

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



ҚазҰТУ ХАБАРШЫСЫ _____

_____ **ВЕСТНИК КазНУ**

VESTNIK KazNRTU _____

№2 (126)

Главный редактор
И. К. Бейсембетов – ректор

Зам. главного редактора
Б.К. Кенжалиев – проректор по науке

Отв. секретарь
Н.Ф. Федосенко

Редакционная коллегия:

С.Б. Абдыгаппарова, Б.С. Ахметов, З.С. Абишева- акад. НАНРК, Л.Б. Атымтаева, Ж.Ж. Байгунчеков- акад. НАНРК, А.Б. Байбатша, А.О. Байконурова, В.И. Волчихин (Россия), К. Дребеншted (Германия), Г.Ж. Жолтаев, Р.М. Искаков, С.Е. Кудайбергенов, С.Е. Кумеков, В.А. Луганов, С.С. Набойченко – член-корр. РАН, И.Г. Милев (Германия), С. Пежовник (Словения), Б.Р. Ракишев – акад. НАН РК, М.Б. Панфилов (Франция), Н.Т. Сайлаубеков, А.Р. Сейткулов, Фатхи Хабаши (Канада), Бражендра Мишра (США), Корби Андерсон (США), В.А. Гольцев (Россия), В. Ю. Коровин (Украина), М.Г. Мустафин (Россия), Фан Хуаан (Швеция), Х.П. Цинке (Германия), Т.А. Чепуштанова, Г.Ж. Елигбаева, Б.У. Куспангалиев

Учредитель:

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Регистрация:

Министерство культуры, информации и общественного согласия
Республики Казахстан № 951 – Ж “25” 11. 1999 г.

Основан в августе 1994 г. Выходит 6 раз в год

Адрес редакции:

г. Алматы, ул. Сатпаева, 22,
каб. 616, тел. 292-63-46
Nina. Fedorovna. 52 @ mail.ru

- [13] Красник В. В. Основы безотказной работы электропривода на предприятиях. – М.: Легкая индустрия, 1975. – 264 с.
- [14] Концепция стратегии ОАО РАО «ЕЭС России» на 2003–2008 гг. «5+5» // Вести в электроэнергетике. – 2003. – № 4 – С. 20.
- [15] Антонов О.Б. Энергосбережение, энергоэффективность и энергоменеджмент в Казахстане. – М.: Самиздат, 2014. – 69 с.

Оспанова Ш. С., Нурмуханова А. З., Рахат Б., Турбекова А., Арыстан А., Тургынов М.

Энергия үнемдеу табиғат ресурстарын сақтау және қоршаған ортаны қорғаудың маңызды мәселесі ретінде

Түйіндеме. Аталған мақалада өндіріс пен өнеркәсіптік алуан түрлі салаларындағы энергия үнемдеу мен энергия тиімділігін арттыру сауалдары қарастырылады. Табиғат ресурстарын сақтау және қоршаған ортаны қорғау шеңберінде энергетикалық ресурстарды тиімді тұтынудың экономикалық, экологиялық және әлеуметтік артықшылықтарын бейімдеу нәтижелері, тұрғын-үй коммуналдық шаруашылық секторының әр түрлі сегменттеріне энергоменеджментті бейімдеу бойынша талдау нәтижелері келтірілген.

Түйінді сөздер: энергия үнемдеу, энергия тиімділік, экология, ресурстар.

Ospanova Sh., Nurmukhanova A., Rakhat B., Turbekova A., Arystan A., Turgynov M.

Energy saving as an important task for conserving natural resources and environmental protection

Summary. This article deals with energy conservation and energy efficiency in various industries and industries. In the context of conservation of natural resources and environmental protection, the results of introducing economic, ecological and social benefits of efficient use of energy resources and analysis of the implementation of energy management in various segments of the housing and communal services were also considered.

Key words: energy saving, energy efficiency, ecology, resources.

УДК: 536.46:532.517.4

Ғ. Төлеуов, М. С. Исатаев, А. Б. Оралбаев, А. Артықбаева, М. Алтайқызы, Ш. Асильбекова
(Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Алматы, Республика Қазақстан)

ШЫҒАР ҚИМАСЫ КВАДРАТ ФОРМАЛЫ СОПЛОДАН АҒЫП ШЫҒАТЫН ЕРКІН ТУРБУЛЕНТТІ АҒЫНШАНЫ ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Шығар қимасы квадрат формалы соплодан ағып шығатын еркін турбулентті ағынша жылдамдықтың дыбысқа дейінгі диапазонында әлі кең түрде зерттелмей келеді. Егер де квадрат формалы шығар қиманың екі қарама-қарсы жағын тұрақты қылып ұстап, оларға перпендикуляр екі жағын созатын болсақ, онда тік-төртбұрышты соплоны аламыз (анықтауыш параметр – созылу параметрі λ , мұндағы $\lambda = a/b$, a – шығар қиманың ұзындығы; b – шығар қиманың ені). Мұндай соплодан шығатын ағынша үшөлшемді. Осындай үшөлшемді турбуленттік еркін ағыншалар жалпы молынан зерттелген [1-12]. Ал, бас жақта айтылған шығар қимасы квадрат формалы соплодан таралатын ағыншаны алатын болсақ ($\lambda=1$), онда осы бағытты қамтитын кейбір аздаған жұмыстарды ғана атап кетуге болады [5; 10; 14-17]. Аз зерттелгендік осы мәселемен айналысуға арқау болады.

Түйін сөздер: сопло, еркін ағынша, турбулентті ағыс, эксперименттік зерттеу.

Эксперименттік зерттеулер үшін аппаратура

Тәжірибе 1 суретте көрсетілген қондырғы көмегімен жүргізілді.

(1) желдеткіштен шыққан ауа (2) вибросөндіруші өтпеден (3) тыныштық камерасына келіп түсіп, содан соң (4) және (5) торлар арқылы квадрат формалы шығыс кескіні бар (6) соплодан ағып шығады.

Ағыншаның негізгі бөлігі көлеңкелі аспап ИАБ-451-дің жұмысшы бөлігінде орналасқан. Оның көмегімен ағыстың көлеңкелі лездік суретін зерттеуге болады. Ағыншаға әсер ету тыныштық камерада ағыншаның шығыс кескініне фронтальді түрде орналасқан, қуаты 50 Вт болатын (7) динамик көмегімен іске асырылды.

(13) дыбыс генераторынан динамикке синусоидалы сигнал беріледі, соған байланысты ағыншаның шығыс кескінінде таңдап алынған жиіліктегі жылдамдықтың синусоидалы тербелісі пайда болады.

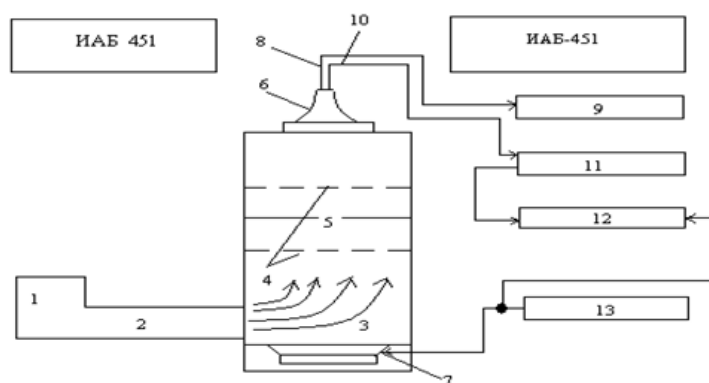
Орташа жылдамдық пен динамикалық қысымды өлшеу үшін Пито түтігі мен ММН-240 маркалы (9) микроанометр қолданылды.

