

ISSN 2518-1726 (Online),  
ISSN 1991-346X (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

# Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА  
СЕРИЯСЫ

◆  
СЕРИЯ  
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ  
◆  
PHYSICO-MATHEMATICAL  
SERIES

2 (312)

НАУРЫЗ – СӘУІР 2017 Ж.  
МАРТ – АПРЕЛЬ 2017 Г.  
MARCH – APRIL 2017

1963 ЖЫЛДЫН ҚАНТАР АЙЫНАН ШЫГА БАСТАҒАН  
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА  
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫГАДЫ  
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД  
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА  
АЛМАТЫ, НАН РК  
ALMATY, NAS RK

**Бас редакторы**  
ф.-м.ғ.д., проф., КР ҮФА академигі F.M. Мұтанов

**Редакция алқасы:**

**Жұмаділдаев А.С.** проф., академик (Қазақстан)  
**Кальменов Т.Ш.** проф., академик (Қазақстан)  
**Жантаев Ж.Ш.** проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Өмірбаев У.У.** проф. корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Жусіпов М.А.** проф. (Қазақстан)  
**Жұмабаев Д.С.** проф. (Қазақстан)  
**Асанова А.Т.** проф. (Қазақстан)  
**Бошкаев К.А.** PhD докторы (Қазақстан)  
**Сұраған Ә.** PhD докторы (Қазақстан)  
**Quevedo Hernando** проф. (Мексика),  
**Джунушалиев В.Д.** проф. (Қыргызстан)  
**Вишневский И.Н.** проф., академик (Украина)  
**Ковалев А.М.** проф., академик (Украина)  
**Михалевич А.А.** проф., академик (Белорус)  
**Пашаев А.** проф., академик (Әзірбайжан)  
**Такибаев Н.Ж.** проф., академик (Қазақстан), бас ред. орынбасары  
**Тигиняну И.** проф., академик (Молдова)

**«КР ҮФА Хабарлары. Физика-математикалық сериясы».**

**ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)**

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Үлттық ғылым академиясы» РКБ (Алматы қ.)  
Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде  
01.06.2006 ж. берілген №5543-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік

Мерзімділігі: жылдан 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,  
[www.nauka-nauk.kz](http://www.nauka-nauk.kz) / [physics-mathematics.kz](http://physics-mathematics.kz)

---

© Қазақстан Республикасының Үлттық ғылым академиясы, 2017

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Г л а в н ы й р е д а к т о р  
д.ф.-м.н., проф. академик НАН РК Г.М. Мутанов

Р е д а к ц и о н на я кол л е г и я:

Джумадильдаев А.С. проф., академик (Казахстан)  
Кальменов Т.Ш. проф., академик (Казахстан)  
Жантаев Ж.Ш. проф., чл.-корр. (Казахстан)  
Умирбаев У.У. проф. чл.-корр. (Казахстан)  
Жусупов М.А. проф. (Казахстан)  
Джумабаев Д.С. проф. (Казахстан)  
Асанова А.Т. проф. (Казахстан)  
Бошкаев К.А. доктор PhD (Казахстан)  
Сураган Д. доктор PhD (Казахстан)  
Quevedo Hernando проф. (Мексика),  
Джунушалиев В.Д. проф. (Кыргызстан)  
Вишневский И.Н. проф., академик (Украина)  
Ковалев А.М. проф., академик (Украина)  
Михалевич А.А. проф., академик (Беларусь)  
Пашаев А. проф., академик (Азербайджан)  
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Казахстан), зам. гл. ред.  
Тигиняну И. проф., академик (Молдова)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая».

**ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)**

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,  
[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz) / [physics-mathematics.kz](http://physics-mathematics.kz)

---

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

**Editor in chief**  
doctor of physics and mathematics, professor, academician of NAS RK **G.M. Mutanov**

**Editorial board:**

**Dzhumadildayev A.S.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Kalmenov T.Sh.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Zhantayev Zh.Sh.** prof., corr. member. (Kazakhstan)  
**Umirkayev U.U.** prof. corr. member. (Kazakhstan)  
**Zhusupov M.A.** prof. (Kazakhstan)  
**Dzhumabayev D.S.** prof. (Kazakhstan)  
**Asanova A.T.** prof. (Kazakhstan)  
**Boshkayev K.A.** PhD (Kazakhstan)  
**Suragan D.** PhD (Kazakhstan)  
**Quevedo Hernando** prof. (Mexico),  
**Dzhunushaliyev V.D.** prof. (Kyrgyzstan)  
**Vishnevskyi I.N.** prof., academician (Ukraine)  
**Kovalev A.M.** prof., academician (Ukraine)  
**Mikhalevich A.A.** prof., academician (Belarus)  
**Pashayev A.** prof., academician (Azerbaijan)  
**Takibayev N.Zh.** prof., academician (Kazakhstan), deputy editor in chief.  
**Tiginyanu I.** prof., academician (Moldova)

**News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.**

**ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)**

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)  
The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5543-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,  
[www.nauka-nauk.kz](http://www.nauka-nauk.kz) / [physics-mathematics.kz](http://physics-mathematics.kz)

---

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2017

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

**NEWS**

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES**

ISSN 1991-346X

Volume 2, Number 312 (2017), 58 – 63

UDC 536.46:532.517.4

**A.S. Askarova, S.A. Bolegenova, S.A. Bolegenova,  
V.Yu. Maximov, Sh.S. Ospanova**

Al-Farabi Kazakh national university, Almaty  
Bolegenova.symbat@kaznu.kz

**NUMERICAL MODELING OF BURNING PULVERIZED COAL  
IN THE COMBUSTION CHAMBER OF THE BOILER PK 39**

**Annotation.** In the cities of Kazakhstan, the atmospheric air is polluted by many harmful ingredients, particularly it is an acute problem for the city of Almaty, where a high level of pollution contributes to the total emissions of vehicles, industrial enterprises, as well as the unique geographical conditions of the city. Among the heat sources the bulk of emissions at major sources district heating CHP plants at different levels, district heating plants, etc.

Heat power engineering of Kazakhstan is focused on the use of high-ash coal, primarily of Ekibastuz basin, where there is active mining of cheap coal by open method. Due to the adopted technology of production of high-ash coal from Ekibastuz field and use them without prior enrichment, the natural environment experiences significant anthropogenic pressure. A large part of the coal, for example, from Ekibastuz has a low quality, high ash content. The ash content of domestic coal reaches 10-55%. Accordingly, the dust content of flue gases changes, reaching for high-ash coal of 60-70 g/m<sup>3</sup>.

**Keywords:** combustion chamber, boiler, burners, solid fuel, high-ash coal, pulverized condition, combustion, aerodynamics, numerical simulation, computational experiment.

УДК 536.46:532.517.4

**А.С. Аскарова, С.А. Болегенова, С.А. Болегенова,  
В.Ю. Максимов, Ш.С. Оспанова**

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ  
СЖИГАНИЯ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА  
В ТОПОЧНОЙ КАМЕРЕ КОТЛА ПК 39**

**Аннотация.** В городах Казахстана атмосферный воздух загрязнен многими вредными ингредиентами, особенно остро эта проблема стоит для города Алматы, где высокому уровню загрязнения способствует суммарный выброс автотранспорта, промышленных предприятий, а также уникальные географические условия города. Среди теплознегисточников основная доля выбросов приходится на крупные источники централизованного теплоснабжения: ТЭЦ, ГРЭС разных уровней, районные котельные и т.п.

Теплоэнергетика Казахстана ориентирована на использование высокозольных углей, преимущественно Экибастузского бассейна, где ведется добыча дешевых углей открытым способом. В результате принятой технологии добычи высокозольных углей Экибастузского месторождения и использования их без предварительного обогащения природная среда испытывает значительную антропогенную нагрузку. Большая часть угля, например, из Экибастуза, имеет низкое качество - высокую зольность. Зольность отечественных углей достигает 10-55%. Соответственно изменяется и запыленность дымовых газов, достигая для высокозольных углей 60-70 г/м<sup>3</sup>.

