).

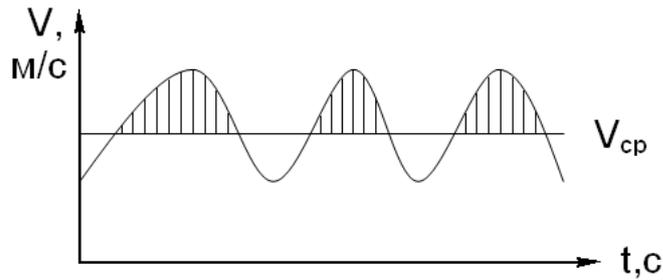


Рисунок 1 – Среднегодовая скорость ветра

Так по какой же скорости ветра рассчитывать саму ВУ и количество энергии, которую она сможет выработать за определенный период времени? Из практического опыта и литературных источников было принято, что эта скорость ветра, называемая расчетной или номинальной V_n должна находиться в пределах:

$$V_n = (1,25 \div 2) V_{ср}, \quad (3)$$

Причем нижнее значение этого диапазона (1,25) характерно для ВЭУ, используемых в сельском хозяйстве для выполнения механической работы и участвующие в каком-то технологическом процессе. Для таких ВУ более важно функционирование большего числа дней в году, чем уменьшение годовой выработки за счет недоиспользования скоростей ветра, превышающей V_n . Предпочтение отдается гарантированию (конечно не на 100%) непрерывности технологического процесса.

Для ветроэлектрических установок, которые предназначены для выработки электроэнергии, а тем более имеющих накопитель энергии в виде АБ, основной задачей является снять как можно больше энергии с ветрового потока за определенный период времени. Поэтому в таких ВЭУ значение коэффициента при $V_{ср}$ принимается ближе к 2.

К значению расчетной скорости ветра V_n необходимо относиться очень внимательно. Допустим, заказчику реализовали ВЭУ мощностью 5 кВт, но не уточнили при какой скорости ветра он эту мощность развивает. Что это значит? А это значит лишь то, что там установлен электрогенератор мощностью 5 кВт и ничего более. Вернемся к анализу выражения (2).

Примем за расчетную скорость ветра $V_n = 10$ м/с. Тогда $10^3 = 1000$. А если принять $V_n = 8$ м/с, то $8^3 = 512$. Другими словами ВЭУ, который в нашем примере развивает мощность 5 кВт при 10 м/с, при $V_n = 8$ м/с будет развивать мощность в 2 раза меньше.

Как показало исследование, проведенное Институтом возобновляемой энергетики Национальной Академии наук Украины [4, с.14-15] для большинства регионов Украины значение среднегодовой скорости ветра составляет $V_{ср} = 4 \div 4,5$ м/с, поэтому расчетная скорость ветра не должна превышать 9 м/с. Иначе может сложиться парадоксальная ситуация: ВЭУ с меньшим значением установленной мощности, например, 2 кВт, но которую он развивает при 8 м/с, за год вырабатывает больше электроэнергии, чем, например, трехкиловаттная ВЭУ с расчетной скоростью ветра 10 м/с. Это наглядно можно проиллюстрировать графически (рис.2).

Из графика на рисунке 2, видно, что в диапазоне доминирующих ветров на Украине (2,5÷9) м/с, ВЭУ меньшей установленной мощности за год выработает электроэнергии больше. И это при том, что рыночная стоимость ВЭУ основывается в основном на стоимости 1 кВт установленной мощности [5, с.148-153].

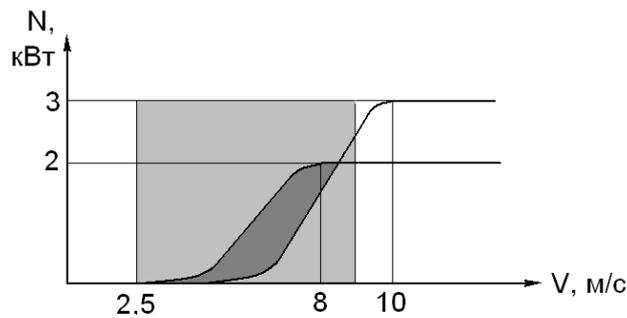


Рисунок 1 – График зависимости мощности от скорости ветра для ВЭУ 2 и 3 кВт

Институтом возобновляемой энергетики Украины проведен расчет годовой выработки, основанный на статистических данных по повторяемости скоростей ветра в определенном регионе с прогнозированием потенциала ветра. Существует понятие – коэффициент использования установленной мощности, который показывает сколько процентов дней в году ВЭУ работает с установленной мощностью. Если для конкретного места ВЭУ выбрана правильно с учетом рекомендаций, значение этого коэффициента лежит в пределах $0,25 \div 0,3$. Тогда за год ВЭУ выработает

$$Q_{\Gamma} = (0,25 \div 0,3) \cdot 8760 \cdot N_{\text{уст}}, \quad (4)$$

где Q_{Γ} – годовая выработка электроэнергии;

8760 – количество часов в году;

$N_{\text{уст}}$ – установленная мощность ВЭУ.

Как указывалось выше, ветер – источник энергии непостоянный и непредсказуемый. Чем большая емкость АБ, тем более продолжительное время вы будете с электроэнергией при отсутствии ветра.

Количество электроэнергии необходимое для работы электроприборов

$$E_{\Pi} = \sum N_i t_i, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (5)$$

где N_i – мощность электроприбора, в кВт;

t_i – необходимое время работы, в часах;

Количество электроэнергии, которое может обеспечить АБ

$$E_A = \frac{kUC}{1000}, \text{ кВт}\cdot\text{ч} \quad (6)$$

где k – к.п.д. АБ;

U – напряжение АБ, в В;

C – емкость АБ, в А·ч.

Тогда, соответственно, необходимая емкость АБ будет равна

$$C = \frac{\sum N_i t_i}{kU}, \text{ А}\cdot\text{ч}, \quad (7)$$

В выражении (1) емкость АБ следует скорректировать с учетом того факта, что кислотные АБ, как правило, нельзя разряжать до нуля. Некоторые типы АБ не рекомендуется разряжать более чем на 20% (обычные обслуживаемые автомобильные АБ). Некоторые допускают глубину разряда до 80% (герметичные необслуживаемые).

Повысить надежность системы можно и другим путем: установкой параллельно другому генерирующему устройству, например, фотоэлектрических батарей. (ФЭБ). Таким образом, зарядка АБ будет происходить либо от ветра, либо от солнца, либо от обоих источников одновременно. При этом ВЭУ и ФЭБ, как источники электроэнергии, дополняют друг друга в течение года (зимой больше ветра, а летом солнца).

Для определения баланса, произведенная ВЭУ электроэнергия может быть подсчитана по выражению (4), то потребленная энергия рассчитывается суммарной величиной за конкретный период.

Затем из выражения (4) легко определить установленную мощность энергоустановки (ВЭУ):

$$N_{\text{уст}} = \frac{Q_{\Gamma}}{(0,25 \div 0,3)8760} \quad (8)$$

Если за месяц, тогда выражение для определения мощности ВЭУ примет вид:

$$N_{\text{уст}} = \frac{Q_{\text{м}}}{(0,25 \div 0,3)720} \quad (9)$$

где $Q_{\text{м}}$ – потребленная электроэнергия за месяц.