Жұмыста термоанемометрлік блок жүйесі қолданылды. Ол сызықтандырылған шығыс сигналды жылдамдығы бар қосарналы термоанемометрлік жүйеден, температураны түрлендіргіштен, (12) фазалық таңдау блогынан тұрады.

Соплоның симметриялық үш өсі бойымен Пито түтікшесі мен датчиктің орналасуы үшөлшемді координатник көмегімен жүзеге асырылады.

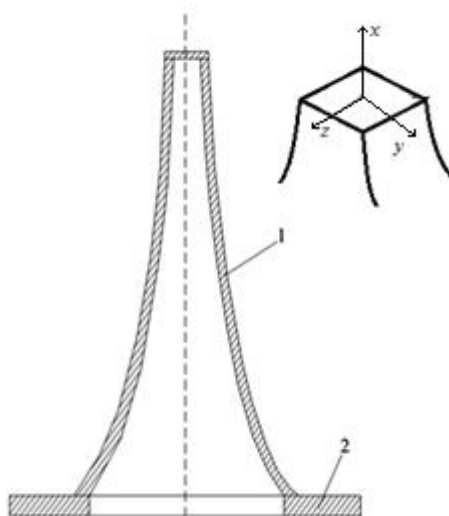
Витошинский формуласы бойынша профилденген шығар қимасы квадрат формалы соплоның конструкциясы 2 суретте көрсетілген (суретке қосымша координата өстері салынды). Соплоның сығылу дәрежесі $c = 10$ ($c = F_1 / F_2$, мұндағы F_1 -соплоның кіру ауданы, F_2 -оның шығу ауданы), соплоның биіктігі 90 мм-ге тең.

Жұмыста шығар қимасы дөңгелек формалы сопло да қолданылды (шығу ауданының диаметрі $d_{\text{дөң.}} = 22,57$ мм). Соплоның сығылу дәрежесі жоғарыдағыдай, биіктігі де сондай. Квадрат формалы соплоның тиімді диаметрі (эффективті диаметр) жуықтап алғанда дөңгелек соплоның диаметріндей. Мұндағы $d_{\text{эфф.}} = 2\sqrt{a \cdot b / \pi}$.



1-желдеткіш; 2-вибросөндіруші өтпе; 3-тыныштық камерасы; 4-түзету торлары; 5-қызыдырылатын тор; 6-сопло; 7-динамик; 8-Пито түтікшесі; 9-микроанометр; 10-датчик; 11-СТМ-02 типті термоанемометрлік блок жүйесі; 12-фазалық таңдау блогы; 13-дыбыстық генератор

1-сурет. Тәжірибелік қондырғының сызбасы



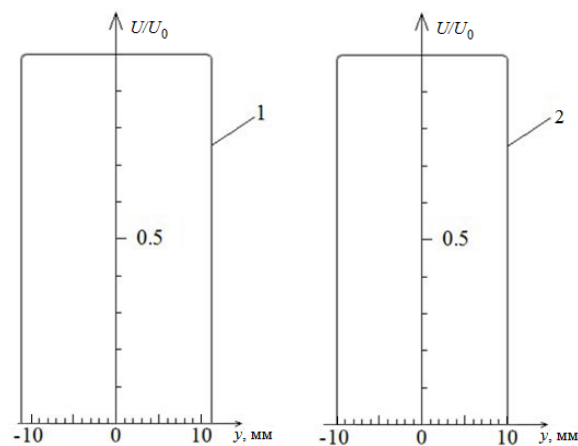
1- сопло қабырғасы; 2 - сопло тағаны.

2-сурет. Шығар қимасы квадрат формалы соплоның конструкциясы

Алынған нәтижелер және олардың анализі

Жұмыс барысында микроанометр алдын-ала тарировкаланылды.

Микроанометр тарировкаланып болғаннан кейін өлшеулер жүргізуге қолданылды. Мысалы, онымен соплоның шығар қимасында жылдамдықтың таралуы өлшенді. Есептеудің көрсетуі бойынша соплоның шығар қимасында жылдамдықтың таралуы барлық жағдайда бірдей. 3 суретте шығар қималары дөңгелек және квадрат соплолардың шығар бетіндегі U/U_0 профильдерінің (U – жылдамдықтың бойлық құраушысы; U_0 – шығар қимадағы бастапқы жылдамдық) бірқатар үздіксіз жазылымдары көрсетілген.



1 - шығар қимасы дөңгелек сопло ($d_{\text{дон}} = 22,57$ мм);
2 - шығар қимасы квадрат сопло – $\lambda = 1$.

3-сурет. Соплоның шығар қимасындағы жылдамдықтың таралуы

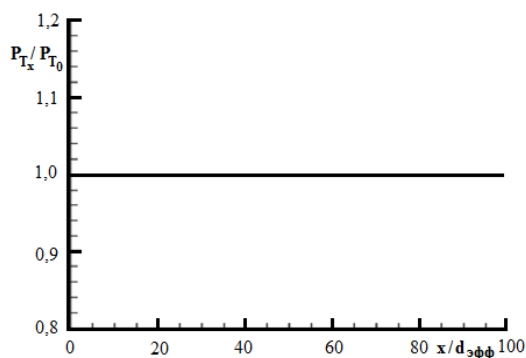
Айта кететін бір мәселе – соплоның ішкі бүйір беттерінде пайда болатын шекаралық қабатты ескере отырып, соплоның шығар қимасында жылдамдық профилін анықтау кезінде жұқа қабырғалы түтікшеден жасалған, шет жақтары жазық микротүтікше қолданылды. Микротүтікшенің шығар жері мейілінше сығылған.

Тәжірибелер көрсеткендей, ағыншадағы статикалық қысым өзгеріссіз қалады және ол қоршаған ортаның қысымына тең. Осының нәтижесінде ағыншаның барлық қималарындағы толық импульс тұрақты болып қалуы тиіс. Дөңгелек қимасы бар ағынша үшін

$$2\pi\rho \int_0^{\delta} yU^2 dy = J_x = \text{const} , \quad (1)$$

мұндағы δ – ағыншаның сыртқы шекарасының радиусы, ρ – заттың тығыздығы.

Осындай нәтиже квадрат формалы соплодан шығатын ағынша үшін де тәжірибе жүзінде алынды (4 сурет).



P_{Tx} – ағыншаның x қимасындағы толық импульс; P_{T0} – шығар қимадағы толық импульс

4 сурет. x координат өсінің бағытындағы тұрақты импульс

Жоғарыдағы импульстің сақталу заңын басқаша түрде жазуға болады [13]:

$$2 \pi \rho U_m^2 x^2 \int_0^{\frac{\delta}{x}} \left(\frac{U}{U_m} \right)^2 \frac{y}{x} \cdot \frac{dy}{x} = \text{const} , \quad (2)$$

мұндағы U_m – ағыншаның өсі бойындағы жылдамдық.