**Ключевые слова:** топочная камера, котел, горелки, твердое топливо, высокозольный уголь, пылевидное состояние, горение, аэродинамика, численное моделирование, вычислительный эксперимент.

Значительный интерес для энергетики представляют исследования в области минимизации антропогенного воздействия на среду, разработка новых и совершенствование существующих технологических процессов, обеспечивающих снижение выбросов в атмосферу загрязняющих веществ и одновременно улучшение основных показателей энергетических комплексов. В этой связи исследования по разработке оптимальных технологических процессов сжигания твердого топлива и использование альтернативных методов организации процесса горения различных видов топлив являются в настоящее время наиболее актуальными для всего энергетического комплекса Республики Казахстан.

Основным направлением совершенствования пылеугольного горения и использования альтернативных видов топлива является выполнение жестких экологических требований по удельным выбросам вредных веществ с отработанными газами котельных установок. И на этом этапе создание технологий, позволяющих описать основные процессы формирования вредных пылегазовых выбросов и разработка рекомендаций по их снижению, является актуальной задачей исследователей.

В работе приводятся результаты моделирования конвективного тепломассопереноса при ступенчатом сжигании пылеугольного топлива и его аэродинамические характеристики. Весь численный эксперимент был проведен для топочной камеры котла ПК 39. В качестве топлива использовался высокозольный казахстанский уголь Экибастузского угольного бассейна.

Как было сказано выше, на этом котле установлено 12 вихревых горелок. Вихревые горелки по принципу действия можно считать индивидуальными. В топках, в которых они используются, зажигание факела и процесс выгорания организуются преимущественно с помощью самих горелок и в меньшей мере компоновкой их в топке. Поэтому работа топки, в особенности на начальном участке, может быть экспериментально исследована на стенде с одиночной горелкой.

Получение аэродинамических характеристик отдельного факела и потоков движения газов в топочной камере позволяет с достаточной степенью приближения оценить эффективность организации топочного процесса и использовать эти данные при численном моделировании. А поскольку на горизонтальном участке факела (2-3 диаметра горелки) может выгорать примерно до 90% топлива, то при математическом моделировании процессов конвективного тепломассопереноса в камерах сгорания очень важно правильно задать начальные и граничные условия по скорости, которые бы соответствовали принятой на котле схеме сжигания.

Основные условия правильной организации топочного процесса определяются в известной мере аэродинамикой топочного пространства, которая, в свою очередь, зависит от формы и размеров топочной камеры, а также от конструкции, режимов работы и компоновки горелочных устройств. Особенностью потоков в вихревом факеле при сильной крутке является возникновение встречного течения в приосевой области струи вблизи от насадка. Наличие зоны обратных токов топочных газов, аналогичной следу за плохо обтекаемым телом, играет, как известно, основную роль в явлениях стабилизации пламени, т.к. от теплосодержания этих газов зависит прогрев топлива, выход летучих и их воспламенение. Чем дальше от устья горелки начнется формирование зоны осевых обратных токов, тем больше вероятность попадания в нее высокотемпературных топочных газов. При этом прогревается не вся струя, а только те ее слои, которые расположены вблизи границы зоны осевых обратных токов. Тепло от сгорания летучих и мелкой фракции коксового остатка в этой области идет на прогрев соседних слоев топливовоздушной смеси и т.д [1-4].

Были рассчитаны поля вектора полной скорости по всему объему камеры сгорания, которые представлены на рисунках 1–4 в трехмерном изображении для различных сечений топочной камеры. Полученные скоростные поля позволяют наглядно проанализировать движение реагирующих потоков в топочном пространстве в различных сечениях. Поля вектора полной скорости  $v = \sqrt{U^2 + V^2 + W^2}$  показывают величину скорости течения среды и ее направление в каждой точке.