В настоящее время сооружение в один километр воздушной линии электропередач (ЛЭП) стоит от 20000 долларов. Сюда входит проект линии, КТП, столбы, провода и технические условия на подключение. Возобновляемые источники энергии экологически чисты, не требуют для своего функционирования никакого органического топлива и особого обслуживания, за счет чего резко снижаются их эксплуатационные затраты. Себестоимость одного киловатт часа энергии полученной, например, от ВЭС на порядок ниже, чем от бензо- или дизельной станции соизмеримой мощности.

Определяем себестоимость одного киловатта электроэнергии для малых ветроустановок. Ветроэнергоустановка работает 10 лет, 300 дней в году по 20 часов в день, средняя выработка – 1,5 кВт час. Стоимость – 400 тысяч тенге, текущие годовые расходы – 5% от стоимости.

Общая выработка электроэнергии [6, с.17-18].

$$Э_1 = 1,5 \cdot 20 \cdot 300 \cdot 10 = 90\ 000 \text{ кВт.}$$

Общие расходы;

$$P_1 = 400\ 000 \cdot (1 + 0,05 \cdot 10) = 600\ 000 \text{ тенге.}$$

Себестоимость;

$$C_1 = 600\ 000 / 90\ 000 = 6,7 \text{ тенге.}$$

Приведенные расчеты показывают, что применение ветроэнергоустановок даст ощутимый экономический эффект для потребителя, следовательно, установка будет иметь достаточно устойчивый спрос на рынке [7].

С учетом особенностей ветровой энергии, непостоянства скорости ветра, наличия периодов безветрия, сезонного изменения количества энергии ветра применять ветроэнергетическое оборудование следует с потребителями, позволяющими относительно просто аккумулировать, накапливать конечный продукт. Такими потребителями энергии являются в первую очередь водоподъемные установки в отдаленных районах.

Особенности обводнения пастбищных угодий (территориальная удаленность водоисточника и водопотребителей, малый объем водопотребления, значительная неравномерность сезонного и суточного режима водопотребления, отсутствие централизованной системы электроснабжения) создают предпосылки для применения ветроэнергетического оборудования в засушливых и полупустынных районах.

Максимальная мощность водопойного пункта зависит от глубины водоисточника и его дебита и, как правило, не превышает 1...4 кВт. Водопойные пункты позволяют создавать необходимый запас воды в накопительной емкости и применять ветроэнергетические агрегаты без резервирования их другими источниками энергии.

Результаты расчетов стоимости 1м³ воды, проведенных при различных способах пастбищного водоснабжения, показывают, что ветродвигатели снижают годовые затраты на водопой в три раза, и при этом значительно экономят топливо.

Ветроэлектрические агрегаты могут работать с насосами различных типов и поднимают воду из всех видов водозаборов. В настоящее время выпускаются станции опреснения воды, укомплектованные двумя установками производительностью 25 куб метров в сутки. Все необходимое технологическое и электротехническое оборудование смонтировано в стандартном передвижном полевом вагоне [8, с.68-73].

Такие передвижные опреснительные станции, укомплектованные ветроэнергетическими агрегатами, найдут спрос в районах, удаленных от сетей электроснабжения, и в первую очередь в сельском хозяйстве.

Отечественный и зарубежный опыт эксплуатации ветроагрегатов показывает, что перспективной, технической простой и экономически целесообразной областью применения ветроэнергетических агрегатов является работа их в локальных системах отопления и горячего водоснабжения. В этом случае обеспечивается максимальное использование энергии ветра, а следовательно, и максимально возможная по условиям конструкции выработка тепловой энергии. Особенно важно то, что при этом виде использования ветроэнергетического оборудования к нему не предъявляются высокие требования по качеству вырабатываемой электрической энергии (постоянство частоты, уровень напряжения, отсутствие амплитудной пульсации и др.). Снижение этих требований приводит к значительному упрощению системы автоматизации и регулирования.

Литература

1. Трофимов А. Большие возможности малых станций // «Казахстанская правда», – 2008. – 28.03.
2. Кадыржанов А. К., Комбаров М. Н., Мухамедиев К. Ш. Проблемы промышленного освоения нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в Алматинской энергосистеме. //Тезисы докладов Республиканской конференции.– Алматы, – 1995. – 12.03.
3. Шихайлов М.О., Коханевич В.П. Что необходимо знать при приобретении ветроустановок? // Материалы Института возобновляемой энергетики НАН Украина. – Киев, – 2008.– 25.07.
4. Шихайлов М.О. Фаворский Ю.П. О некоторых заблуждениях относительно использования ветроустановок малой мощности. // Научно-технический журнал «Энергосбережение». – г. Донецк.– 2003г. – №4. –С.14-21.
5. Фаворский Ю.П., Мусабеков К. Экономические и технические обоснования эффективности малых ветроэнергетических установок // «Высшая школа» – Поиск.– 2008. – №6.– С.148-153.
6. Аскарлов Е. Малая энергетика – перспективы возрождения // Промышленность Казахстана. 2006. – №4.(37). – С.17-18.
7. Н.П.Фаворский, А.Ф.Сокиржинский. Гибридные ветро-солнечные системы для автономного и резервного энергообеспечения. // Материалы Института возобновляемой энергетики НАН Украина. – Киев.
8. Усаковский В.М. Возобновляемые источники энергии // М.; 1986. – С.68-73.

References

1. Trofimov A. Bol'shie vozmozhnosti mal'kh stantsiy // «Kazakhstanskaya pravda», – 2008. – 28.03.
2. Kadyrzhanov A. K., Kombarov M. N., Mukhamediev K. Sh. Problemy promyshlennogo osvoeniya netraditsionnykh i vozobnovlyaemykh istochnikov energii v Almatinskoy energosisteme. //Tezisy dokladov Respublikanskoy konferentsii.– Almaty, – 1995. – 12.03.
3. Shikhaylov MO., Kokhanevich V.P. Chto neobkhodimo znat' pri priobrenenii vetroustanovok? // Materialy Instituta vozobnovlyaemoy energetiki NAN Ukraina. – Kiev, – 2008.– 25.07.
4. Shikhaylov M.O. Favorskiy Yu.P. O nekotorykh zabluzhdeniyakh odnositel'no ispol'zovaniya vetroustanovok maloy moshchnosti. // Nauchno-tehnicheskij zhurnal «Energoberezhenie». – g. Donetsk.– 2003g. – №4. –S.14-21.
5. Favorskiy Yu.P., Musabekov K. Ekonomicheskie i tekhnicheskie obosnovaniya effektivnosti mal'kh vetroenergeticheskikh ustanovok // «Vysshaya shkola» – Poisk.– 2008. – №6.– S.148-153.
6. Askarov E. Malaya energetika – perspektivy vozrozhdeniya // Promyshlennost' Kazakhstana. 2006. – №4.(37). – S.17-18.
7. N.P.Favorskiy, A.F.Sokirzhinskiy. Gibridnye vetro-solnechnye sistemy dlya avtonomnogo i rezervnogo energoobespecheniya. // Materialy Instituta vozobnovlyaemoy energetiki NAN Ukraina. – Kiev.
8. Usakovskiy V.M. Vozobnovlyaemye istochniki energii // M.; 1986. – S.68-73.

