

Д.А.Оспанова

Е.А.Бөкетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университеті

**АЙНЫМАЛЫ ҚИМАЛЫ ҚҰБЫРДАҒЫ ГАЗСҰЙЫҚТЫ АҒЫНДАРДЫҢ ДИНАМИКАСЫН ЗЕРТТЕУ**

*В работе рассматриваются результаты исследования влияния переменного сечения канала на динамику импульсного давления, вызванного электрогидравлическими разрядами в неоднородной жидкости. Для проведения систематизированных исследований собран стенд, контрольно-измерительная система которого позволяет определять количественные значения силы тока, напряжения в разрядной цепи в возникающем при электрическом разряде импульсе давления. Быстрое выделение энергии порождает сильное механическое действие, приложенное к макроскопическим объемам среды и отдельным поверхностям, попавшим в зону разряда. При этом скорость выделения энергии намного быстрее, чем скорость передачи ее возмущения окружающей среде. После начала пробоя происходит еще некоторое время, так называемая стадия формирования разряда, которая характеризуется некоторым ростом тока с одновременным спадом напряжения и завершающаяся образованием высокопроводящего электрического канала. Проведены измерения импульсного давления в газожидкостном потоке в диффузорах и конфузорах с различными углами сужения и расширения, разной протяженности.*

*In this paper the results of investigations of the influence of channel with variable section on the dynamics of the pressure pulse caused by electrohydraulic discharges in an inhomogeneous fluid are described. For systematic studies were compiled experimental stand test system which allows to determine the quantitative values of amperage and voltage in the discharge circuit and triggered when the electric discharge pulse pressure. The rapid release of energy creates a strong mechanical force applied to the macroscopic volume of the medium and the individual surface, entered a zone of discharge, while the rate of energy release is much faster than the speed of perturbation of the environment. Since the beginning of the breakdown occurs for some time, so-called stage of formation of the discharge, which is characterized by some of the current increases with a simultaneous drop in voltage. This stage was complete the high-conductivity electrical channel conducted. Author provides measurements of pulse pressure in the gas-liquid flow in diffusers and confusers with different angles of contraction and expansion and into different length channels.*

Жылуэнергетиканың және жылутехниканың барлық саласында күрделі формалы құбырлар көп қолданылады, сондықтанда қазіргі таңда айнымалы қималы құбырлардағы газсұйықты ағындарының гидрогазодинамикасын зерттеу өзекті мәселелердің бірі болып табылады.

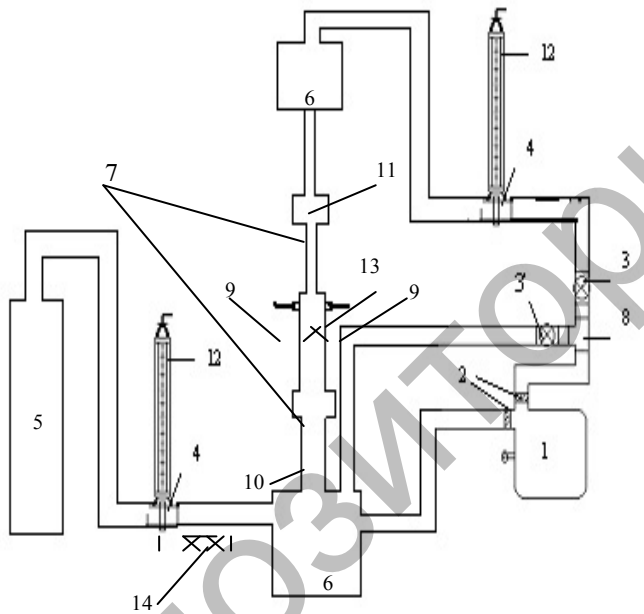
Газсұйықты қоспа қозғалысы өте күрделі сипатта болғандықтан және қозғалыс жылдамдығы көптеген факторларға тәуелді өзгертіндіктен, айнымалы қималы арнада қозғалатын газсұйықты ағындардың гидрогазодинамикасын зерттеу жұмыстары жылутехникалық қондырғылардың жылуфикалық пәрменділіктерін арттыру мақсатында әліде жүргізілуде.