Рисунок 1 иллюстрирует картину распределения скоростей в продольном сечении топочного пространства, и характеризует поведение пылеугольного потока внутри камеры сгорания. Отчетливо видны области подачи топлива с различными скоростями через горелки двух ярусов. В центре выделяется зона, в которой наблюдается сгущение линий потока, что способствует

улучшению смесеобразования и повышению интенсивности тепломассообмена в этой области. Как видно из рисунка 1 ядро факела смешается к центру топочного пространства и определяется областью столкновения потоков из противогорелок. Ниже плоскости сечения горелок потоки от горелок совместно с потоком неорганизованного воздуха, подсасываемого из нижней воронки образуют встречные вихри со скоростями, направленными вниз в плоскости (XY). В области этой воронки наблюдается возвратное течение вверх. Эти потоки воздуха, поступая в нижний вихрь, понижают температуру поджигающих газов, что существенно может сказаться на температурных и концентрационных условиях для воспламенения и горения в основной зоне. По мере удаления от области распространения струй из горелок поле скоростей выравнивается и к выходу скорость газов снижается.

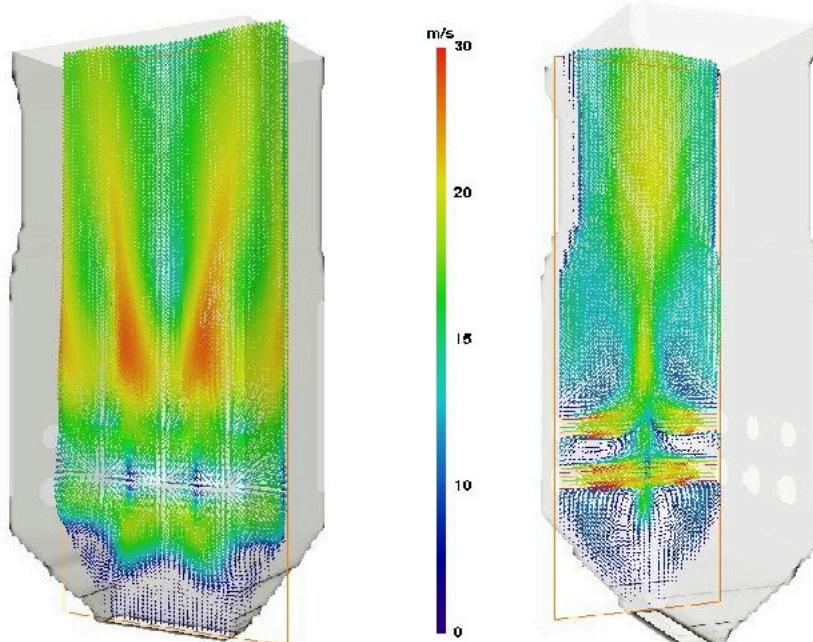
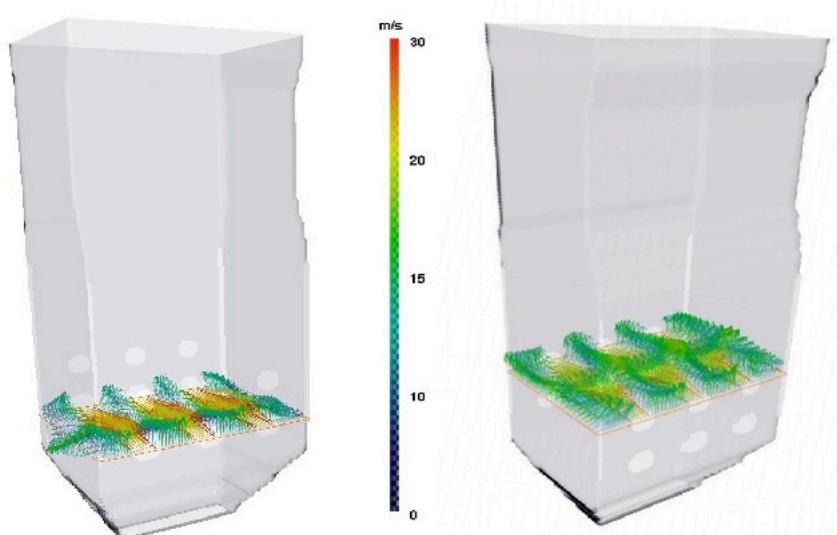