МАЗМУНЫ / СОДЕРЖАНИЕ

60 ЛЕТ КАФЕДРА МАШИНЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ	3
СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ КАФЕДРЫ «МАШИНЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ»	9
Волненко А.А., Корганбаев Б.Н. Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАССООБМЕННЫХ И ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩИХ АППАРАТОВ С ПОДВИЖНОЙ И РЕГУЛЯРНОЙ НАСАДКОЙ	13
Надилов К.С. Nadirov K.S. Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ - СТРАТЕГИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА	28
Тулкбаева А.К., Шаккалиев А.А., Сабырханов Д.С., Жолдасбекова Г.Ш. Tulekbaeva A.K., Shakkaliev A.A., Sabyrkhanov D.S., Zholdasbekova G.Sh. Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Республика Казахстан РГП «Казахстанский институт стандартизации и сертификации», г. Астана, Республика Казахстан M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan RSE "Kazakhstan Institute of Standardization and Certification", Astana, Kazakhstan tulekbaeva@mail.ru ПОСТРОЕНИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН – ПУТЬ В БУДУЩЕЕ BUILDING NATIONAL STANDARDIZATION SYSTEM REPUBLIC OF KAZAKHSTAN - THE WAY TO THE FUTURE	33
Айнабеков А.И., Печерский В.Н., Мырзалиев Д.С. Ainabekov A.I., Pecherskiy V.N., Myrzaliyev D.S. Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan ПОДГОТОВКА ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ В ОБЛАСТИ МЕХАНИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ ДЛЯ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА PREPARATION OF RESEARCHERS IN AREA OF MECHANICS AND ENGINEER FOR SOUTH KAZAKHSTAN	39

ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ МАШИНАЛАР МЕН ЖАБДЫҚТАР
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ
TECHNOLOGICAL MACHINES AND THE EQUIPMENT

Азимов А.М., Жантасов К.Т.

Azimov A.M., Jantasov K.T.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан

M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

**МАССОПЕРЕНОС ОБЕССОЛИВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И
ПРОМЫШЛЕННЫХ ВОД МЕТОДАМИ МЕМБРАННОЙ ОЧИСТКИ**
**MASS TRANSFER DESALINATION OF NATURAL AND INDUSTRIAL
WATERS BY MEMBRANE TREATMENT**

46

Алтухов А.В.¹, Балабеков О.С.², Волненко А.А.²

Altuhov A.V.¹, Balabekov O.S.², Volnenko A.A.²

¹Филиал «Восход» Московского авиационного института, Байконур, Россия

²Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан

¹Branch «Voskhod» Moscow aviation institute, Baikonur, Russia

²M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОСТАВНОЙ
САМОВСТРЯХИВАЮЩЕЙСЯ ЛОПАТКИ**
RESEARCH EFFECTIVENESS COMPOSITE SCOOP SHAKING ITSELF

50

Исмаилов Б.Р., Шарафиев А.Ш., Исмаилов Х.Б., Мелдебекова С.К.

Ismailov B.R., Sharafiev A.Sh., Ismailov Kh.B., Meldebekova S.K.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, Шымкент,
Казахстан

M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

**ОБ ОДНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА
КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПИРОЛИЗА ПОЛУЧЕНИЯ
НАНОМАТЕРИАЛОВ**
**ON ONE MATHEMATICAL MODEL OF CATALYTIC PYROLYSIS OF
NANOMATERIALS**

55

Қорғанбаев Б.Н., Серманизов С.С., Ержанов Н.А., Хусанов Н.С.
Korghanbaev B.N., Sermanyzov S.S., Yerzhanov N.A., Khusanov N.S.
М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан Мемлекеттік университеті, Шымкент қ, ҚР,

Аймақтық әлеуметтік-инновациялық университеті, Шымкент қаласы, ҚР,
Халықаралық гуманитарлық-техникалық университеті, Шымкент қаласы, ҚР,
South Kazakhstan State University of M.Auezov, Shymkent, Republic of
Kazakhstan,
Regional social and innovative university, Shymkent, Republic of Kazakhstan,
International Humanitarian Technical University, Shymkent, Republic of
Kazakhstan,

ТҮЙІРШІКТЕЛГЕН КӨМІР ҚАЛДЫҚТАРЫН ЗЕРТТЕУ
СИПАТТАМАСЫ

RESEARCH GRANULYATSIONNYKH OF CHARACTERISTICS OF THE
COAL TRIFLE

61

Серикулы Ж., Волненко А.А., Кумисбеков С.А., Оспанов Б.О., Мамыр Е.
Серикулы Ж., Волненко А.А., Кумисбеков С.А., Оспанов Б.О., Мамыр Е.
Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан

M.AuezovSouthKazakhstanStateUniversity, Shymkent, Kazakhstan)

ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АППАРАТА С
РЕГУЛЯРНОЙ ПЛАСТИНЧАТОЙ НАСАДКОЙ С ПРОМЫШЛЕННОЙ
АПРОБАЦИЕЙ

HYDRODYNAMIC MODELING APPARATUS WITH REGULAR PLATE
PACKING WITH INDUSTRIAL TESTING

66

Дайрабай Д., Голубев В.Г., Бренер А.М.

Dayrabay D., Golubev V.G., Brenner A.M.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, г.
Шымкент

State University of South Kazakhstan after M. Auezov, Shymkent

К ВОПРОСУ СВОЙСТВ И СПЕЦИФИКИ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ
МАТЕРИАЛОВ

SOME PROPERTIES AND SPECIFICITY OF ULTRAFINE MATERIALS

70

Калдыбаев Р.Т., Набиев Д.С., Ташменов Р.С., Калдыбаева Г.Ю.,
Елдияр Г.К.

Kaldybaev R.T., Nabiev D.S., Tashmenov R.S., Kaldybaeva G.Y., Yeldiyar G.K.

Южно-Казахстанский Государственный Университет им. М. Ауэзова, РК

M. Auezov South Kazakhstan State University, RK

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ
ИЗЛУЧЕНИЙ НА КАЧЕСТВО ОТБЕЛКИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ
ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МОЩНОСТЯХ
ИЗЛУЧЕНИЯ

INVESTIGATION THE INFLUENCE OF ULTRA HIGH-FREQUENCY
RADIATION WITH DIFFERENT RADIATION POWER ON QUALITY OF
BLEACHING THE COTTON TEXTILE MATERIALS