Тәжірибе көрсететіндей, ағыншаның негізгі бөлімшесінде жылдамдықтың профильдері ұқсас.

Жылдамдықтың профильдерінің универсалдылық қасиетінен, таңдап алынған нүктедегі $\frac{U}{U_m}$ өлшем-

сіз жылдамдық осы нүкте арқылы ағыншаның полюсінен жүргізілген сәуленің өлшемсіз координатына ғана тәуелді екендігі шығады:

$$\frac{U}{U_m} = f\left(\frac{y}{x}\right). \quad (3)$$

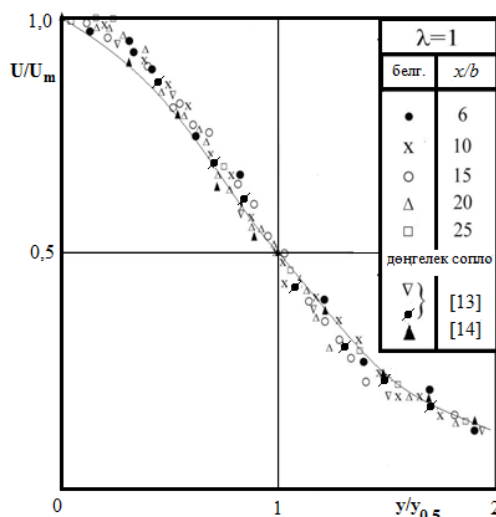
Бұдан мынаны аламыз:

$$\int_0^{\frac{\delta}{x}} \left(\frac{U}{U_m} \right)^2 \frac{y}{x} \cdot \frac{dy}{x} = \text{const} . \quad (4)$$

Нәтижесінде (2) теңдіктен өссиметриялық батырылған ағыншаның қимасының центріндегі жылдамдық полюске дейінгі қашықтыққа кері пропорционал екендігін көреміз:

$$U_m = \frac{\text{const}}{x} . \quad (5)$$

Шығар көлденең қимасы квадрат формалы соплодан таралатын ағыншаны одан әрі зерттеу, ағыншаның көлденең қималарындағы жылдамдықтың профильдерін өлшеумен жалғасты. Эксперимент нәтижелері сыртқы әсер жоқ кездегі жағдайға сәйкес 5 суретте көрсетілген.



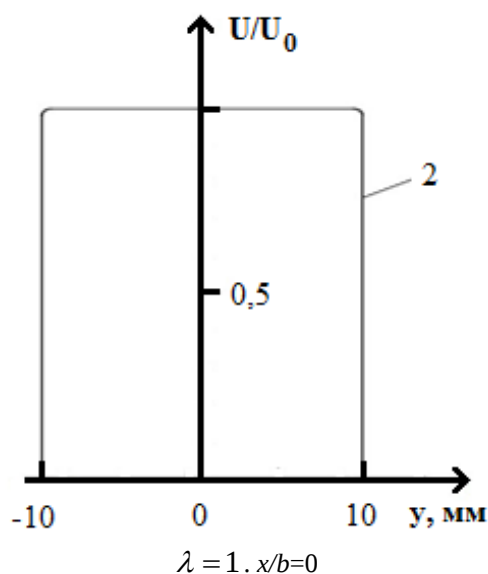
$U_0 = 20,9 \text{ м/с}$; $f = 0$; $y_{0,5} = U_m / 2$ мәніне сәйкес координата.

Тұтас сызық-[10] жұмыс бойынша

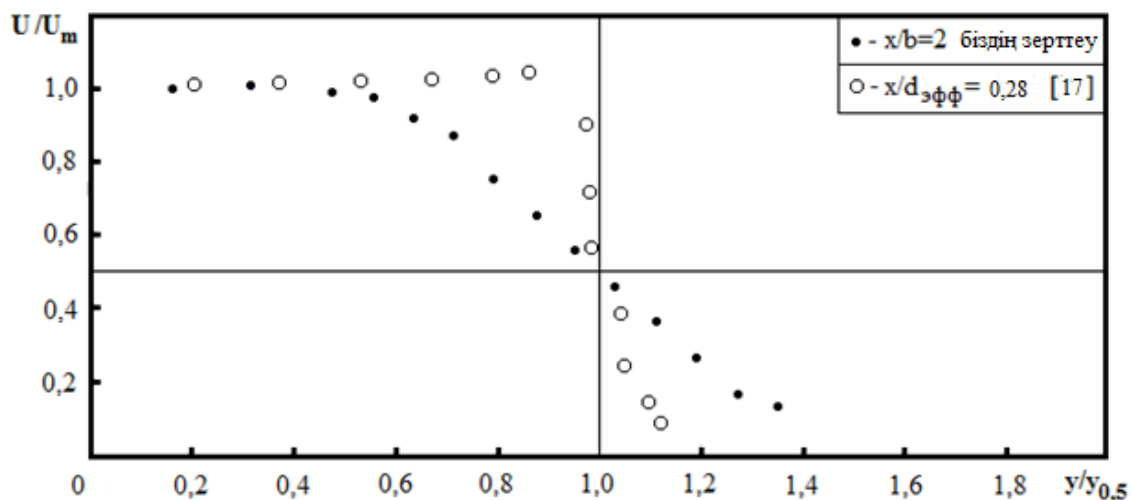
5-сурет. Шығар қимасы квадрат және дөңгелек формалы соплолардан ағып шығатын еркін ағыншалардың көлденең қималарындағы жылдамдықтардың профильдері

Суреттен көретініміздей, көлденең қималардағы жылдамдықтың профильдерінің универсалдылығы (аффинділік) 6 калибрден ($x/b=6$) басталады. Сонымен қатар, суретте, өссиметриялық ағыншаның көлденең қималарындағы жылдамдықтың өзгерісі де берілген. Жылдамдықтың мәндері [13] жұмыста көрсетілген еңбектерден алынды. Көріп отырғанымыздай, екі жағдайда да жылдамдықтардың таралу заңдылықтары бірдей. Өлшенген жылдамдықтың бойлық құраушылары басқа да авторлардың нәтижелерімен қанағаттанарлық сәйкестікті көрсетеді [14]. Аздаған айырмашылық Re санының айырмашылығына жатқызылуы мүмкін, себебі эксперименттің мәліметтері басқа Рейнольдс санында алынған, олар берілген Re санынан артық. Бұл Малстром және басқалармен [15] және Ми және басқалармен [16] расталады, олар ағын параметрлерінің Re санын арттыру шамасына қарай критикалық мәніне жеткенге дейін көтерілетіндігін көрсеткен. Біздің эксперименттік нәтижелер теориялық жұмыстардың [10] нәтижелерімен де жақсы сәйкес келетінін көре аламыз.