Рисунок 1 – Вектор полной скорости в продольном сечении топочной камеры котла ПК-39



а) Сечение  $Z = 7,32$  м

б) Сечение  $Z = 10,12$  м

Рисунок 2 – Трехмерное поле вектора полной скорости в сечении горелок топочной камеры котла ПК-39

Закрученные струи, подающие в топливо через встречные горелки, расположенные в плоскости (XY) при  $Z = 7,32$  м (рисунок 2а) и  $Z = 10,12$  м (рисунок 2б), создают объемное завихренное течение в центральной области топочной камеры. Часть потока под небольшим углом направляется вниз, развиваясь в два вихря (рисунки 1-2). Благодаря интенсивному вихревому движению пылегазовых потоков внутри топочной камеры существенно возрастает время пребывания частиц топлива в топке, что позволяет добиться более полного выгорания, а в техническом плане возможно применение угольной пыли более крупных фракций.

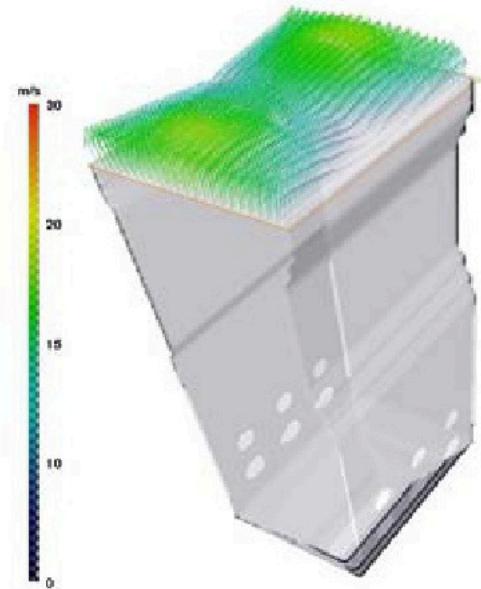


Рисунок 3 – Трехмерное поле вектора полной скорости на выходе из камеры  $Z = 29,79$  м котла ПК-39

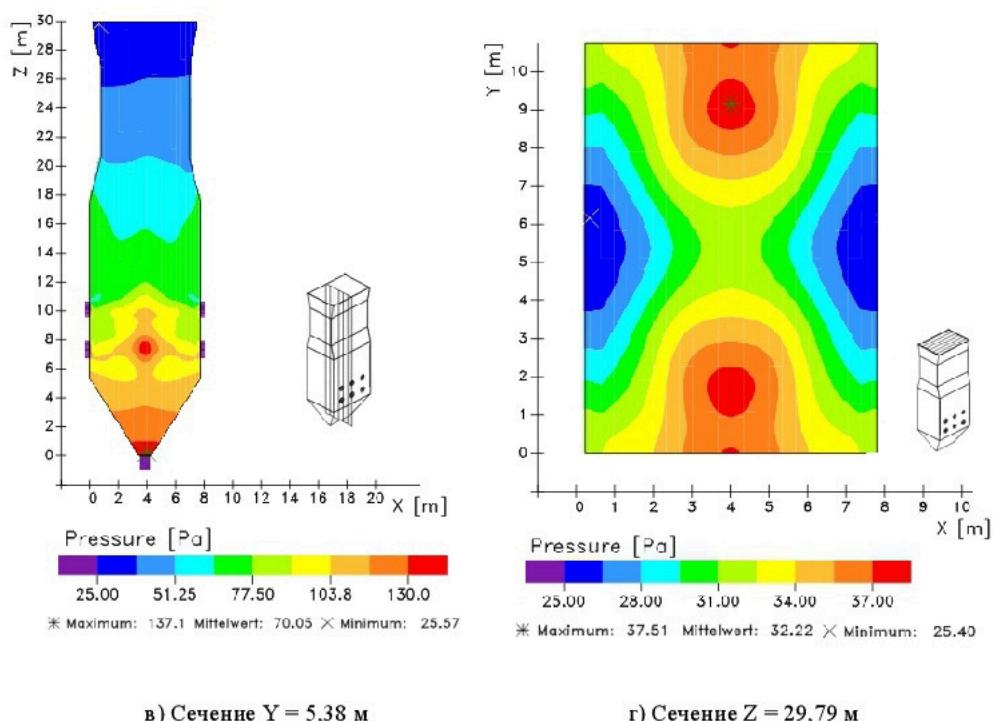


Рисунок 4 – Распределение давления в топочной камере в различных сечениях котла ПК-39

