

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машина жасау институты
(институт атауы)

ӘОЖ 621.694.3

Қолжазба құқығында

Төленді Артық Нұржанұлы
(білім алушының аты жөні)

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін дайындалған

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертация атауы Гидродинамикалық қасиеттерді зерттеу және ағынды сораптарда қолдануға арналған жоғары қысымды соплолардың конструкцияларын негіздеу

Дайындау бағыты 7M07111 - машиналар мен жабдықтардың сандық инж.
Мамандық шифрі және атауы

Ғылыми жетекші,

т.ғ.к., профессор

(ғылыми дәрежесі, атауы)

Мырзахметов Б.А.
Қолы Аты жөні

Пікір беруші,

т.ғ.д., профессор

(ғылыми дәрежесі, атауы)

Турдалиев А.
Қолы Аты жөні

Норма бақылаушы,

Техника және технология магистрі

(ғылыми дәрежесі, атауы)

Балгаев Д.Е.
Қолы Аты жөні



ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

т.ғ.к., ассис. проф.

(ғылыми дәрежесі, атауы)

Бортебаев С.А.
Қолы Аты жөні

“ 30 ” 05 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машина жасау институты

(институт атауы)

Технологиялық машиналар және көлік кафедрасы

(кафедра атауы)

7M07111 - машиналар мен жабдықтардың сандық инженериясы

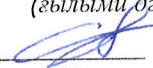
Мамандық шифрі және атауы

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

Т.Ғ.К., ассис. проф.

(ғылыми дәрежесі, атауы)

 Бортебаев С.А.

Қолы

Аты және

“ 24 ” 11 2020 ж.

**Магистрлік диссертация орындауға
ТАПСЫРМА**

Магистрант Төленді Артық Нұржанұлы

(білім алушының аты және)

Тақырыбы: Гидродинамикалық қасиеттерді зерттеу және ағынды сораптарда қолдануға арналған жоғары қысымды сопло конструкцияларын негіздеу

(магистрлік диссертация тақырыбы)

Университет Ректорының 2020 жылғы "03" қараша №2026-м бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2022 жылғы "26" мамыр

Магистрлік диссертацияның бастапқы берілістері: Жоғары қысымды соплоны зерттеуге арналған эксперименттік зертханалық стенд.

Магистрлік диссертацияда қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) ағынды сораптың жұмысын теориялық зерттеу;
- б) жоғары қысымды соплоның негізгі параметрлерін анықтау;
- в) эксперименттік зертханалық стенд;
- г) зерттеу нәтижелері және оларды талқылау.

Ұсынылатын негізгі әдебиет: 24 атау

Магистрлік диссертация дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Ағынды сораптың жұмысын теориялық зерттеу	21.12.2020	
Жоғары қысымды соплоның негізгі параметрлерін анықтау	12.05.2021	
Эксперименттік зертханалық стенд	22.09.2021	
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау	04.03.2022	

Аяқталған магистрлік диссертация бөлімдеріне кеңесшілер мен
норма бақылаушының қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (Ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Ағынды сораптың жұмысын теориялық зерттеу	т.ғ.к., профессор Мырзахметов Б.А.	21.12.2020	
Жоғары қысымды соплоның негізгі параметрлерін анықтау	т.ғ.к., профессор Мырзахметов Б.А.	12.05.2021	
Эксперименттік зертханалық стенд	т.ғ.к., профессор Мырзахметов Б.А.	22.09.2021	
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау	т.ғ.к., профессор Мырзахметов Б.А.	04.03.2022	
Норма бақылаушы	Техника және технология магистрі Балгаев Д.Е.	24.02.22	

Ғылыми жетекші

(қолы)

Мырзахметов Б.А.
(аты жөні)

Тапсырманы орындауға алған
білім алушы

(қолы)

Төленді А.Н.
(аты жөні)

Күні

" 27 " мамыр 2022 ж.