6, 7, 8 суреттерде еркін ағыншаның потенциалдық ядро аймағындағы тұрақтандырылған жылдамдық профилдері кескінделген. Берілген ғылыми зерттеуді жүргізгеннен кейін алынған нәтижелердің және басқа да авторлардың эксперименттік мәліметтерінің [5,17] арасындағы негізгі айырмашылық, берілген зерттеуде алынған жылдамдық профилінің қалыпты жағдайға сәйкес келіп, ал [5,17]-дағы жылдамдық профилінің ершіктәріздес болуында ($x/d_{эфф} = 0,28$).



6-сурет. Шығар қимасы квадрат соплоның шығар қимасындағы жылдамдықтың таралуы. $U_0 = 20,3$ м/с

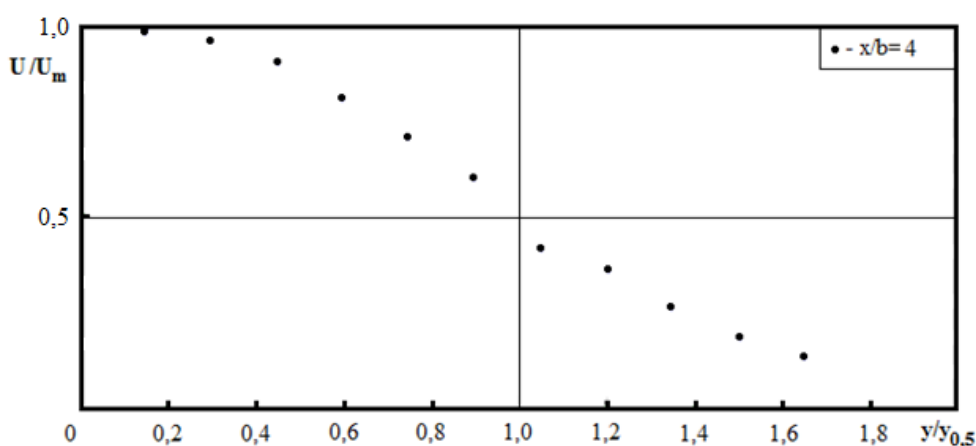


7-сурет. Квадраттық ағыс үшін уз жазықтығындағы жылдамдықтың көлденең профильдері $U_0 = 20,3$ м/с

9 суретте шығар қимасы квадрат және дөңгелек (өссиметриялық ағынша) формалы соплолардан ағып шығатын еркін турбуленттік ағыншалардың өстік жылдамдықтарының өзгерістері көрсетілген. Ағыстың бастапқы жылдамдығы шамамен 21 м/с. Тәжірибе нәтижелері ағысқа әсер түсірілмеген жағдайға сәйкес келеді.

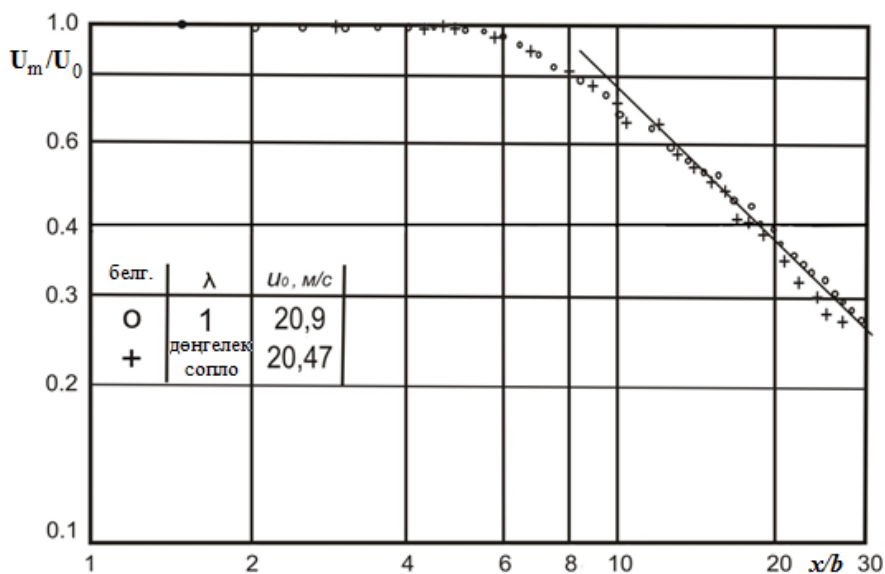
Суреттен көретініміздей, өстік жылдамдықтың өзгерісі екі жағдайда да бірдей заңдылықпен жүреді. Суреттегі үшінші тұтас сызық –біздің зерттеулер бойынша теория жүзінде алынған келесі өрнек арқылы жүргізілген теориялық түзу:

$$\frac{U_m}{U_o} = \frac{8,07 \cdot (\lambda - 0,19)^{\frac{1}{3}}}{\frac{x}{b} - 2,85\sqrt{\lambda - 1}} \quad (6)$$



8-сурет. Квадраттық ағыс үшін уз жазықтығындағы жылдамдықтың көлденең профильдері. $U_o = 20,3$ м/с

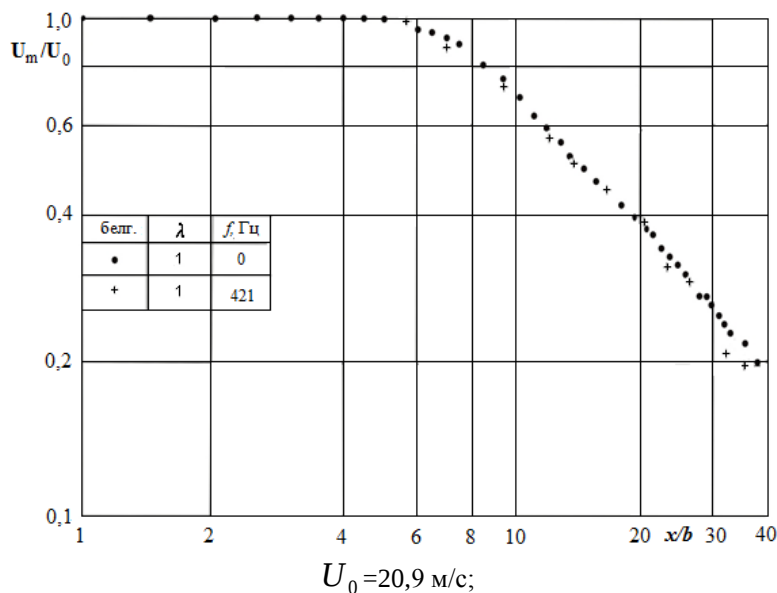
Көрініп тұрғандай, теориялық түзу эксперимент нәтижелерімен дәлме-дәл жақсы үйлесімділік тапқан. Алынған (6) формула алдында көрсетілген өссиметриялық ағыншаның негізгі бөлімшесіндегі өстік жылдамдықтың өзгерісін көрсететін (5) өрнекпен толығымен сәйкес келеді.



$U_o = 20,9$ м/с; $f = 0$.