Толық қысымның минималды шығындарымен жүретін арнаның үлкен қимасынан кіші қимасына өтуді қамтамасыз ету үшін, жылуэнергетикалық қондырғыларда ағынның кинетикалық энергиясын бөлшектеп қысым энергиясына түрлендіріп бірқалыпты сығатын немесе ұлғайтатын бөліктер — конфузорлар мен диффузорлар қолданады. Олардың ұзақтылық нәтижесінде ондағы ағын қоршаған ортаның жылуымен және энергиясымен алмасуға үлгермейді деп санауға тура келеді. Бірақ, машықтануда көрсеткендей, конфузорлар мен диффузорлардың ұзақтылықтарына қарамастан, ағыс режимінің құрылу процесі жүреді және ол жеткілікті үлкен қашықтықта сақталып, жылуалмасу процестерінің ерекшеліктерін анықтайды. Арнаның сығылу және ұлғаю дәрежесінің әсерін ескеру газсұйықты немесе сыртқы импульстік әсері бар ортаның ағындарын қарастырған кезде қажет және оның маңызы ерекше. Жұмыста сыртқы импульстік әсер кезіндегі гетерогенді ортадағы жоғары вольтті разрядтар қарастырылып, тәжірибелік түрде күрделі формалы құбырдағы гетерогендік сұйық ішінде электрогидравликалық разрядпен қатар жүретін соққы толқынның таралуы зерттелген.

Айнымалы қималы арналарда газсұйықты ағындардың динамикасын зерттеу үшін «Гидродинамика және жылуалмасу» зертханасында принципалдық сұлбесі 1-ші суретте көрсетілген тәжірибелік қондырғы жиналды.

Тәжірибелік аймақ сорғыдан, пьезоэлементті датчиктен, манометрден, шығындық шайбалардан, жұмыстық құбырлардан, краниктерден, газ баллоннан, электродтардан және сығылу мен ұлғаю бұрыштары әр түрлі градустан тұратын конфузор мен диффузордан құралған.

Тәжірибелік аймақтағы жұмыстық дене диаметрі әр түрлі екі цилиндрдік 10 және 11 құбырдан, айнымалы қимасы конфузордан 13, сұйықта су асты электр разрядын тудыратын электродтар жұбынан 9 және импульсті қысымды тіркейтін датчиктен 7 тұрады. Үлкен құбырдың сыртқы диаметрі 44 мм, ал кіші құбырдың сыртқы диаметрі 33 мм. Конфузордың сығылу бұрышы  $30^\circ$  құрайды. Құбырдың ішіндегі құбылысты байқау үшін тәжірибелік қондырғы оргшыныдан жасалынған. Газ көпіршігі ретінде көмірқышқыл газы жіберіледі. Қондырғының тәжірибелік аймағының бейнесуреті төменде келтірілген 2-сур. Қондырғының жұмыс істеу принципі келесі түрде жүзеге асады: электр энергиясын жинайтын жинағышқа, басқару пульті бойынша импульсті кернеу генераторы жоғары-вольтті кернеуді береді, ол белгілі бір уақыт ішінде электр энергиясы разряд арқылы тәжірибелік аймақта, яғни, қарастырылған конфузордың ішінде орналасқан электродқа беріледі. Құбыр ішінде орналасқан электрод жоғарғы кернеу белгілі бір мөлшерге жеткеннен кейін сұйықта электр разряды жүргізіледі. Содан кейін сұйықта энергияның көп мөлшерде шығарылуының салдарынан соққы толқындар пайда болып, су асты жарылысы болады [1]. Тәжірибелік қондырғыда құрбырдағы импульстік қысымның шамасын қабылдап отыратын пьезодатчик орнатылған. Датчик қабылданған сигналды компьютердің жадысына жазып және сақталып тұратын сандық осциллографқа жібереді. Басқару блогы электрогидравликалық аппаратпен жалғанған жүйенің байланысын, жоғарғы қуатты электр разрядын және осциллографқа келіп түсетін импульстің уақыт бойынша өңделуін басқарады. Техникалық қауіпсіздігі жағдайы үшін тәжірибелік қондырғы аймағы қорғаныс жүйесімен, аппатық сөндірумен және қалған кернеуді жою жолдарымен жабдықталған.