АНДАТПА

Сұйықтықты айдауға арналған ағынды сорғылардың соплолары туралы мәліметтерді пайдалану және құру бойынша жұмыс нәтижелері келтірілген. Соплоның жұмыс және пайдалану деректері сипатталған. Тандемдегі электр центрифугалық және реактивті сорғының нәтижелері ұсынылған. Стендтің гидравликалық компоненттерінің реттілігі көрсетілген, сонымен қатар оның жұмыс принципі сипатталған. Зерттеу нәтижесінде ағынды сораптардағы соплолардың негізгі мүмкіндіктері мен артықшылықтары расталды. Алынған нәтижелер тандем сорғы қондырғыларының тиімділігін арттыру мақсатында ағынды сораптың жаңа конструкцияларын жасауда практикалық және ғылыми қызығушылық тудыруы мүмкін.

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты работы по использованию и создания данных сопла струйных насосов для прокачки жидкости. Описаны рабочие и эксплуатационные данные сопла. Представлены результаты работ электроцентробежного и струйного насоса в тандеме. Показан последовательность гидравлических компонентов стенда, а также описан его принцип работы. В результате исследования были подтверждены принципиальные возможности и преимущества сопел в струйных насосах. Полученные результаты могут представлять практический и научный интерес при разработке новых конструкций струйных насосов, с целью повышения КПД тандемных насосных установок.

ANNOTATION

The results of work on the use and creation of jet pump nozzle data for liquid pumping are presented. The working and operational data of the nozzle are described. The results of the work of the electric center and jet pump in tandem are presented. The sequence of hydraulic components of the stand is shown, as well as its operating principle is described. As a result of the study, the fundamental capabilities and advantages of nozzles in jet pumps were confirmed. The results obtained may be of practical and scientific interest in the development of new designs of jet pumps, in order to increase the efficiency of tandem pumping units.

Терминдер мен қысқартулар

ЖШҰ	жерасты ұңғымалық шаймалау
АС	ағынды сорап
ОТС	ортадан тепкіш сорап
ЭОТС	электрлі ортадан тепкіш сорап
ЭОТСҚ	электрлі ортадан тепкіш сорап қондырғысы
ҚСҚ	құрама сорап қондырғысы
ПӘК	пайдалы әсер коэффициенті
ТСҚ	тандем сорап қондырғысы
ОТСҚ	ортадан тепкіш сорап қондырғысы
БӨА	бақылау өлшеу аспабы
АСҚ	ағынды сорап қондырғысы
ТҰ	технологиялық ұңғыма

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Ағынды сораптың жұмысын теориялық зерттеу	9
1.1 Ағынды сораптың жұмыс істеу принципі	9
1.2 Ағынды сорап моделі	11
1.3 Ағынды сораптың жоғары қысымды сопласы	12
Бөлім бойынша қорытынды	13
2 Жоғары қысымды соплонның негізгі параметрлерін анықтау	14
2.1 Жоғары қысымды соплоға Бернулли теңдеуін қолдану	14
2.2 Ағынды сораптың геометриясы	14
2.3 Стендтік құрама сорапты қондырғы (ҚСҚ) үшін жоғары қысымды саптамалардың конструкциясын таңдау және негіздеу	15
Бөлім бойынша қорытынды	19
3 Эксперименттік зертханалық стенд	20
3.1 Жоғары қысымды ағынды сораптың гидродинамикалық қасиеттерін бағалауға арналған эксперименттік зертханалық стендтің сипаттамасы	20
3.2 Стендтегі бақылау-өлшеу аспаптарының (БӨА) тізбесі	22
3.3 Ағынды сораптардың жоғары қысымды соплоларының (саптама) гидродинамикалық сапасын бағалау бойынша зертханалық зерттеулер әдістемесі	24
3.4 Жоғары қысымды соплолардың гидродинамикалық қасиеттерін зертханалық зерттеу нәтижелері бойынша талдау, оңтайлы конструкциясын таңдау және негіздеу	25
3.5 Құрама сорғы қондырғысына стендтік эксперименттік зерттеулер жүргізу үшін ағынды сорғының конструкциясын әзірлеу	30
3.6 Құрама сорғы қондырғысын зерттеу әдістемесі және эксперименттерді жоспарлау	35
3.7 Стендтік эксперименттік қондырғылар жүйелерінің жұмысқа қабілеттілігін тексеру кезінде өлшеу нәтижелерінің қателіктерін бағалау	36
Бөлім бойынша қорытынды	39
4 Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау	40
4.1 Ағынды сорғылардың өнеркәсіптік үлгілерін құрастыру және дайындау бойынша ұсыныстар әзірлеу	44
4.2 Құрама сорапты қондырғыны (ҚСҚ) пайдаланудың экономикалық тиімділігі	46
Бөлім бойынша қорытынды	47
Қорытынды	48
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	49

КІРІСПЕ

Ағынды сорап (АС) – сұйық орта ағынымен орындалатын жұмыс есебінен сұйық ортаны айдауға арналған құрылғы.