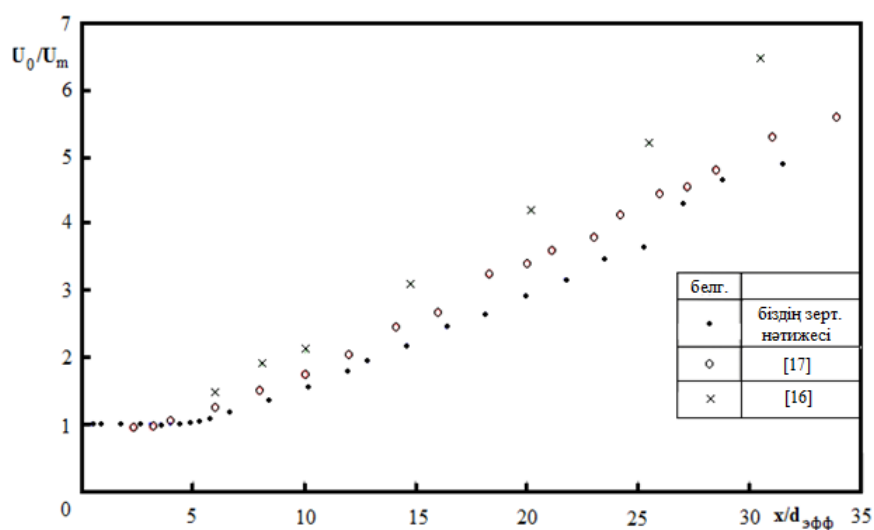
9-сурет. Өстік жылдамдықтың өзгерісі

10 суретте шығар көлденең қимасы квадрат формалы соплодан ағып шығатын еркін турбуленттік ағыншаның өстік жылдамдығының өзгеруі көрсетілген. Ағыс жылдамдығы 21 м/с. Тәжірибе нәтижелері ағысқа әсер түсірілмеген және түсірілген жағдайларға сәйкес келеді. Әсер – сыртқы акустикалық әсер, әсер жиілігі $f=421$ Гц. Суреттен көретініміздей, өстік жылдамдықтың өзгерісі екі жағдайда да бірдей заңдылықпен жүреді. Бұдан шығатын қорытынды: сыртқы дыбыс қысымының квадрат формалы соплодан ағып шығатын еркін ағыншаның өстік жылдамдығының өшу заңдылығына әсері жоқ.



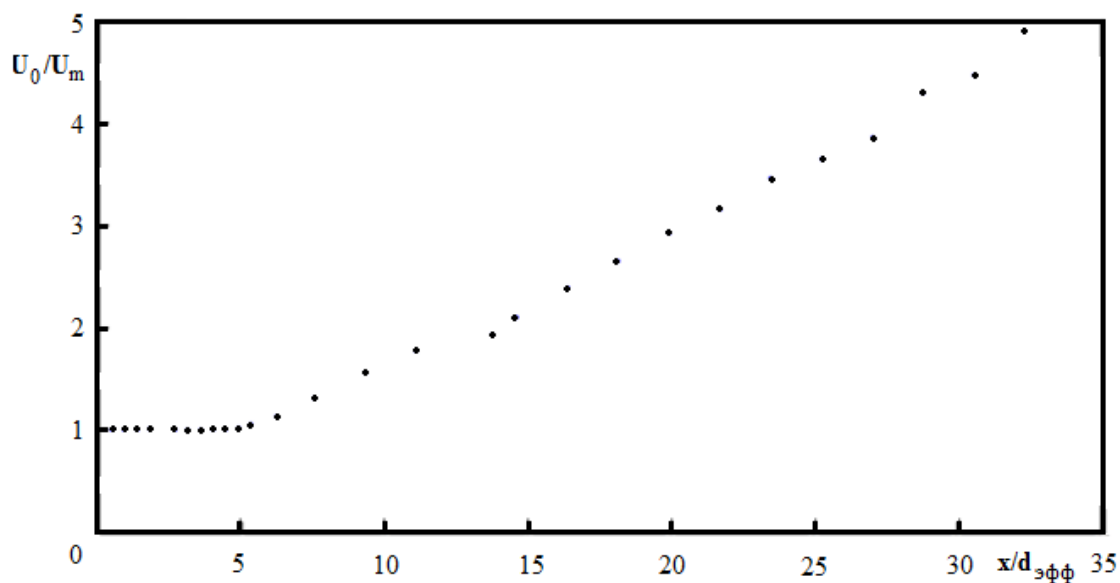
10-сурет. Өстік жылдамдықтың өзгерісі

11 суретте Куинн және Милтцер [17], сондай-ақ Ми және басқалармен [16] жүргізілген өлшеулермен, жылдамдықтың U_m өстік өзгерісі бойынша ағыстың бағытындағы ағынның өшуін салыстыру көрсетілді. Ағын кірісінің шекарасының екі әртүрлі күйлері қарастырылады. Ендеше, 11-суреттен көрініп тұрғандай, ағыстың дамуы, ағын кірісінің шекарасының жағдайына тәуелді.



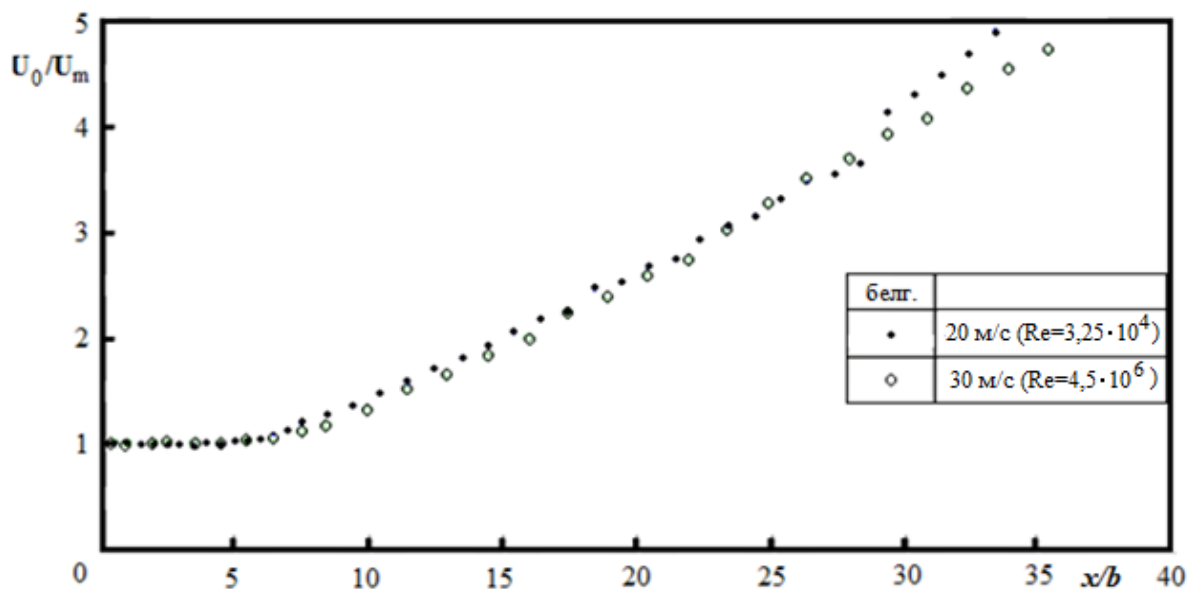
11-сурет. $\lambda=1$ үшін өстік жылдамдықтың өзгерісінің салыстырылуы

12 суретте $\lambda=1$ үшін өстік жылдамдықтың акустикалық әсер бар кездегі өзгерісі көрсетілген. Суреттен көрініп тұрғандай өстік жылдамдықтың өзгерісі бұл жағдайда да (5) формуласымен сипатталатынын көреміз.