1-сур. Қондырғының жалпы тәжірибелік аймақтық сұлбесі: 1 — сорғы; 2 — адаптерлер; 3 — қрандар; 4 — шығындық шайбалар; 5 — газ баллоны; 6 — су айналымда тұратын бактар; 7 — датчиктер; 8 — үштік; 9 — электродтар; 10 — үлкен диаметрлі құбыр; 11 — кіші диаметрлі құбыр; 12 — жылдамдықты өлшеуге арналған дифманометрлер; 13 — конустық қима; 14 — кері клапан



2-сур. Қондырғыдағы тәжірибелік аймақтың бейнесуреті

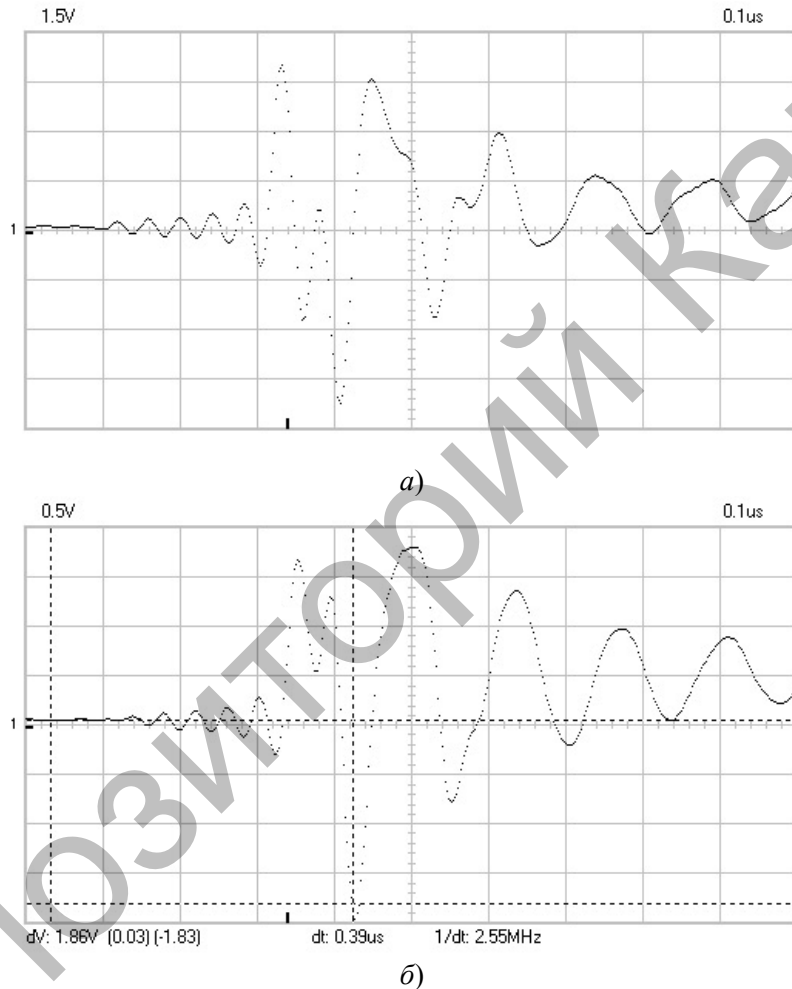
Сандық есте сақтау осциллографының көмегімен сигналдың әр түрлі өлшемдерін компьютер мониторінің бетінен көре аламыз. Қарастырылған прибор қарапайым осциллографтарынан ешқандай айырмашылығы жоқ, бірақ біз тышқанның көмегімен оны алуан түрлі етіп өзгертеміз және ғылыми тұрғыдағы жаналықтарын электронды бейнедегі суреттен көре аламыз. Ол компьютердің процессорына арнай қолданбалы пакет арқылы орнатылады. Осы бағдарлама бойынша осциллографқа берілген сигналдар қабылданып, одан қысым амплитудасының тәуелділіктері алынады.

Тәжірибелік зерттеудің нәтижесінде тәжірибелік қондырғының жұмыстық аймағындағы электр разряды құратын импульстік қысымның кіріс кернеуіне тәуелділігі алынды. Тәжірибелік жұмыста

жұмыстық арнаның ішіндегі электродтардың арақашықтығы тұрақты, сондай-ақ разряд контурының индуктивтілігі мен энергеия жинағышының сыйымдылығы тұрақты болып қалады. Бұл жұмыста өзгеретін параметр сыртқы разрядниктің электродтар арасы 1 мм-ден 4 мм-ге дейін өзгертіп отырады.

Құбыр ішіндегі сигналды пьезоэлементті датчик қабылдап, компьютерге жібереді. Компьютерге жіберілген сигнал арнайы PCLab 2000 бағдарламасы арқылы PCS500 сандық осциллографының көмегімен қабылданып отырды. Сигналдың бейнелері компьютердің жадысында сақталып отырды. Ондағы қажетті жерлерді кесіп алу үшін арнайы маркерді қолданамыз.