78

- Юсупов Ш., Калдыбаев Р.Т., Ташменов Р.С., Калдыбаева Г.Ю.**
Yusupov Sh., Kaldybaev R.T, Tashmenov R.S, Kaldybaeva G. YU.
 Южно-Казахстанский Государственный университет им. М.
 Ауэзова, Республика Казахстан.
 South Kazakhstan State University. Auezov, The Republic of Kazakhstan.
ИССЛЕДОВАНИЕ РОСТА РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СОРТОВ
ХЛОПЧАТНИКА В СЕВЕРНОЙ И ЮЖНОЙ ЗОНАХ ЮЖНО-
КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ
INVESTIGATION ON GROWTH OF DOMESTIC COTTON VARIETIES IN
THE NORTHERN AND SOUTHERN ZONES OF SOUTH KAZAKHSTAN
REGION 84
- Левданский А. Э., Опимах Е. В.**
Levdansky A. E., Arimakh Y. V.
 Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь
 Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus
ФЛОТАЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ПОЛИСТИРОЛА
FLOTATION RECOVERY OF POLYSTYRENE 92
- Оспанов Б.О., Момбаев М.М., Кыкбаев Б.А., Серікұлы Ж.**
Osranov B.O., Mombaev M.M., Kiykbaev B.A., Serikuly Zh.
 Южно-Казахстанский Государственный Университет им. М. Ауэзова, РК
 M. Auezov South Kazakhstan State University, RK
АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА ПРИ ВАКУУМНО-АТМОСФЕРНОЙ
СУШКЕ
THE ANALYSIS OF RESULTS OF PILOT STUDIES WARM AND A MASS
EXCHANGE AT VACUUM AND ATMOSPHERIC DRYING 99
- Алтухов А.В., Игнашова Л.В., Жукова Т.А., Тенизбаев Е.Ж.**
Altuhov A.V., Ignashova L.V., Zhukova T.A., Tenizbaev E.
 Филиал «Восход» МАИ г. Байконур
 ЮКГИ им. М. Сапарбаева г. Шымкент
 Branch "Voskhod" of Moscow Aviation Institute, Baikonur
 South Kazakhstan Humanitarian Institute named after M. Saparbayev, Shymkent
МЕТОДИКА ИНЖЕНЕРНОГО РАСЧЕТА МНОГОСТУПЕНЧАТОГО
КОЛОННОГО СУШИЛЬНОГО АППАРАТА
METHODS ENGINEERING CALCULATIONS MULTISTAGE COLUMN
DRYERS 104
- Оспанов Б.О., Қорғанбаев Б.Н., Голубев В.Г., Кыкбаев Б.А., Серікұлы Ж.**
Osranov B.O., Қорғанбаев B.N., Golubev V.G., Kiykbaev B.A., Serikuly Zh.
 ЮКГУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан
 M. Auezov SKSU, Shymkent, Kazakhstan
РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МИНИУСТАНОВКИ ДЛЯ
ПЕРЕРАБОТКИ БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР
DEVELOPMENT OF EXPERIMENTAL MINIINSTALLATION FOR
PROCESSING OF MELON CULTURES 111

- Тауасаров Ш.У., Муханова А.Е., Тауасаров А.Ш.**
Tauasarov Sh.U., Mukhanova A.E., Tauasarov A.Sh.
 ЮКГУ им. М.Ауезова, Шымкент, Казахстан
 M.Auezov SKSU, Shymkent, Kazakhstan
- ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТ МАССООТДАЧИ ПРОЦЕССА СУШКИ ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛООВОГО НАСОСА**
RESEARCH OF MASS TRANSFER COEFFICIENT OF THE DRYING PROCESS OF GRANULAR MATERIALS USING A HEAT PUMP 115
- Калдикулова А.Д.¹, Заурбеков М.Н.², Маулен А.³, Серікұлы Ж.³.**
Kaldikulova A.D.¹, Zaurbekov M.N.², Maulen A.³, Serikuly Zh.³.
¹Халықаралық гуманитарлы-техникалық университет, Шымкент, Қазақстан
²Жаңа технологиялар колледжі, Шымкент, Қазақстан
³М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент, Қазақстан
- ¹International humanitarian technical university, Shymkent, Kazakhstan
²College of New Technologies, Shymkent, Kazakhstan
³M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
- ШАҢТАЗАЛАУ АППАРАТТЫҢ ГИДРАВЛИКАЛЫҚ КЕДЕРГІСІН ЗЕРТТЕУ**
STUDY HYDRAULIC RESISTANCE OF THE DUST COLLECTION APPARATUS 119
- Сейтханов Н.Т., Исмаилов Б.Р., Пазылова Г.Ж.**
Seytkhanov N.T., Ismailov B.R., Pazylova G.Zh.
 Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауезова
 M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
- МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СКРУББЕРНОГО ПРОЦЕССА В АППАРАТАХ С РЕГУЛЯРНЫМИ ПЛАСТИНЧАТЫМИ НАСАДКАМИ ПРИ УМЕРЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ФАЗ** 135
- S. A. Kumisbekov, A.A.Volnenko, Zh. Seriluly, B.O. Ospanov, A.B. Kirgizbaev**
 M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
- HYDRODYNAMICS AND MASS TRANSFER IN THE APPARATUSES WITH PREFORMED PACKING BODIES** 131
- Сарсенбекулы Д., Волненко А.А., Левданский А.Э., Жумадуллаев Д.К., Семенов М.В.**
Sarsenbekuly D., Volnenko A.A., Levdanskij A.Je., Zhumadullaev D.K., Semenov M.V.
 Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан
 M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
- РАСЧЕТ ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АППАРАТА С ТРУБЧАТОЙ НАСАДКОЙ РЕГУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ**
CALCULATION OF HEAT AND MASS TRANSFER CHARACTERISTICS OF THE DEVICE WITH THE TUBULAR NOZZLE REGULAR STRUCTURE 139

- Волненко А.А., Балабеков О.С., Абжапбаров А.А., Раматуллаева Л.И.**
Volnenko A.A., Balabekov O.S., Abzhapbarov A.A., Ramatullayeva L.I.
Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан
M.AuezovSouthKazakhstanStateUniversity, Shymkent, Kazakhstan
**ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ЗОНЕ ЭЖЕКЦИИ
ПРИ ДВУХСТОРОННЕМ ПОДВОДЕ ГАЗОВОГО ПОТОКА В
АППАРАТЕ УДАРНО-ВИХРЕВОГО ДЕЙСТВИЯ**
**HYDRODYNAMIC LAWS IN THE AREA EJECTION WITH BILATERAL
SUMMING GAS FLOW MACHINE IMPACT-JET ACTION** 147
- Волненко А.А., Абжапбаров А.А., Раматуллаева Л.И., Шарафиев А.Ш.**
Volnenko A.A., Abzhapparov A.A., Ramatullaeva L.I., Sharafiev A.Sh.
Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан
M.AuezovSouthKazakhstanStateUniversity, Shymkent, Kazakhstan
**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЯ АППАРАТА
СОВМЕЩАЮЩЕГО ПРОЦЕССЫ УДАРНОГО И ВИХРЕВОГО
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОТОКОВ**
**DUST COLLECTION EFFICIENCY MACHINE COMBINE THE PROCESS
OF SHOCK AND VORTEX FLOW INTERACTION** 154
- Бекибаев Н.С., Ешанкулов А.А., Сарсенбай С.О.**
Bekibaev N.S., Yeshankulov A.A., Sarsenbay S.O.
Южно-Казахстанский государственный университет имени М.Ауэзова,
г.Шымкент, Республика Казахстан, www.ukgu.kz
M.O. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan,
www.ukgu.kz
**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА И ГИДРОДИНАМИКИ ПРИ
ТЕЧЕНИИ ВЯЗКИХ И НИЗКОВЯЗКИХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ В
ГЛАДКОЙ КРУГЛОЙ ТРУБЕ**
**HEAT TRANSFER AND HYDRODYNAMICS IN TURNING VISCOUS AND
HIGHLY VISCOUS COOLANT IN A SMOOTH CIRCULAR PIPE** 161
- Бекибаев Н.С., Ешанкулов А.А., Сарсенбай С.О.**
Bekibaev N.S., Yeshankulov A.A., Sarsenbay S.O.
ЮКГУ имени М.Ауэзова, г.Шымкент, Республика Казахстан, www.ukgu.kz
M.O. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan,
**РАСЧЕТ СТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГАЗООЧИСТНОГО
АППАРАТА С ТРУБЧАТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ НАСАДКОЙ**
**CALCULATION OF STRUCTURAL PARAMETERS OF THE GAS
CLEANING APPARATUS WITH A TUBULAR CYLINDRICAL NOZZLE
INCLUDED** 167