Глубокое взаимное проникновение встречных струй и наличие поперечных градиентов скорости турбулизирует поток. Значительная турбулизация потока имеет место при хорошем заполнении топочного пространства, а, следовательно, при увеличенном времени пребывания горючей смеси в топочном пространстве. Наличие вращения потоков в пристеночной зоне способствует равномерному обогреву поверхностей и снижению шлакования экранов, что позволяет уменьшить коррозию и тепловой перегрев.

По мере удаления от плоскости расположения горелок поле скоростей выравнивается, восходящий поток расширяется, и вихревой характер течения ослабевает (рисунок 3). К выходу из топочной камеры восходящий поток интенсивно расширяется и на выходе равномерно распределяется по всему.

Распределение давления в продольном сечении топочной камеры и на выходе из нее представлено на рисунке 4. Как видно из рисунков, наиболее сильное изменение давления происходит в области расположения горелок, т.е. в области подачи топлива и окислителя. По мере удаления от этой области горелок давление монотонно убывает и на выходе среднее расчетное значение составляет величину  $p \sim 25,4$  Па.

Проведенные численные исследования аэродинамических характеристик процесса горения в топочном пространстве свидетельствуют о сложности протекающего процесса. Полученные результаты говорят о том, что в зоне расположения горелок имеется вихревое течение, обусловленное расположением горелочных устройств и вихревым способом подачи пылеугольных потоков в топочное пространство. Наличие вихревого движения обеспечивает более быстрое зажигание и стабилизацию пламени. Вихревой характер движения потоков внутри топочной камеры приводит к усилинию зажигания факела на выходе из горелочного устройства, а усиленный тепломассообмен в вихре интенсифицирует выгорание. При этом удается добиться равномерного обогрева поверхностей топочной камеры и снизить их шлакование, что продлевает срок действия оборудования. При таком способе организации распространения пылегазовых потоков в топочном пространстве создаются благоприятные условия для интенсификации процесса горения.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Askarova A.S., Bolegenova S.A., Maximov V.Yu., Bekmukhamet A., Sh. Ospanova Numerical research of aerodynamic characteristics of combustion chamber BKZ-75 mining thermal power station // Journal Procedia Engineering. – Prague, 2012. – № 42. – P. 1365-1370.
- [2] Askarova A.S., Lavrishcheva Y., Messerle V., Ustimenko A., Karpenko, E. Plasma-Supported Coal Combustion in Boiler Furnace // J. "Plasma Scince", IEEE Transactions, 2007. –Vol. 35, №6. – P. 1607-1616.
- [3] Askarova A., Bolegenova S., Bekmukhamet A., Maximov V., Beketayeva M., Ospanova Sh. Gabitova Z.K. Investigation of turbulence characteristics of burning process of the solid fuel in BKZ 420 combustion chamber // WSEAS Transactions on Heat and Mass Transfer. – 2014. Vol. 9. – P.39-50.
- [4] Askarova A.S., Bolegenova S.A., Maximov Yu.V., Bekmukhamet A., Beketaeva M.T., Gabitova Z.Kh. Control of harmful emissions concentration into the atmosphere of megacities of Kazakhstan Republic // 2014 International Conference on Future Information Engineering (FIE 2014), IERI Procedia. – Beijin, 2014. P. 252-258.