Тәжірибенің нәтижелері 3 *a* және *б* суреттерінде келтірілген. Бұнда газсұйықтағы жоғары вольтті электр разрядымен қатар жүретін импульстік қысымның сипаттамалық осциллограммасы келтірілген. Жасалған жұмыс соққы толқынның амплитуда қысымын разряд кернеуіне тәуелділігін айқын көрсетті [2].

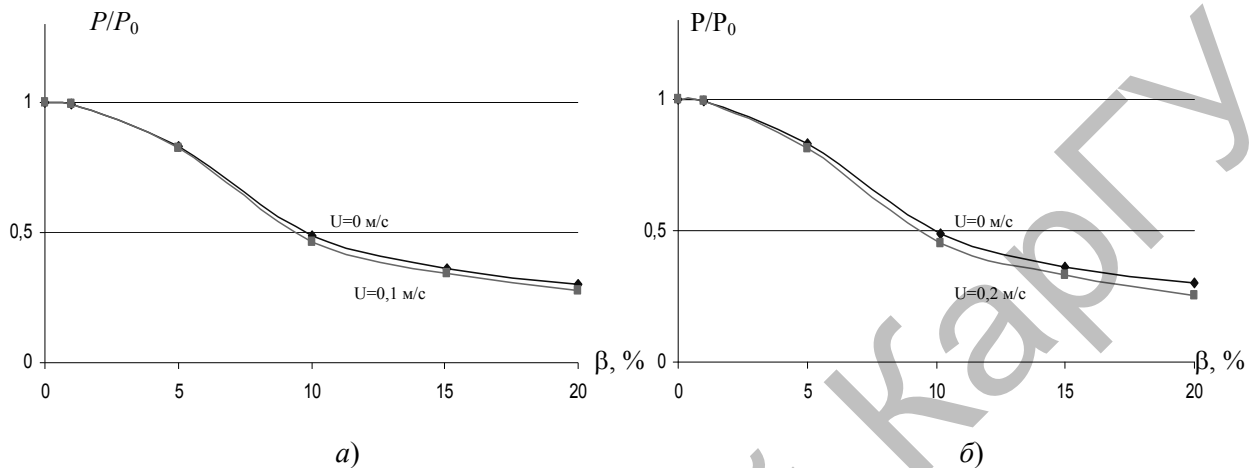


3-сур. Гетерогенді ортадағы су ішіндегі электрлік разряд кезіндегі қысым импульс амплитудасының уақыттан тәуелділігі. Ішкі электродтар арақашықтығы 1 мм: *a)*  $U = 3$  кВ;  $C = 0,1$  мкф;  $l = 1$  мм; *б)*  $U = 6$  кВ;  $C = 0,1$  мкф;  $l = 4$  мм

Суреттерден байқайтынымыз, бастапқыда қабылдаған белгілерді былай түсіндіруге болады. Құбыр ішінде сұйықтың қозғалысымен қатар газдың да қозғалысы болып тұрады, сондықтан электр разряды болмас бұрын, екі электрод арасында талшықтар пайда болады. Яғни көпіршіктер қозғалған кезде талшықтарға соқтығысып қызады да, одан кейін олар бірден суып (талшық өрісінен өткенен кейін) жарылады. Сол кездегі шағын сигналды датчик қабылдап отырады. Суретте негізгі жарылыс болған орта белгілеудің көмегі бойынша анықталады.

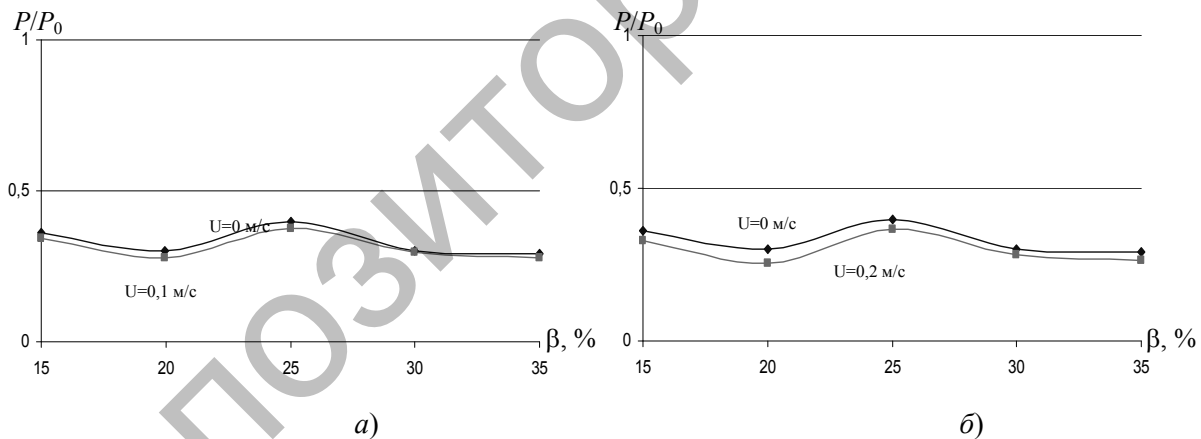
Тәжірибе барысында алынған құбыр бойымен қысым амплитудаларының таралуын өңдей отырып, гетерогенді ортадағы қысымның газ құрамына байланысты бірнеше тәуелділіктері алынды. 4-ші *a* және *б*-суреттерінде ағын жылдамдығының әр түрлі кезіндегі құбырдағы қысымдардың газ құрамына байланысты таралуын көреміз. Бұдан байқайтынымыз, су ағынының жылдамдығы нөлге тең