МУНАЙ ГАЗ ІСІ
НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО
OIL AND GAS BUSINESS

Сырманова К.К.^{1,3}, Тлеуов А.М.¹, Калдыбекова Ж.Б.¹, Негим Э.-С.², Чарыев Ю.Т.¹, Ибрагимов Б.Б.¹

Syrmanova K.K.^{1,3}, Tuleuov A. M.¹, Kaldybekova Zh.B.¹, Negim El-Sayed², Charyev Y.T.¹, Ibragimov B.B.¹

¹Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауэзова

²Faculty of Science and Engineering, University of Wolverhampton, Wolverhampton, UK

³Университет Мирас

¹M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

²Faculty of Science and Engineering, University of Wolverhampton, Wolverhampton, UK

³Miras University. Shymkent, Kazakhstan

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

ОТВЕРЖДЕНИЯ НА АДГЕЗИОННУЮ ПРОЧНОСТЬ

МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ

STUDY EFFECT OF TEMPERATURE CURING ADHESIVE STRENGTH OF MODIFIED COATING

172

Голубев В.Г., Бондаренко В.П., Джусенов А.У., Кутжанова А.

Golubev V. G., Bondarenko V. P., Guseinov A.U. ,Kutzhanova A.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан

M.Auezov South-Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

golubev_50@mail.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦИОННОГО

АППАРАТА ДЛЯ ЭКСТРАЦИИ ЖИРНЫХ КИСЛОТ

RESULTS OF APPLICATION OF ROTOR-PULSATION VEHICLE FOR

ЭКСТРАЦИИ OF FAT ACIDS

177

Есиркепова М.М., Бейсенбаев О.К., Шакирова А.Б., Карабаев Ж.А.

Yessirkeperova M.M., Beisenbaev O.K., Shakirova A.B., Karabaev Zh.A.

М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент, Қазақстан

M.Auezov South Kazakhstan State university, Shymkent, Kazakhstan

МУНАЙБИТУМ ЖЫНЫСТАРЫНАН ОРАГНИКАЛЫҚ МАССАСЫН

БӨЛУДІҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫН МОДЕЛЬДЕУ

SIMULATION TECHNOLOGY FOR IZOLATION OF THE ORGANIC OF THE BITUMEN ROCK

184

- Есиркепова М.М., Бейсенбаев О.К., Шакирова А.Б., Карабаев Ж.А.**
Yessirkerova M.M., Beisenbaev O.K., Shakirova A.B., Karabaev Zh.A.
 М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент,
 Қазақстан
 M.Auezov South Kazakhstan State university, Shymkent, Kazakhstan
МҰНАЙЛЫ ҚҰМНАН МҰНАЙДЫ АЖЫРАТЫП АЛУ
ДИНАМИКАСЫНА ЖҰМЫС ТЕМПЕРАТУРАСЫНЫҢ ЖӘНЕ МҰНАЙ
ТҮТҚЫРЛЫҒЫНЫҢ ӘСЕРІ
INFLUENCE OF OPERATING TEMPERATURE AND OIL VISCOSITY ON
THE DYNAMICS OF SEPARATION OF OIL FROM OIL SANDS 191
- Есиркепова М.М., Бейсенбаев О.К., Шакирова А.Б., Карабаев Ж.А.**
Yessirkerova M.M., Beisenbaev O.K., Shakirova A.B., Karabaev Zh.A.
 М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент,
 Қазақстан
 M.Auezov South Kazakhstan State university, Shymkent, Kazakhstan
МҰНАЙ ҚҰРАМДАС ГЕТЕРОГЕНДІ ЖҮЙЕЛЕРГЕ АРАЛАС
ХИМИКАЛЫҚ УЛЬТРАДЫБЫСТЫҚ МЕХАНИЗМНІҢ ӘСЕРІН
ЗЕРТТЕУ
STUDY OF COMBINED ULTRAZVUKOVYH OILY MECHANISM ON
HETEROGENEOUS SYSTEMS 198
- Надилов К.С., Есимхан Б.К., Сақыбаев Б.А., Бидасов Ж.М.**
Nadirov K.S., Yesimkhan B.K., Sakibaev B.A., Bidasov Z.M
 Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,
 Шымкент, Казахстан
 M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
НОВЫЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ
ОТРАСЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТРАБОТАННЫХ ОТБЕЛЬНЫХ
ГЛИН МАСЛОЖИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
NEW EFFICIENT MATERIALS FOR THE OIL AND GAS INDUSTRY
WITH THE USE OF SPENT BLEACHING CLAY OIL INDUSTRY 204
- Ахметов Н., Казиев М.Т., Садырбаева А.С., Туребекова А.М.**
Akhmetov N., Kaziev M.T., Sadyrbaeva A.S., Turebekova A.M.
 Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,
 Шымкент, Казахстан
 M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
ПРОБЛЕМЫ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ НЕФТИ НА ПРОМЫСЛАХ
PROBLEMS OIL DEHYDRATION IN FISHERIES 208
- Бажиров Т.С., Жантасов М.К., Досжанов Б., Калменов М.У., Зият А.Ж.**
Vazhirov T.S., Zhantasov M.K., Doszhanov B., Kalmenov M.U., Ziyat A.Zh.
 Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауэзова, Шымкент,
 Казахстан
 M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭНЕРГОАККУМУЛИРУЮЩИХ
ДОБАВОК И ЩЕЛОЧНЫХ РАСТВОРОВ НА НЕФТЕОТДАЧУ ПЛАСТОВ
STUDY OF INFLUENCE OF ADDITION ENERGY STORAGE AND
CAUSTIC SOLUTIONS FOR OIL RECOVERY 213

Голубев В.Г., Бажиров Т.С., Жантасов М.К., Молдабеков Э.Т., Зият А.Ж.
Golubev V.G., Bazhirov T.S., Zhantasov M.K., Moldabekov E.T., Ziyat A.Zh.
Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауэзова, Шымкент,
Казахстан

M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

**ОБВОДНЕННОСТЬ СКВАЖИН И РАЗДЕЛЕНИЕ ВОДОНЕФТЯНЫХ
ЭМУЛЬСИЙ**

WATERCUT WELLS AND SEPARATION OF WATER-OIL EMULSIONS 220

Голубев В.Г., Бажиров Т.С., Жантасов М.К., Молдабеков Э.Т.,
Калменов М.У.

Golubev V.G., Bazhirov T.S., Zhantasov M.K., Moldabekov E.T.,
Kalmenov M.U.

Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауэзова, Шымкент,
Казахстан

M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

**ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ СЛОЕВ
THE PROCESSING TECHNOLOGY OF INTERMEDIATE LAYERS**

227

Бишимбаев В.К., Бишимбаев К.В., Бажиров Т.С., Кемалов А.Ф.
Кемалов Р.А.