Ғылыми-техникалық және патенттік әдебиеттерде бұл құрылғылардың басқа да атаулары бар, мысалы, сұйық эжекторлар, инжекторлар, Гидравликалық сорғылар, гидроэлеваторлар және басқалар.

Сонымен қатар, эжекторлар газды немесе сұйық ағын арқылы газдарды айдауға арналған реактивті құрылғылар деп аталады, ал инжекторлар - араластыру камерасында конденсация жүретін бу ағынымен сұйықтықты беруге арналған құрылғылар.

Ағынды сорғыларға сұйықтықты газ ағынымен айдауға арналған құрылғылар да кіруі керек, оларда шығу кезінде екі фазалы газ сұйықтығы ағыны пайда болады. Қысымды құбырдағы мұндай ағынның ағымы процестің сандық көрсеткіштеріне әсер етеді, бұл сұйықтықтың ағып кетуіне ықпал ететін әуе көтергіш әсерінің пайда болуына байланысты құбырдың тік орналасуы кезінде айтарлықтай көрінеді.

Реактивті сорғылар гидравликалық сорғылардың бір түрі болып табылады және олар осы жабдықтың барлық артықшылықтарына ие. Дизайн ерекшеліктеріне байланысты ағынды құрылғылар жоғары сенімділік пен тиімділікпен ерекшеленеді, әсіресе күрделі жұмыс жағдайларында, мысалы, механикалық қоспалардың, коррозиялық белсенді заттардың және көлбеу бағытталған ұңғымалардың едәуір құрамымен резервуарлық сұйықтықты алу кезінде.

Реактивті сорғылардың артықшылықтарына олардың кішкентай өлшемдері, үлкен өткізу қабілеті және бос газдың көп мөлшері бар резервуардағы сұйықтықты тұрақты таңдау мүмкіндігі кіреді. Сонымен қатар, қондырғылардың дизайны қарапайым, қозғалмалы бөлшектер жоқ, реактивті сорғыны бос, қалпына келтірілген қондырғы түрінде жасауға болады.

Зерттеудің өзектілігі: менің тақырыбымның өзектілігі – жоғары қысымды саптаманы жасау, сондықтан бұл саптамалар болашақта сол сорғының қысымын көтеру үшін реактивті сорғыларда қолданылады. Қысымды көтеру пайдалы жұмыстың көтерілуін түсіндіреді, яғни ПӘК-ін (пайдалы әсер коэффициенті). Көптеген Қазақстандық кен орындарында осы сорғы қондырғысын пайдаланады, демек, осы сорғының ПӘК-ін ұлғайта отырып, біздің әлеуетті клиенттеріміз бүкіл қазақстандық нарық болып табылады, сондай-ақ, бакалавр дәрежесінен білетініміздей, ағынды сорғының конструкциясы өте қарапайым және бұл сорғыны тиімді ету басым мақсат болып табылады және осы сорғыны пайдалану біздің нарықта бірнеше есе артады.

Нысан: жоғары қысымды реактивті сорғылардың гидродинамикалық қасиеттерін бағалауға арналған эксперименттік зертханалық стенд.

Мақсаты: магистрлік диссертацияның мақсаты – ағынды сорапқа арналған жоғары қысымды соплолардың қасиеттерін зерттеу және дизайнын негіздеу.