кезде құбырдағы газ құрамының бөлшектері бірқалыпты таралғандықтан, ондағы қысымның таралуы да бірқалыпты түрде болады. Егер сұйықтың жылдамдығын арттырсақ (су мен газдың бағыттары бірдей), онда бастапқыда газ көпіршіктері құбырдың қабырғасына қарай ығысқандықтан, ондағы қысымның таралуы құбырдың шетінде нашар болады, яғни қозғалыссыз газсұйықты ағын қысымның таралуы қозғалыстағы газсұйықты ағын қысымның таралуынан жоғары болады. Өйткені газсұйықты ағын қозғалыста болған кезде онда газ көпіршіктері құбырдың қабырғасына қарай орналасады.



4-сур. Газсұйықтың әр түрлі жылдамдығы кезіндегі құбыр бойымен таралған қысымдардың газ құрамына байланысты тәуелділігі: а)  $U = 0,1$  м/с; б)  $U = 0,2$  м/с

Мұндағы  $P/P_0$  — қысымдардың қатынасы;  $P$  — газсұйықты ағындағы қысым; ал  $P_0$  — таза сұйықты ағындағы қысым;  $\beta$  — газдың, яғни көміртегінің, концентрациясы, %.

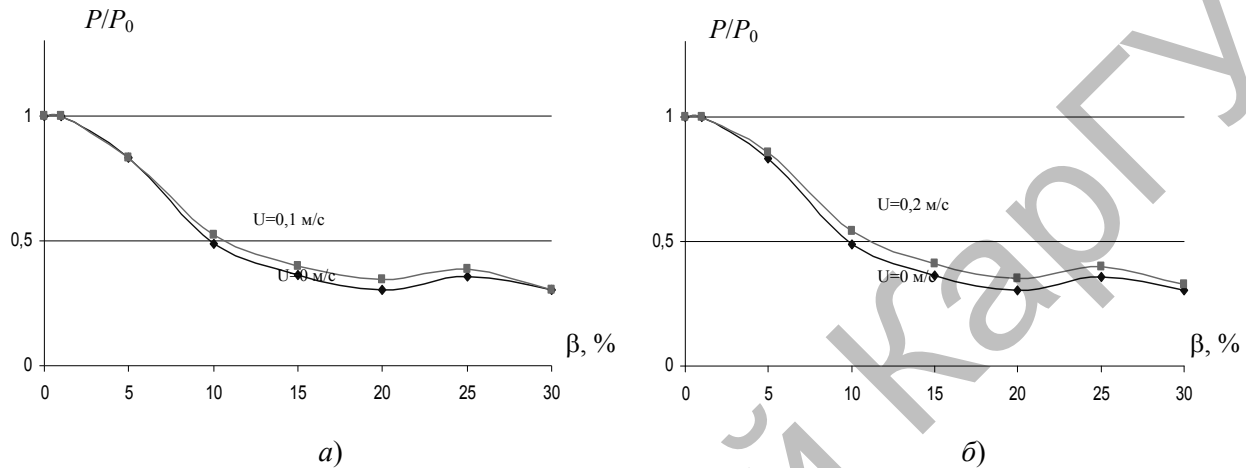


5-сур. Газсұйықтың әр түрлі жылдамдығы кезіндегі құбыр бойымен таралған қысымдардың газ құрамына байланысты тәуелділігі: а)  $U = 0,1$  м/с; б)  $U = 0,2$  м/с