Bishimbayev V.K., Bishimbayev K.V., Bazhirov T.S., Kemalov A.F.,
Kemalov R.A.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан

Казанский Федеральный Университет, Российская Федерация

M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

Kazan Federal University, Kazan, Russian Federation

**ТЯЖЕЛЫЕ СМОЛЫ ПИРОЛИЗА МОДИФИКАТОРЫ ВОДО-
БИТУМНЫХ ЭМУЛЬСИЙ**

**HEAVY PITCHES OF PYROLYSIS MODIFIERS VODO-BITUMNYH OF
EMULSIONS**

233

МЕХАНИКА ЖӘНЕ МАШИНА ЖАСАУ

МЕХАНИКА И МАШИНОСТРОЕНИЕ

MECHANICS AND MECHANICAL ENGINEERING

Айнабеков А. И., Сулейменов У.С., Камбаров М. А., Абшенов Х. А.

Ainabekov A.I., Suleimenov U.S., Kambarov M.A., Abshenov H.A.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан

M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

**ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ЗОНЫ ВМЯТИНЫ В СТЕНКЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО
ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕЗЕРВУАРА**

**EVALUATION OF STRESS-DEFORMED STATE OF ZONE OF DENT IN
THE WALL OF VERTICAL CYLINDRICAL RESERVOIR**

240

Токмуратов А.М.

Tokmuratov A.M.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан

M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

**РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛОГИХ
ОБОЛОЧЕЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МАШИН И АППАРАТОВ В
УСЛОВИЯХ НЕЛИНЕЙНОЙ ПОЛЗУЧЕСТИ МАТЕРИАЛА
CALCULATIONS ON STRENGTH AND STABILITY OF SHALLOW SHELL
STRUCTURES OF MACHINES AND DEVICES UNDER THE CONDITIONS
OF NONLINEAR CREEP OF MATERIAL**

246

Дасибеков А., Абдрашев С.Ж., Мырзалиев Д.С., Байжанов А.Ж.

Dasibekov A., Abdrashev S.Zh., Myrzaliyev D.S., Bayzhanov A.Zh.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан

M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

**ПЛИТА, ОБЛАДАЮЩАЯ РЕОЛОГИЧЕСКИМ СВОЙСТВОМ НА
ПРУГОПОЛЗУЧЕМ ГРУНТОВОМ ОСНОВАНИИ
THE PLATE POSSESSING RHEOLOGICAL PROPERTY ON THE
UPRUGOPOLZUCHY SOIL BASIS**

252

Мырзалиев Д.С., Саржанова М.Ж., Дасибеков А., Койшыбай М.Б.

Myrzaliyev D. S., Sarzhanova M. Zh., Dasibekov A., Koishybay M.B.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан

M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

**УПЛОТНЕНИЕ УПРУГОПОЛЗУЧИХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ
CONSOLIDATION UPRUGOPOLZUCHI KH SOIL BASES**

258

Айнабеков А.И., Арапов Б.Р., Сейтказенова К.К., Серікбаев Т.Т.

Ainabekov A.I., Arapov B.R., Seitkazenova K.K., Serikbayev T.T.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан.

M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

**МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ
КИНЕТИКИ ВОДОРОДНОГО ОХРУПЧИВАНИЯ СТАЛИ В
КОРРОЗИОННОЙ СРЕДЕ**

**THE METHODOLOGY OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF KINETICS
OF HYDROGEN EMBRITTLEMENT OF STEEL IN CORROSIVE
ENVIRONMENT**

264

Печерский В.Н., Молдагалиев А.Б., Байгараева А.А., Аскарров Н.Ж
Pecherskiy V.N., Moldagaliev A.B., Baigarayeva A.A., Askarov N.G.
Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан
M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕСУРСА ОБОРУДОВАНИЯ И
ТРУБОПРОВОДОВ С УЧЕТОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОРРОЗИОННЫХ
СРЕД
FEATURES OF FORECASTING OF A RESOURCE OF EQUIPMENT AND
PIPELINES BY TAKING INTO ACCOUNT INFLUENCE OF CORROSIVE
ENVIRONMENTS 270

Печерский В.Н., Байгараева А.А., Байжанов Б.А.
Pecherskiy V.N., Baigarayeva A.A., Baizhanov B.A.
Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан
M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ФИЗИКО-
ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ НА ПРОЧНОСТЬ И
ДОЛГОВЕЧНОСТЬ СТАЛЕЙ
INFLUENCE VALUATION THE TECHNOLOGICAL PARAMETERS
PHYSICAL - CHEMICAL METHODS OF TREATMENTS ON THE
DURABILITY AND LONGEVITY OF STEELS 277

Айнабеков А.И., Сейтказенова К.К., Сейткаримов Н., Погодаев Л.И.
Ainabekov A.I., Seitkazenova K.K., Seitkarimov N., Pogodaev L.I.
Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ
МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ В ЖИДКИХ СРЕДАХ
THE RESULTS OF MODELING EROSION RESISTANCE OF MATERIALS
AND COATINGS IN LIQUID ENVIRONMENTS 282

А. И. Айнабеков, У.С. Сулейменов, М. А. Камбаров, Х. А. Абшенов
A.I. Ainabekov, U.S. Suleimenov, M.A. Kambarov, Kh. A. Abshenov
Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан
M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОВРЕЖДЕННОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ
СТАЛЕЙ С УЧЕТОМ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
METHODS OF ESTIMATION THE DAMAGE OF CONSTRUCTIONAL
STEELS TAKING INTO ACCOUNT THE DURATION OF EXPLOITATION 289

Абзалова Д., Кушеров К., Суендыкова К.
Abzalova D., Kusherov K., Suendikova K.
Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
ЛАКОКРАСОЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ
КАЗАХСТАНА
COATING COVERING BASED ON KAZAKSTAN 295

- Дасибеков А., Абдрашев С.Ж., Мырзалиев Д.С., Байжанов А.**
Dasibekov A., Abdrashev S.Zh., Myrzaliyev D.S., Bayzhanov A.
 Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,
 Шымкент, Казахстан
 M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
МЕТОД РАСЧЕТА БАЛОК НА НЕПРЕРЫВНО НЕОДНОРОДНОМ
ОСНОВАНИИ
METHOD OF CALCULATION OF BEAMS ON CONTINUOUSLY
NON-UNIFORM BASIS **299**
- Кадиров Н.А., Аринова Д.Б., Сейханов А.М.**
Kadirov N.A., Arinova D.B., Seykhanov A.M.
 ЮКГУ им. М.Ауэзова, г.Шымкент, Республика Казахстан
 M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ НА ПОВЕРХНОСТИ
ДЕТАЛИ ПРИ НАРУЖНОМ БЕСЦЕНТРОВОМ ШЛИФОВАНИИ
DESIGN OF TEMPERATURE PAUL ON SURFACE OFDETAIL AT OUTW
ARD CENTERLESS GRINDING **306**
- М.У. Утепов, Н.М. Утепов, С.Т. Дузельбаев, С. К. Жилкибаева**
M.U. Utenov, N.M. Utenov, S.T. Duselbayev, S.K. Zhilkibayeva
 Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, Алма-Ата, Казахстан
 Al-Farabi Kazakh National university, Almaty, Kazakhstan
АНИМАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ МЕХАНИЗМА В СИСТЕМЕ MAPLE
С ПОСТРОЕНИЕМ ЭПЮР ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ НА ЗВЕНЬЯХ
МЕХАНИЗМА
ANIMATION OF THE MOVEMENT OF THE MECHANISM IN MAPLE
SYSTEM WITH CREATION OF DIAGRAM OF INTERNAL EFFORTS ON
MECHANISM'S LINKS **310**
- Сейтханов А.М., Балтабаева Ш.Е., Тілеуова Ж.М., Кадиров Н.А.,**
Seythanov A.M., Baltabaeva Sh.E., Tileuova J.M., Kadyrov N.A.,
 М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент,
 Қазақстан
 M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
ЖҮЙЕЛІ ЖЫЛЖЫМАЛЫ ТҮТҚАМАЛЫ АППАРАТТАРДЫ
ЕСЕПТЕУДІҢ НЕГІЗГІ ӘДІСТЕРІ
THE MAIN METHODS OF CALCULATIONS OF MOBILE DEVICES **316**
- Ақтаева Ұ.Ж., Бектүреева Г.У., Саржанова М.Ж.**
Aktaeva U.J., Vekturееva G.U., Sarjanova M.J.
 М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент,
 Қазақстан
 M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ В
ПРОЦЕССЕ ПРЕПОДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН
THE ROLE OF TEACHERS COMPTTENCE IN THE ORGANIZATION OF
STUDTNTS LEARNING **320**