#### REFERENCES

- [1] Askarova A.S., Bolegenova S.A., Maximov V.Yu., Bekmukhamet A., Sh. Ospanova Numerical research of aerodynamic characteristics of combustion chamber BKZ-75 mining thermal power station. *Journal Procedia Engineering*. Prague, 2012. 42. 1365-1370.
- [2] Askarova A.S., Lavrishcheva Y., Messerle V., Ustimenko A., Karpenko, E. Plasma-Supported Coal Combustion in Boiler Furnace. *J. "Plasma Scince"*, IEEE Transactions. 2007. 35.6. 1607-1616.
- [3] Askarova A., Bolegenova S., Bekmukhamet A., Maximov V., Beketayeva M., Ospanova Sh. Gabitova Z.K. Investigation of turbulence characteristics of burning process of the solid fuel in BKZ 420 combustion chamber. *WSEAS Transactions on Heat and Mass Transfer*. 2014. 9. 39-50.
- [4] Askarova A.S., Bolegenova S.A., Maximov Yu.V., Bekmukhamet A., Beketaeva M.T., Gabitova Z.Kh. Control of harmful emissions concentration into the atmosphere of megacities of Kazakhstan Republic. *International Conference on Future Information Engineering (FIE 2014)*, IERI Procedia. Beijin. 2014. 252-258.

---

ӘОЖ: 536.46:532.517.4**Ә.С. Асқарова, С.Ә. Бөлекенова, С.Ә. Бөлекенова, В.Ю. Максимов, Ш.С. Оспанова**

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

**ПК-39 ҚАЗАНДЫҒЫНЫҢ ЖАНУ КАМЕРАСЫНДАҒЫ ШАҢ ТОЗАҢДЫ ҚӨМІР ОТЫНЫН ЖАҒУ ПРОЦЕСІН САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕУ**

**Аннотация.** Қазақстан қалаларында атмосфералық ауа көптеген зиянды қоспалармен ластанған, әсіресе бұл мәселе Алматы қаласы үшін өзекті болып табылады, себебі ластанудың жоғары деңгейіне автокөліктегердің, өнеркәсіптік қесіпорындарының қалдықтарының қосылып шығарылуы, сондай-ақ қаланың қолайлы географиялық орналасуы әсер етеді. Жылу энергия көздерінің ішінде қалдықтардың негізгі үлесі орталықтанған жылумен жабдықтау көздеріне кіреді: ЖЭО, әртүрлі деңгейдегі МАЭС, аудандық қазандықтар және т.б.

Қазақстан жылуенергетикасы құлділігі жоғары көмірлерді қолдануға бағытталған, Екібастұз алабындағы ашық әдіс арқылы алынатын арзан көмір есебінен жүргізіледі. Екібастұз өнірінің құлділігі жоғары көмірін пайдалану технологиясы мен оларды алдын ала байытуының қолдану нәтижесінде қоршаған орта елеулі антропогендік қысым көруде. Көмірдің көп бөлігі, мысалы Екібастұз көмірінің сапасы төмен, ал құлділігі жоғары. Отандық көмірлердің құлділігі 10-55% жетеді. Сәйкесінше тұтіндік газдың тозаңдылығы өзгереді, құлділігі жоғары көмірлер үшін 60-70 г/м<sup>3</sup> жетеді.

**Түйін сөздер:** жану камерасы, қазандық, жанаарты, құлділігі жоғары көмір, шаңдық күй, жану, аэродинамика, сандық модельдеу, сандық тәжірибе.