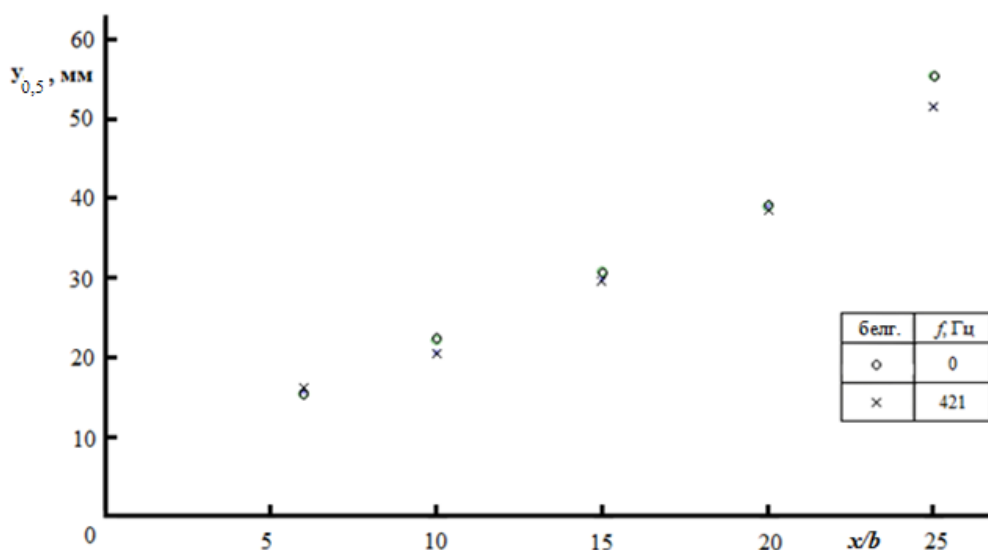
12-сурет. $\lambda=1$ үшін өстік жылдамдықтың акустикалық әсер бар кездегі өзгерісі

Зерттеу жұмысында еркін ағыншаның өстік жылдамдығының өзгерісі әртүрлі Рейнольдс сандары (эффективтік диаметр бойынша саналған: $Re = \frac{U_0 d_{эфф}}{\nu}$, мұндағы ν ауаның кинематикалық тұтқырлық коэффициенті) бойынша салыстырылды. Алынған нәтижелер 13 суретте көрсетілген. Суреттен көрініп тұрғандай екі жағдайда да жылдамдықтың өзгерісі бірдей заңдылыққа сәйкес келеді және (6) формуласымен сипатталады.



13-сурет. $\lambda=1$ үшін өстік жылдамдықтың әртүрлі Рейнольдс сандарына байланысты салыстырылуы

14 суретте $x_{\text{ж}}/b$ жазықтығындағы жылдамдықтың көлденең профилдерінің сипаттық жарты қалыңдықтарының ($U_{0,5}$) әсер бар және әсер жоқ кездегі салыстырылуы (еркін ағыншаның шекарасының ұлғаю заңдылығы) көрсетілген. Суреттен көрініп тұрғандай шекараның ұлғаюы екі жағдайда да бірдей заңдылықпен жүреді.



14-сурет. x жазықтығындағы жылдамдықтың көлденең профилдерінің сипаттық жарты қалыңдықтарының ($Y_{0,5}$) әсер бар және әсер жоқ кездегі салыстырылуы

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Trentacoste N., Sforza P.M. Further experimental results for three-dimensional free jets. *AIAA J.* 1967. Vol.5. No.5. Pp. 885-890.
- [2] Sfeir A.A. The velocity and temperature fields of rectangular jets. *Int. J. Heat and Mass Transfer.* 1976. Vol.19. No.11. Pp 1289-1297.
- [3] Крашенинников С.Ю., Рогальская Е.Г. Распространение струй из прямоугольных сопел, свободных и вблизи экрана. *Изв. АН СССР. МЖГ.* 1979. №4. С. 39-48.
- [4] Абрамович Г.Н. О деформации поперечного сечения прямоугольной турбулентной струи. *Изв. АН СССР. МЖГ.* 1983. №1. С.54-63.
- [5] Quinn W.R. Turbulent free jet flows issuing from sharp-edged rectangular slots: the influence of slot aspect ratio. *Exp. Thermal Fluid Sci.* 1992. Vol.5. No.2. Pp.203-215.
- [6] Wilson R.V., Demuren A.O. Numerical simulation of turbulent jets with rectangular cross-section. *ASME FED.* 1996. No.238. Pp. 121-127.
- [7] Holdo A.E., Simpson B.A.F. Simulation of high-aspect-ratio jets. *Int. J. Numer. Methods Fluids.* 2002. Vol.39. No.4. Pp. 343-359.
- [8] Rembold B., Adams N.A., Kleiser L. Direct numerical simulation of a transitional rectangular jets. *Int. J. Heat Fluid Flow.* 2002. Vol.23. Issue 5. Pp. 547-553.
- [9] Berg J.R., Ormiston S.J., Soliman H.M. Prediction of the flow structure in a turbulent rectangular free jet. *Int. Commun. Heat and Mass Transf.* 2006. Vol.33. No.5. Pp. 552-563.
- [10] Faghani E., Maddahian R., Faghani P., and Farhanieh B. Numerical investigation of turbulent free jet flows issuing from rectangular nozzles: the influence of small aspect ratio. *Archive of applied mechanics.* 2010. Vol. 80. No.7. Pp. 727-745.
- [11] Исатаев С.И., Төлеуов Г., Исатаев М.С., Болысбекова Ш.А. Экспериментальное исследование трехмерных турбулентных струй, истекающих из сопла с прямоугольным выходным сечением. *Инженерно-физический журнал.* 2016. Т.89, №2. С. 383–387.
- [12] Исатаев М.С., Төлеуов Г., Есеналина К.А. Экспериментальное исследование распространения трехмерных турбулентных струй из прямоугольных сопел. *Инженерно-физический журнал.* 2017. Т.90, №6. С. 1543–1548.
- [13] Абрамович Г.Н., Гиршович Т.А., Крашенинников С.Ю. и др. Теория турбулентных струй. Изд. 2-ое перераб. и доп. Под ред. Г.Н. Абрамовича. – М., 1984. -720 с.
- [14] Tsuchiya Y., Horikoshi C., Sato T. On the spread of rectangular jets. *Exp. Fluids* 4. 1986. P.197–204.
- [15] Malmström T.G., Kirkpatrick A.T., Christensen B., Knappmiller, K.D. Centreline velocity decay measurements in low velocity axisymmetric jets. *J. Fluid Mech.* 346. 1997. P.363–377.
- [16] Mi J., Nathan G.J., Luxton R.E. Centreline mixing characteristics of jets from nine differently shaped nozzles. *Exp. Fluids* 28. 2000. P.93–94.
- [17] Quinn W.R., Militzer J. Experimental and numerical study of a turbulent free square jet. *Phys. Fluids* 31. 1988. P.1017–1025.