Молдагалиев А.Б., Ауелбеков Ж.К.
Moldagaliyev A.B., Auyelbekov Zh.K.
ЮКГУ им. М.Ауезова, Шымкент, Казахстан
M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
**ОСОБЕННОСТИ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ
СВНЕШНИМ ПОДВОДОМ ТЕПЛА**
**FEATURES AND PRINCIPLE OF OPERATION OF THE ENGINE
WITH THE EXTERNAL SUPPLY OF HEAT** 326

Исаева Г.Б., Нурмаганбетова А.Т., Мырзалиев Д.С., Сапарбай А.Д.
Isaeva G.B., Nurmaganbetova A.T., Mirsaliev D.S., Saparbay A.D.
Каспийский университет, Алматы
ЮКГУ им. М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан
Caspian University, Almaty
M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ
(СЕТЕВЫХ) ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАНИЯ**
**A PRACTICAL APPENDIX OF THEORY OF INFORMATION (NETWORK)
TECHNOLOGIES IN FIELD OF EDUCATION** 329

**Мырзалиев Д.С., Сапарбай А.Д., Иманбаева Н.С., Нурмаганбетова А.Т.,
Мажен А.Н.**
**Murzaliyev D.S., Saparbay A.D., Imanbaeva N.S., Nurmaganbetova A.T.,
Magen A.N.**
ЮКГУ им. М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан
КазНТУ им. К.Сатпаева, Алматы, Казахстан
Каспийский университет, Алматы, Казахстан
КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан
M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
K. Satpaev KazNTU, Almaty, Kazakhstan
Caspian University, Almaty, Kazakhstan
Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
СИНТЕЗ ТРАЕКТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ В ОБЩЕМ СЛУЧАЕ
SYNTHESIS TRAJECTORY MECHANISMS IN GENERAL 334

СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ ЖӘНЕ МЕТРОЛОГИЯ

СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ И МЕТРОЛОГИЯ

STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION

Калдыбекова Ж.Б., Нуридинова А.Е., Макулбекова Г.О., Токтабек А.
Kaldybekova Zh.B., Nuridinova A.E., Makulbekova G.O., Toktabek A.
ЮКГУ им. М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан
M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ СТАНДАРТОВ
THE ECONOMIC EFFICIENCY OF STANDARDS 338

Бердиярова Б.А., Тулекбаева А.К., Сабырханов Д.С., Ортаев А.Е.
Berdiyarova B.A., Tulekbayeva A.K., Sabyrkhanov D.S., Ortaev A.E.
Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан

M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНО – ПРАВОВОЙ
БАЗЫ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ХЛОПКОВОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ
PERFECTION THE NORMATIVE AND LEGAL BASE OF PROCESSES
FOR PRODUCTION OF COTTON CELLULOSE**

343

Болысова Г.С., Ешанкулов А.А., Тулекбаева А.К., Ажимуратова А.С.
Bolysova G.S., Eshankulov A.A., Tulekbayeva A.K., Azhimuratova A.S.
Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Республика Казахстан

ЮКФ РГП «Казахстанский институт стандартизации и сертификации»,
Шымкент, Республика Казахстан

M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

RSE "Kazakhstan Institute of Standardization and Certification", Shymkent,
Kazakhstan

**АНАЛИЗ НОРМАТИВНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПРОИЗВОДСТВА
ВЕРБЛЮЖЬЕГО МОЛОКА И ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ
ANALYSIS OF THE COMPONENTS OF PRODUCTION OF CAMEL MILK
AND ITS PRODUCTS**

347

Сарсенбай С.О., Джамалова З.И., Орманова Г.М.
Sarsenbay S.O., Dzhamalova Z.I., Ormanova G.M.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан

M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

**ВНЕДРЕНИЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ КАЧЕСТВА – ПУТЬ
ПОВЫШЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ
INTRODUCTION OF INTERNATIONAL STANDARDS QUALITY - THE
WAY OF INCREASING THE INNOVATIVE COMPANIES CONTROL**

352

Усенова Ж.Н., Тулекбаева А.К., Сабырханов Д.С., Макулбекова Г.
Usenova Zh. N., Tulekbayeva A.K., Sabyrkhanov D.S., Makulbekova G.
Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, г.
Шымкент, Республика Казахстан

M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

**ПРИОРИТЕТНЫЕ ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ КАЗАХСТАНА – ВНЕДРЕНИЕ СТАНДАРТОВ
МЕНЕДЖМЕНТА РИСКОВ
FOREGROUND TASKS FOR PROVISION ECONOMIC SECURITY OF
KAZAKHSTAN - IMPLEMENTATION OF STANDARDS OF RISK
MANAGEMENT**

356

Ешанкулов Ә.А., Турдыбекова Д.А., Есмурзаева Р.М., Ортаев А.Е.
Eshankulov A.A., Turdybekova D.A., Esmurzaeva R.V., Ortaev A.E.
М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан Мемлекеттік Университеті, Шымкент
M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
КҮЗЕТ ҚЫЗМЕТІНІҢ САПАСЫН КВАЛИМЕТРИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ
ТҰЖЫРЫМДАМАСЫ
CONCEPT OF QUALIMETRIC ASSESSMENT OF QUALITY SECURITY
SERVICES

359

БЕЙОРГАНИКАЛЫҚ ЗАТТАРДЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

CHEMICAL TECHNOLOGY OF INORGANIC SUBSTANCES

Сырманова К.К.¹, Ботабаев Н.Е.¹, Калдыбекова Ж.Б.¹, Чарыев Ю.Т.¹,
Мажит А.Т.², Абдуанбай Н.К.²
Syrmanova K.K.¹, Botabaev N. E.¹, Kaldybekova Zh. B.¹, Charyev Y.T.¹,
Majit A.T.², Abduanbai N.K.²

¹Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауэзова

²СШ для одаренных детей Тулькубасского района

¹M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

²Secondary school for gifted children of Tulkibas district

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АДСОРБЦИИ В
ТЕХНОЛОГИЯХ РАЗДЕЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВ
STUDY OF KINETIC PARAMETERS OF ADSORPTION SEPARATION
TECHNOLOGY SUBSTANCES

365

Сатаев М.С., Ауешов А.П., Кошкарбаева Ш.Т., Абдуразова П.А.
Тасбалтаева А.Б.
Satayev M.S., Aueshov A.P., Koshkarbayeva Sh.T., Abdurazova P.A.
Tasbaltaeva A.B.