Негізгі міндеттері:

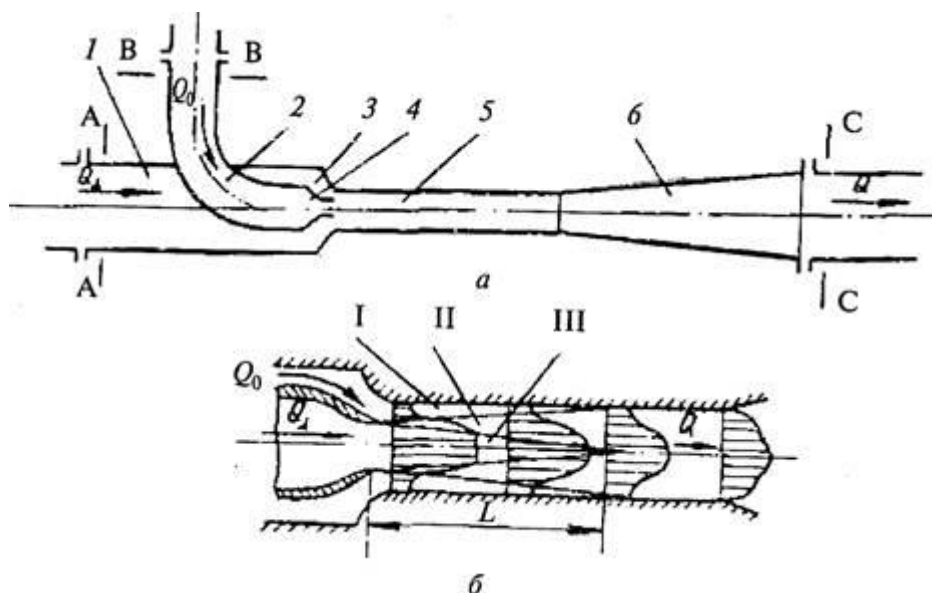
- жоғары қысымды саптамалардың құрылысын зерттеу;
- алынған нәтижелердің дұрыстығын растау мақсатында бақылау-өлшеу аспаптары мен саптамаға сынақ жүргізу;
- жүргізілген зерттеулер негізінде жоғары қысымды саптаманың конструкциясын әзірлеу;
- жоғары қысымды саптаманы жобалау кезінде экспериментте біздің өнеркәсіптерімізде қолданылатын қарапайым саптамалармен салыстырғанда, жоғары қысымды саптаманы есептеу арқылы дәлірек алынған тиімді екенін көрсетіңіз. Жоғары қысымды саптаманың көмегімен қысым көтеріледі, яғни сорғының пайдалы жұмысы көтеріледі, яғни сорғының тиімділігі (тиімділігі). Жоғарыда айтылғандарды дәлелдей отырып, біз саптамамыздың пайдалылығын көрсетеміз, өйткені біздің әлеуетті клиенттеріміз қазақстандық кен орындарының 70%-ы (Қазақстандық кен орындарының шамамен 70%-ы ортадан тепкіш сорғыларды пайдаланады, ал осы сорғының сипаттамаларын жақсарту үшін тандем жасауға болады, тандем дегеніміз – реактивті сорғымен біріктіру, ал біздің бөлшегіміз тандем сорғысының сапасын жақсартады), осының барлығын көрсете отырып, бізге осы компаниялар тарапынан қызығушылық тууы тиіс, бұл біздің басты міндеттеріміздің бірі.

Жұмысты орындау аясында жүргізілген зерттеу нәтижелерінің практикалық маңыздылығы біздің қазақстандық кен орындарында қолданылатын барлық реактивті сорғылардың пайдалы әсер коэффициентін арттыруға бағытталғандығымен анықталады және жоғары қысымды соплоның оңтайлы схемасын таңдауға және энергия шығындарын азайту үшін осы жүйелердегі ағынды сорғылардың жұмыс режимдерінің тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді.

1 Ағынды сораптың жұмысын теориялық зерттеу

1.1 Ағынды сораптың жұмыс істеу принципі

Ағынды сорапта немесе инжекторда (1.1 сурет) айдалатын сұйықтық ағыны ұңғыманың кенжарынан ұңғыманың сағасына дейін ұңғыма сағасынан беттік күштік сорғымен берілетін жұмыс сұйықтығының ағынынан энергия алу есебінен жылжиды.