Төлеуов Ғ., Исатаев М. С., Оралбаев А. Б., Артыкбаева А., Алтайқызы М., Асильбекова Ш.

Экспериментальное исследование свободной турбулентной струи, вытекающей из сопла с квадратным сечением

Резюме. На сегодняшний день свободная турбулентная струя, вытекающая из сопла квадратной формы, полностью не была исследована в дозвуковой области скорости. Такая струя является трехмерной. В данной работе было проведено экспериментальное исследование свободной турбулентной струи, вытекающей из сопла квадратной формы.

Ключевые слова: сопло, свободной струя, турбулентное течение, экспериментальное исследование.

Toleuov G., Isatayev M., Oralbayev A., Artykbayeva A., Altaikyzy M., Asilbekova Sh.

Experimental study of free turbulent jets emerging from a nozzle with a square cross-section

Summary. To date, a free turbulent jet flowing from a square-shaped nozzle has not been fully investigated in the subsonic velocity region. Such a jet is three-dimensional. In this paper, an experimental study was made of a free turbulent jet flowing from a square-shaped nozzle.

Keywords: nozzle, free jet, turbulent flow, experimental study.

УДК 621.643

Н.Б. Имансакипова, Т.И. Иргибаяв

(Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева,
Алматы, Республика Казахстан, nurlanaimansakipova@mail.ru)

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ НЕФТЕПРОВОДОВ

Аннотация. В статье описывается явление гидравлических ударов в трубопроводах, виды и причины их возникновения. Исследовано влияние рабочих параметров транспортной системы на величину гидравлических нагрузок.

Рассматриваются возможные переходные (стационарные и нестационарные) процессы и состояния при эксплуатации магистральных нефтепроводов в случаях остановки насосных станций, изменения режимов перекачки, перекрытия запорной арматуры, ошибочных действиях обслуживающего персонала. В ходе этих процессов формируются волны давления - волны сжатия и разряжения. Волны сжатия, распространяясь вдоль трубопровода, могут привести к перегрузкам по давлению, к разрыву трубы или образованию опасных дефектов. Волна разряжения может быть причиной недопустимого снижения давления, способного нарушить сплошность потока, что вызовет ряд негативных процессов: усиление ударных волн, повышение механических вибраций элементов системы, неполного заполнения сечения трубы.

Показана ограниченность классической теории неустановившегося течения жидкости в трубах, которая содержит существенное допущение об отсутствии в жидкости фазовых переходов. Хотя теория предполагает, что ни при каких условиях, транспортируемая жидкость не переходит в парогазовую фазу даже при снижении давления до упругости насыщенных паров, хотя в реальности имеют место фазовые переходы.

Ключевые слова: трубопровод, гидравлический удар, парогазовые полости, ударная волна, ударное давление, предыдущая станция, последующая станция.

Одной из основных разновидностей гидравлических нагрузок в трубопроводе является гидравлический удар.

Под гидравлическим ударом понимается кратковременное, резкое и сильное повышение давления в трубопроводе при внезапном торможении движущегося по нему потока жидкости. Явление гидравлического удара известно с давних времён, но теоретически это явление было впервые обосновано в конце прошлого века Н.Е Жуковским (1898), установившим, что гидравлический удар является сложным физическим процессом [1]. Автор устанавливает выражение для предельно возможного значения напора при гидравлическом ударе (прямой удар), носящее название формулы Жуковского и выражающее замечательный факт независимости величины напора при прямом ударе в начале трубопровода от его длины:

$$\Delta P = \rho \cdot c \cdot \Delta v \quad (1)$$

CONTENTS

Earth sciences

<i>Baibatsha A.B., Omarova G.M., Kassenova A.T.</i> ZONALITY AND MINERAL COMPOSITION OF ORE-CONTROLLED METASOMATITES OF KOKKIYA GOLD FIELD	3
<i>Akbasova A.D., Abseyt A.S., Koychieva G.J., Baikhamurova M.O., Abdikarim G.G.</i> RESEARCH OF JOURNEY AND ACCUMULATION OF THE DIFFERENT QUANTITIES OF HEAVY METALS (Cd, Pb, Zn) IN THE SYSTEM OF SEROZEMIC PLANTS.....	8
<i>Shautenov M.R., Peregodov B.B., Baidillayev B.K., Akkazina N.T.</i> THE SANDS CONTAINING GLAUKONIT ARE A NONMETALLIC MINERAL OF KAZAKHSTAN....	14
<i>Tleuberlina O. B.</i> ANALYSIS OF THE SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL SITUATION IN THE REGIONS OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN.....	19
<i>Baibatsha A., Satibekova S.</i> KARAGANDY BASIN FACIES TYPES AND LITHOGENETIC COMPOSITION OF COAL FORMATIONS.....	24
<i>Orazbayev A. E., Tanabekova G.B., Songulov E.E., Kobei Sh.D., Umbetbekov A.T.</i> AVERAGE YEAR INDICATORS OF HEAVY METALS IN SEWAGE WATERS OF ALMATY FOR 2015 AND 2016.....	30
<i>Voronova N.V., Mukanova G.A., Orazbaev A.E., Zubova O.A.</i> GREEN ROOFS - SOLVING THE PROBLEMS OF THE ECOLOGY OF THE CITY.....	35
<i>Madenova A.A., Abdrakhmanov M.K., Uzbekgaliev R.H.</i> LITHOLOGICAL FEATURES OF CHU-SARYSU DEPRESSION'S SECTION TAKING INTO ACCOUNT THE DIFFERENTIATION OF THE GEO-LOGICAL STRUCTURE.....	40