М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан Мемлекеттік университеті, Шымкент,
Қазақстан

M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ТЕТРААЦЕТАТА СВИНЦА
ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОТОЧНОЙ ДИАФРАГМЫ
ELECTROCHEMICAL SYNTHESIS OF LEAD TETRAACETATE WITH
APPLICATION OF FLOWING BLIND

373

Қараева Д.Ә., Қадірбаева А.А.
Karaeva D.A., Kadirbaeva A.A.

М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент,
Қазақстан

M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

МИКРОЭЛЕМЕНТТЕРІ БАР МИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫҢ
ӨСІМДІКТЕРДІҢ ӨСУІНДЕГІ АЛАТЫН ОРНЫ
THE ROLE OF MINERAL FERTILIZERS WITH MICROELEMENTS
IN PLANT GROWTH

380

Қадірбаева А.А., Сагиндикова Н.Т., Үсенова К.П.
Kadirbaeva A.A., Sagindikova N.T., Usenova K.P.
М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент,
Қазақстан
M. Aueзов South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
МИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫҢАУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫНДА
АЛАТЫН ОРНЫ
THE ROLE OF MINERAL FERTILIZERS IN AGRICULTURE 384

Сейтмағзимов А.А., Сузев Н.А., Сейтмағзимова Г.М., Жанмулдаева Ж.К.
Seitmagzimov A.A., Suzev N.A., Seitmagzimova G.M., Dzhanmuldayeva Zh.K.
Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова,
Шымкент, Казахстан
M. Aueзов South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
ПОЛУЧЕНИЕ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ
ЛИГНИН-СОДЕРЖАЩИХ РАСТВОРОВ ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ
OBTAINING THE PLASTICIZER BASED ON LIGNINE-CONTAINING
SOLUTIONS OF PAPER PRODUCTION 388

ТІРШІЛІК ҚАУІПСІЗДІГІ ЖӘНЕ ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ҚОРҒАУ

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЗАЩИТА
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

LIFE SAFETY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

Серикбаева А.К., Сатаева Л.М., Азимов А.М.
Serikbaeva A.K., Sataeva L.M., Azimov A.M.
Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан
M. Aueзов South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД ВЕРХНЕ-КЕЛЕССКОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ
SANITARY-AND-HYGIENIC ANALYSIS OF THE ECOLOGICAL STATE
OF NATURAL WATERS IN THE UPPER KELES FIELD 394

Исаева А.У., Изтлеуова А.Б., Алимбаева М.К.
Isayeva A.U., Iztleuova A.B., Alymbaeva M.K.
М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент,
Қазақстан
M. Aueзов South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
МИНЕРАЛДЫ ЖӘНЕ ТЕХНОГЕНДІ ШИКІЗАТТАҒЫ СИРЕК
КЕЗДЕСЕТІН ЭЛЕМЕНТТЕРДІ ЗЕРТТЕУ
RESEARCH OF RARE ELEMENTS IN MINERAL AND TECHNOGENE
RAW MATERIALS 397

- Изтлеуова А.Б., Алимбаева М.К.**
Iztleuova A.B., Alymbaeva M.K.
 М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент, Қазақстан
 M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
ТАУКЕНТ УРАН ӨНДЕУ ӨНДІРІСІНІҢ СУ СЫНАМАЛАРЫН МИКРОБИОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ
MICROBIOLOGICAL RESEARCH OF WATER SAMPLES IN THE TAUKENT RECYCLED URANIUM PRODUCTION 403
- Анарбаев Н.А., Тлеуова С.Т., , Анарбаев А.А., Кабылбекова Б.Н., Абдибек А.С.,**
Дауренбекова Г.Д.
Anarbayev N.A., Tleuova S.T., Anarbayev A.A., Kabylbekova B.N., Abdibek A.S., Daurenbekova G.D.
 Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан
 M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ХЛОРИДА НАТРИЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗВРЕДНОГО ЦЕЛЕВОГО ПРОДУКТА
RESEARCHING OF COMPOSITION AND POSSIBILITY OF PROCESSING SODIUM CHLORIDE ON ENVIRONMENTALLY HARMLESS FINAL PRODUCT 405
- Анарбаев Н.А., Тлеуова С.Т., Анарбаев Ж.А., Кабылбекова Б.Н., Абдибек А.С., Дауренбекова Г.Д.**
Anarbayev N.A., Tleuova S.T., Anarbayev Zh.A., Kabylbekova B.N., Abdibek A.S., Daurenbekova G.D.
 Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан
 M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ БЕЗОПАСНОГО КИСЛОТНО-ТЕРМИЧЕСКОГО МЕТОДА РАЗЛОЖЕНИЯ ХЛОРИДА НАТРИЯ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТОЙ
DEVELOPMENT OF ECOLOGICALLY SAFE ACID-THERMAL METHOD OF DECOMPOSITION OF SODIUM CHLORIDE BY PHOSPHORIC ACID 409
- Жарылкасын П.М., Багова З.И., Туребекова Г.З., Наукенова А.С.**
Jarylkasyn P.M., Bagova Z.I., Turebekova G.Z., Naukenova A.S.
 Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова,г. Шымкент,Казахстан
 M.AuezovSouthKazakhstanStateUniversity, Shymkent, Kazakhstan
ВОЗМОЖНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДА НЕФТЕДОБЫЧИ И НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ– СЕРЫ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕЗИН
RECYCLING OF WASTE OIL PRODUCTION AND REFINING – SULFUR BY THE USE IN THE PRODUCTION OF TECHNICAL RUBBERS 414

**Naukenova A.S., Aubakirova T.S., Mizamov N.R., Oralbekova L.M.,
Syrmanova Z.K.**

M. Aueзов South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

**THE ENVIRONMENT IMPROVEMENT USING OF PHOSPHORIC SLAG
AND COMPLEX ADDITIVES IN THE NON-CALCINING CONCRETES**

418

**ЖАҢАРТЫЛҒАН ЭНЕРГЕТИКА, РЕСУРС ЖӘНЕ ЭНЕРГИЯ
ҮНЕМДЕУШІ ТЕХНОЛОГИЯЛАР**

**ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА, РЕСУРСО И
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**RENEWABLE ENERGY, RESOURCE- AND ENERGY-SAVING
TECHNOLOGIES**

Б.Н. Корганбаев, Н.А. Ержанов, Н. Хусанов

B.N. Korganbayev, N.A. Yerzhanov, N. Khusanov

Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауэзова, г.
Шымкент, Республика Казахстан.

South Kazakhstan State University of M. Aueзов, Shymkent, Republic of
Kazakhstan.

**ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ТВЕРДОГО БЕЗДЫМНОГО
ТОПЛИВА**

**STATEMENT OF A PROBLEM OF RECEIVING SOLID SMOKELESS
FUEL**

425

Романенко А.Ф., Турымбетова Г.Д.

Romanenko A.F., Turymbetova G.D.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова
M.Aueзов South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

**АНАЛИЗ ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ МАЛЫХ
ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

**ANALYSIS OF OPERATING EXPERIENCE OF SMALL WIND POWER
INSTALLATIONS**

431

Подписано в печать 27.10.2015 г. Объем 28,5 п.л. Тираж 85

Бумага писчая. Печать офсетная. Заказ № _____

Кафедра ТМО. ЮКГУ им. М.Ауэзова

г. Шымкент, пр. Тауке хана 5, тел. 21-48-77