1-айдалатын сұйықтықты жеткізу; 2-жұмыс сұйықтығын жеткізу; 3 - кіріс сақиналы саптама; 4-жұмыс саптамасы; 5-араластыру камерасы; 6-диффузор; I-айдалмаған айдалатын сұйықтық; II-шекаралық қабат; III - шығарылмаған жұмыс сұйықтығы (ядро)

1.1 Сурет – Ағынды сораптың схемасы (а) және ондағы сұйықтықтардың қозғалысы (б)

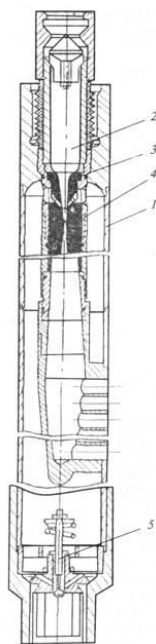
Ұңғымалық сұйықтықты айдау жұмыс камерасында эжекция құбылысының арқасында жүзеге асырылады, яғни ұңғымалық сұйықтықты үлкен энергияға ие сұйықтықтың жұмыс ағынымен араластырады.

Ағынды сорғының жұмыс режимі келесі параметрлермен сипатталады: сорғыда жұмсалған H_p жұмыс қысымы және сорғыға кірудегі (В–В қимасы) және одан шығудағы (С–С қимасы) жұмыс ағыны арындарының айырмашылығына тең, сорғы жасаған пайдалы H_p қысымы және сорғының артындағы берілетін сұйықтық арындарының айырмашылығына тең (С–С қимасы) және оның алдында (А–А қимасы); жұмыс сұйықтығының шығысы Q_1 ; пайдалы беру Q_0 . Реактивті сорғының ПӘК-і пайдалы қуаттың жұмсалған қуатқа қатынасына тең және $ПӘК = 0,2-0,35$ мәніне жетуі мүмкін. Реактивті сорғылардың тиімділігі жұмыс үрдісімен бірге жүретін энергияның үлкен шығындарына байланысты: араластыру камерасында (камераның қабырғаларына сұйықтықтың құйындылығы мен гидравликалық үйкелісі үшін); сұйықтықты жеткізетін және шығаратын сорғы элементтерінде (жұмыс және сақина шүмегі мен диффузорда) [1, 2, 3].

Реактивті сорғы келесідей жұмыс істейді. Жұмыс сұйықтығы V_1 жылдамдығымен ағып кеткенде, саптамалардан су басқан кеңістікке, саптаманың алдыңғы бөлігінің артында, ағынның бетінде араластыру аймағы пайда болады. Жылдам бөлшектер V_0 жылдамдығымен камераға айналмалы өту арқылы сорылып, оған энергия беретін қоршаған ортаға шығарылмаған сұйықтықтың баяу ағынына енеді. Қарқынды құйынның пайда болуына негізделген бұл процесс үздіксіз қалыңдататын реактивті шекара қабатында жүреді. Сонымен қатар, жұмыс ағынының ішкі аймағы, атап айтқанда оның ядросы және тазартылмаған сорылатын сұйықтықтың сыртқы аймағы үнемі азаяды және жұмыс саптамасынан L қашықтықта жұмыс істейтін және сорылатын сұйықтықтың ағындары толығымен араласады. Араластыру камерасының келесі бөлімінде сұйықтық ағынының жылдамдығы профилін туралау ғана жүреді. Көбінесе реактивті сорғыларда цилиндрлік араластыру камералары қолданылады, оларды жасау оңай және салыстырмалы түрде жоғары тиімділікті қамтамасыз етеді.

Араластыру камерасындағы ағынның жоғары жылдамдығын қысымға түрлендіру үшін ағын диффузорға жіберіледі.

Ағынды сорғының схемасы 1.2 суретте көрсетілген. Ағынды аппарат ауыстырылатын түйін болып табылады. Онда тозуға төзімді материалдардан жасалған сопло мен араластыру камерасы орнатылған. Саптамалар мен араластыру камералары өту арнасының әртүрлі диаметрімен орындалады және ұңғыманың параметрлеріне, жұмыс сұйықтығының қысымына, қажетті беріліске және т.б. байланысты таңдалады. Ағынды аппаратты ұңғымадан алуға және жұмыс сұйықтығы ағынының бағытын өзгерту арқылы орнатуға болады.