5-суретте көрсетілген тәуелділіктерден құбырдағы қысым газ құрамының 25 пайызында біршама өседі де, 30 пайызында қайтадан төмендейтінін байқаймыз. Оны физикалық тұрғыда былай түсіндіруге болады: бірінші жағдайды қарастырсақ, онда ағынның жылдамдығы тұрақты кезде газ құрамы артқан сайын ағындағы көпіршік бөлшектерінің диаметрі өседі, соның салдарынан қоспадағы қысымның таралуы қандайда бір белгілі газ мөлшерінің концентрациясы кезінде артады да, содан кейін біртіндеп төмендей бастайды.

Екінші жағдайды қарастырсақ, онда газ бен сұйықтың бағыттары бірдей қозғалған кезде газ құрамы құбырдың қабырғасына жақын орналасқанымен, сұйықтың қозғалысы кезінде олар жұмыстық дененің ортасына шоғырланады, сондықтан құбырдың бойындағы қысымның таралуы газ құрамының 25 пайыздық мөлшері кезінде артып, одан кейін төмендей бастайды. Ал газ мөлшері 35 пайыздан асатын болса, онда құбырдағы қысымның таралуы байқалмайды, өйткені ондағы көпіршіктер бір-бірімен қосылып, снарядты түрде болып келеді.

6-суретте сұйық және газ қоспасының қарама-қарсы қозғалысы кезіндегі қысымның таралуы келтірілген. Бұл графиктен көретініміз, ағын жылдамдығы нөлге тең кезде бастапқы уақытта газ көпіршіктері құбыр бойымен бірқалыпты қозғалады, ал газдың концентрациясы 20 пайыздан асқан уақытта газ көпіршіктері құбырдың ортасына қарай жинақталып, осы кезде қысым артады. Ал ағынның жылдамдығы 0,1 м/с-тең кезінде құбырдың ішіндегі газ көпіршіктері құбырдың ортасына қарай шоғырланғандықтан, ағынның қысымы артады. Яғни қозғалыстағы ағынның қысымы тыныштықтағы қоспаның қысымына қарағанда жоғары болады. Сонымен, қарама-қарсы бағыттағы қоспада қысымның артуы жылдамдықтың артуына тәуелді.



6-сур. Сұйық пен газ бағыттары қарама-қарсы қозғалысы кезіндегі құбыр бойымен таралатын қысымның газ құрамына тәуелді графигі: а)  $U = 0,1$  м/с; б)  $U = 0,2$  м/с

Техникада гетерогендік сұйықтарды қолдану олардың ерекше қасиеттерімен және ортаның араласу процесін реттеуге және пәрменділіктерін арттыруға мүмкіндік беретін әр түрлі фазааралық өзара әрекеттесулердің құбылыстарымен байланысты. Гетерогендік сұйық ағынның газ көпіршіктері мен қатты бөлшектері жеке бөліктерде жиналып, кластерленіп, сызықты емес қасиеттерге ие болатын макроскопиялық құрылымдарды түзеді. Сондықтанда жылутехниканың және жылуэнергетиканың салаларында қолданылатын айнымалы қималы құбырдағы қосфазалы ағындардың қасиеттерін зерттеу жұмыстары инженерлік есептер мен тапсырмаларды орындау барысында маңызды болып табылады [3].

Жұмысты орындау барысында қысым толқындарының таралуы арнаның геометриялық параметрлеріне, жеке жағдайларда қарастырылатын құбылыстардың сипаттамаларына, газсұйықты ағындардың динамикасына және газ мөлшері дәрежесіне әсерлері қарастырылып, олардың физикалық қасиеттері зерттелді.

#### Әдебиеттер тізімі

1. Кусайынов К. Гидродинамика, теплообмен и электрогидравлические явления при движении двухфазных сред в трубах. — Караганда: Изд-во КарГУ, 1998. — 112 с.
2. Кусайынов К.К., Сакипова С.Е., Оспанова Д.А., Абилкасимов Б.Б. Влияние степени газосодержания на теплоотдачу гетерогенного потока в каналах переменного сечения // Вестн. КарГУ. — 2005. — № 3(23). — С. 25–27.
3. Кусайынов К.К., Сакипова С.Е., Оспанова Д.А., Абилкасимов Б.Б. Распространение импульса давления в сужающихся каналах // Материалы IX-ой Международ. науч. конф. — Караганда: Изд-во КарГУ, 2006. — С. 158–160.