Technical sciences

<i>Mukhayeva S.K., Esentai A.M., Babashova D.E., Ermakhanbetova M.E., Omarova Zh.B.</i> MECHANISMS OF DEVELOPMENT OF INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEMS AND MAIN PROBLEMS OF INTEGRATION.....	46
<i>Mukhayeva S.K., Esentai A.M., Babashova D.E., Sagat T.K., Ermakhanbetova M.E., Omarova Zh.B.</i> QUANTITATIVE APPROACHES IN ASSESSMENT OF QUALITY SYSTEMS EFFICIENCY.....	52
<i>Suleev D.K., Utepov E.B., Karmenov K.K., Malgazhdarova M.K.</i> DETERMINATION OF THE DAMPING ABILITY OF STEELS BY STUDYING THEIR ACOUSTIC AND VIBRATIONAL PROPERTIES.....	59
<i>Nyissanbayeva S.E., Ussatova O.A.</i> METHODS OF ENSURING THE SECURITY OF INFORMATION IN DATABASES.....	66
<i>Karatay G.M., Ybyray A.M., Zhangazyev M.B., Saytov A.T.</i> STAGES OF DEVELOPMENT AND THE FOUNDATIONS OF MAGNETIC CONTROL SYSTEMS....	70
<i>Ganiy Akhmet, Ye Yu, Ardak Kanazhanov, Ping Hu</i> THREE-POINT BENDING TEST OF ADHESIVELY BONDED CORRUGATED SANDWICH PANEL...	74
<i>Meirbekova O.D.</i> METHODS FOR CALCULATING THE SOLAR COLLECTOR IN THE SOUTHERN REGIONS.....	82
<i>Nadirov K.S., Sakybaev B.A., Nifontov Y.A., Nadirov R.K., Sadyrbaeva A.S.</i> OPTIMIZATION OF THE COMPOSITION OF THREE-LAYER COATINGS FOR PROTECTION OF PIPELINES FROM CORROSION.....	87
<i>Yaskevich T.V., Baimatayeva Sh.</i> THE ORGANIZATION OF PASSWORD PROTECTION.....	95
<i>Cherikbayeva L.Sh., Baisylbaeva K.D.</i> ALGORITHMS BASED ON CHANGING METRIC DISTANCES.....	99
<i>Genbach A.A., Assanov A.P.</i> A HIGHLY EFFICIENT CAPILLARY-POROUS FOAM DUST AND GAS COLLECTOR WITH VAPOR CONDENSATION.....	104
<i>Madyarova G., Moldabekov B., Bakytova M.</i> COMPARATIVE ANALYSIS OF CLOUD SERVICES.....	107
<i>Genbach A.A., Bondartsev D.Y.</i> APPLICATIONS AND METHODOLOGY OF INVESTIGATION OF VARIOUS FACTORS INFLUENCE ON HEAT EXCHANGE IN POROUS COOLING SYSTEMS OF ENERGY INSTALLATIONS.....	113
<i>Kadirbay Zh., Tysypova B., Abzhanova Sh.</i> USE OF ENZYME PREPARATIONS FOR MEAT PRODUCTS.....	119

<i>Nesterenkova L.A., Nesterenkov P.A.</i> OPTIMIZATION OF OPERATING COSTS NON-ISOTHERMAL PIPELINE.....	123
<i>Nurseitov D. B., Jamalov J.K.</i> THE RESULTS OF SIMULATION OF TRANSBOUNDARY POLLUTION TRANSPORT IN THE ILI RIVER BASIN.....	130
<i>Jomartova Sh.A., Ziyatbekova G.Z.</i> TO THE QUESTION OF PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR WARNING AND FORECASTING BREAKTHROUGHS OF DAMS.....	136
<i>Naizabayeva L., Orazbekov ZH.N., Nurzhanov CH.A, M. N.Satymbekov, G. Turken</i> DISTRIBUTED DATABASE FOR CORPORATE INFORMATION CONTROL SYSTEM OVER ENTERPRISES NETWORK.....	139
<i>Kashaganova G., Kalizhanova A.U.</i> DISPERSION COMPENSATION BASED ON FIBER BRAGG GRATINGS.....	147
<i>Ibragimova S.V., Takenov S.A.</i> THE URGENCY OF DEVELOPING NEW INDUSTRIAL METHODS FOR PRODUCING ACTIVATED CARBON.....	151
<i>Kozbagarov R.A., Kamzanov N.C., Tursunbekov A. E.</i> THE DESIGN OF THE KNIFE SCRAPER SYSTEMS AND METHODS OF EXCAVATION.....	156
<i>Kopnova O.L.</i> APPLICATION OF MEANS BUSINESS OF ANALYTICS AND DATA MINING FOR THE ANALYSIS OF DATA OF INFORMATION SPACE OF A HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTION.....	160
<i>Novashev M.S., Messerle V.E.</i> CURRENT ISSUES OF THE ENERGY CONSERVATION AND ENERGY EFFICIENCY.....	164
<i>Zhatkanbayev A.A.</i> SECURE STEGANOGRAPHY SCHEME ON BASIS OF DINIC'S MAXIMUM FLOW ALGORITHM....	171
<i>Orazbayev B.B., Urakov A.M., Myrzacheva A.N., Shazhdekeeva N.K.</i> DEVELOPMENT OF A SYSTEM OF MATHEMATICAL MODELS FOR REACTOR REFORMERS LG-35-11 / 300-95 ATYRAU REFINERY IN CONDITIONS OF UNCERTAINTY.....	178
<i>Turarbek A.T., Sadykova A.B.</i> MODERN STATE OF EARTHQUAKE ANALYSIS AND FORECAST OF EARTHQUAKES IN KAZAKHSTAN	184
<i>Kartbayev T.S., Kalizhanova A.U, Tolybaev S.D, Doszhanova A.A, Malikova F.U.</i> PROSPECTS OF PRACTICAL APPLICATION OF THE DEVICE OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS ON THE TASKS OF PERSON AUTHENTICATION AND VIDEO SURVEILLANCE.....	191
<i>Zhusin BT, Gulyarenko AA, Komar A.</i> INFLUENCE OF THE FINENESS OF BLADES ON AGROTECHNICAL PERFORMANCE INDICATORS OF SOIL-CUTTING MACHINES.....	195
<i>Zhanabayev T.A., Korgasbekov D.R.</i> IMPROVEMENT OF EFFECTIVE METHOD OF ARTIFICIAL CORN FOR RESEARCH CURNE SEALING FROM LAYERLY UNSTABLE SOILS BY APG-1 APPLICANT.....	200
<i>Seitov K.A., Sadvakasov E.E., Рамазанова A.M., Tabultaev C.C.</i> INFORMATION SUPPORT OF INDUSTRIAL SAFETY AT JSC "KELET".....	206
<i>Nagyman N.Zh., Iembergenova A.E., Kelgenbaev D.S., Alimkulova M.S.</i> DESIGN OF THE USE OF HEAT PUMP EQUIPMENT FOR IMPROVING ENERGY EFFICIENCY OF THE HEAT AND POWER PLANT-1 OF ALMATY.....	208
<i>Umirbekova A.S., Borankulova A.S., Askerbaj Z.</i> PREPARATION OF THE NATURAL LIQUID RYE FERMENT WITHOUT YEAST.....	212
<i>Seitkulov Ye., Tashatov N.N., Boranbayev S.N., Vorobyev B.I., Davydou G.V., Potapovich A.V.</i> BASE OF STRUCTURAL UNITS OF KAZAKH LANGUAGE FOR SYNTHESIS OF RECORDING SIGNALS.....	216
<i>Shirinbekova B. G., Shukenova G.A.</i> IMPROVEMENT OF WATER DECARBONIZATION EFFECTIVENESS AT KENTAUK THERMAL POWER PLANT.....	221
<i>Amandosova G.Zh., Smagulova Zh.N., Kalybekova A.A., Kupeldeyev A.A.</i> DETERMINATION OF PARAMETERS OF THE ORBIT OF THE SPACE REMOTE SENSING DEVICE.....	225
<i>Ospanova Sh., Nurmukhanova A., Rakhat B., Turbekova A., Arystan A., Turgynov M.</i> ENERGY SAVING AS AN IMPORTANT TASK FOR CONSERVING NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENTAL PROTECTION.....	228
<i>Toleuov G., Isatayev M., Oralbayev A., Artykbayeva A., Altaikyzy M., Asilbekova Sh.</i> EXPERIMENTAL STUDY OF FREE TURBULENT JETS EMERGING FROM A NOZZLE WITH A SQUARE CROSS-SECTION.....	233