## МАЗМУНЫ

Джумабаев Д.С., Жармагамбетов А.С. Фредгольм интегро-дифференциалдық теңдеуі үшін сыйықтық шеттік есепті шешудің сандық әдісі.....	5
Асанова А.Т., Иманчиев А.Е., Қадірбаева Ж.М. Жүктелген дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін көпнұктелі есептің бірмәнді шешілімділігі туралы .....	12
Дауылбаев М. К., Джумабаев Д. С., Атакан Н. Сингулярлы ауытқыған интегралды-дифференциалдық теңдеуге ариалған шекаралық есептің асимптотикалық бейнелеуі.....	18
Асқарова Ә.С., Бөлекенова С.Ә., Бөлекенова С.Ә., Максимов В.Ю., Оспанова Ш.С. ПК-39 және БКЗ-160 қазандықтарының жану камераларының аэродинамикасы мен жылу масса алмасуын зерттеу.....	27
Әбішев М.Е., Токтарбай С., Абылаева А.Ж., Талхат А.З., Белисарова Ф.Б. Екі массивті айналмалы дene ерісіндегі айналмалы сынақ дene орбитасының орнықтылығы7.....	39
Ақжасітова Э.М., Құрманғалиева В.О., Арбузов А.Б. Мионның радиациялық ыдырауын модельден тәуелсіз түрде сипаттау .....	54
Асқарова Ә.С., Бөлекенова С.Ә., Бөлекенова С.Ә., Максимов В.Ю., Оспанова Ш.С. ПК-39 қазандығының жану камерасындағы шаң тозаңды көмір отынын жағу процесін сандық модельдеу.....	58
Әбішев М., Малыбаев А., Кеведо Э. Мінсіз газдың геометротермодинамикасы.....	64
Шыныбаев М.Д., Беков А.А., Рахимжанов Б.Н., Моминов С.Б., Сәдібек А.Ж., Даирбеков С.С., Жолдасов С.А. Хилдыш өкініші есебіндегі ұйытқулы шенбер типтес орбиталар.....	69
Асқарова А.С., Болекенова С.А., Болекенова С.А., Максимов В.Ю., Максутханова А.М., Турбекова А.Г., Бейсенов Х.И. БКЗ-160 жану камерасындағы термохимиялық-газдандастырылған көмір жануын зерттеудің есептесі эксперименті.....	75
Салғараева Г.И., Базарбаева А. Білім берудегі Steam жүйесі және робототехника.....	81
Ақылбаев М.И., Пархатова С., Шалданбаев А.Ш. Бірлесіп толықкан операторлар .....	87
Шыныбаев М.Д., Даирбеков С.С., Жолдасов С.А., Алиасқаров Д.Р., Мырзакасова Г.Е., Сәдібек А.Ж. Жердің жасанды серігінің сүле қысымынан алған ұйытқуын Делоне элементтеріндегі есепке алу.....	99
Қабылбеков К.А., Аширбаев Х.А., Абекова Ж.А., Омашова Г.Ш., Қыдырбекова Ж.Б., Джумагалиева А.И. Соққы құбылысының зерттеуге ариалған компьютерлік зертханаңың жұмысты ұйымдастырылған бланкі үлгісі.....	104
Қожамқұлова Ж.Ж., Аманкелдікызы Н., Кабаева Да.А. Болашақ мұғалімдердің кәсіби дайындауда қолданылатын ақпараттық технологиялар және олардың даму болашағы.....	110
Қошанов Б.Д., Әділбеков Е.Н., Дүйсен Е. Шектелмеген облыста пущсон және Бигармониалы теңдеулер үшін Дирихле есебі шешімдер кеңістігінің өлшемі – I.....	116
Қошанов Б.Д., Әділбеков Е.Н., Дүйсен Е. Шектелмеген облыста Пущсон және бигармониалы теңдеулер үшін Дирихле есебі шешімдер кеңістігінің өлшемі – II.....	126
Сапрыгина М.Б., Ақылбаев М.И., Шалданбаев А.Ш. Штурм-Лиувилл операторының периодты кері есебі.....	132
Қойшиева Т.Қ., Қожамқұлова Ж.Ж., Сабит Б. Жоғары оку орнында болашақ мұғалімдерді объектілі-бағдарлы жобалау негізінде касіби дайындау моделі.....	146
Исаева Г.Б., Бейсенова А.М. Виртуалды машина және виртуалды машина ерекшеліктері мен виртуалдану деңгейлері жайлы жалпы мәселелер.....	153
Сарсенбаев Х.А., Хамзина Б.С., Колдасова Г.А., Исаева Г.Б. Көлденең ұңғымалардың өнімдік қабатын тиімді ашу үшін биополимерлі бұрылау ертіндісін қолдану .....	161
Галымды еске алу	
Э.Г. Босс.....	166