1 – сорғы корпусы; 2 – ағынды аппарат; 3 – сопло; 4 – араластыру камерасы;
5 – қосарланған тексеру клапаны

1.2 Сурет – Ұңғымалық ағынды сорғының конструкциясы

Егер жұмыс саптамасының көлденең қимасы араластыру камерасының ауданының 50-60% болса, онда сорғыны жоғары қысымды деп атауға болады. Бұл жағдайда сақиналы саптаманың көлденең қимасы салыстырмалы түрде аз, бұл жұмыс сұйықтығының ағынымен салыстырғанда сорылатын сұйықтықтың шығынын азайтады. Бұл жағдайда гидравликалық энергия сорылатын сұйықтықтың салыстырмалы түрде аз көлеміне беріледі және жоғары қысым дамиды.

Егер жұмыс саптамасының ауданы араластыру камерасының ауданының 20%-ынан аспаса, онда сәйкесінше сорылатын сұйықтықтың көлемі артады, демек, дамып келе жатқан қысым азаяды. Мұндай сорғылар төмен қысымды сорғыларға жатады.

Ұңғымалардағы сорғының жұмыс жағдайларының әр түрлі талаптарын қанағаттандыру үшін (берілістер мен қысымдар бойынша) өту қималарының аудандарының үйлесімін таңдау қажет.

Негізгі өндіруші фирмалар әр түрлі мөлшердегі жұмыс саптамалары мен әр саптамаға арналған бірнеше (1-ден 6-ға дейін) араластыру камераларының жиынтығы бар реактивті сорғылардың жиынтығын шығарады.

Kobe, National және Cuiberson фирмаларының реактивті сорғыларының жұмыс саңылауларының көлденең қималары $1,03 - 250,00 \text{ мм}^2$ диапазонында өзгереді, осы сорғылардың араластыру камерасының ауданы $2,84 - 1390 \text{ мм}^2$ құрайды.

Жұмыс саптамасы мен араластыру камерасының өлшемдерінің арақатынасын таңдау жұмыс жағдайларына байланысты. Шетелдік фирмалар көбінесе саптама мен мойын аймағының қатынасы $0,235 - 0,400$ болатын реактивті сорғыларды пайдаланады.

Шағын өлшемді өлшемдер және реактивті сорғылардың жұмыс сұйықтығының тікелей және кері айналымында жұмыс істеу мүмкіндігі ұңғыма жабдықтарының әртүрлі құрылымдық схемаларын қолдануға мүмкіндік береді.

Ағынды сорғылардың барлық түрлерін ұңғымаларда қолдануға болады, олар скважинаның едәуір қисықтығы және механикалық қоспалар мен сорылатын сұйықтықтағы бос газдың көп мөлшері бар жерлерде қолданыла береді.

Ағынды сорғыларды бұрғылау аяқталғаннан кейін ұңғымаларды игеру кезінде, өндіру және айдау ұңғымаларының төменгі шұңқыр аймағын тазарту кезінде, сондай – ақ резервуарға әсер етудің басқа әдістерімен бірге циклдік депрессия-репрессия әдісін кешенді қолдану кезінде қолдануға болады [4, 5].

1.2 Ағынды сорап моделі

Гидроағынды сорғының моделі энергияның, импульстің және массаның сақталу заңына негізделген. Бұл жағдайда ағындағы үйкеліс қысымының жоғалуы үйкеліс коэффициенттерімен ескеріледі. Реактивті

аппараттың әр бөлігінде қысымның өзгеруін және аппараттың ұзындығы бойынша басқа параметрлерді есептеу үшін тиісті теңдеулермен сипатталған өзіндік ағын режимі бар.

Теңдеулерді шығару және осы жұмыста нәтижелер алу кезінде қолданылған болжамдар ретінде мыналар қабылданды:

- 1) ұңғымадағы және эжектор ішіндегі гидродинамикалық процестер изотермиялық түрде жүреді;
- 2) қысым өзгерген кезде сұйықтықтың тығыздығы тұрақты болып қалады;
- 3) эжектор сопласындағы ағынның сығылу коэффициенті бірге тең.

1.3 Ағынды сораптың жоғары қысымды сопласы

Реактивті аппараттың негізгі элементтері: *жоғары қысымды сопло*, қабылдау камерасы, араластыру камерасы және диффузор.

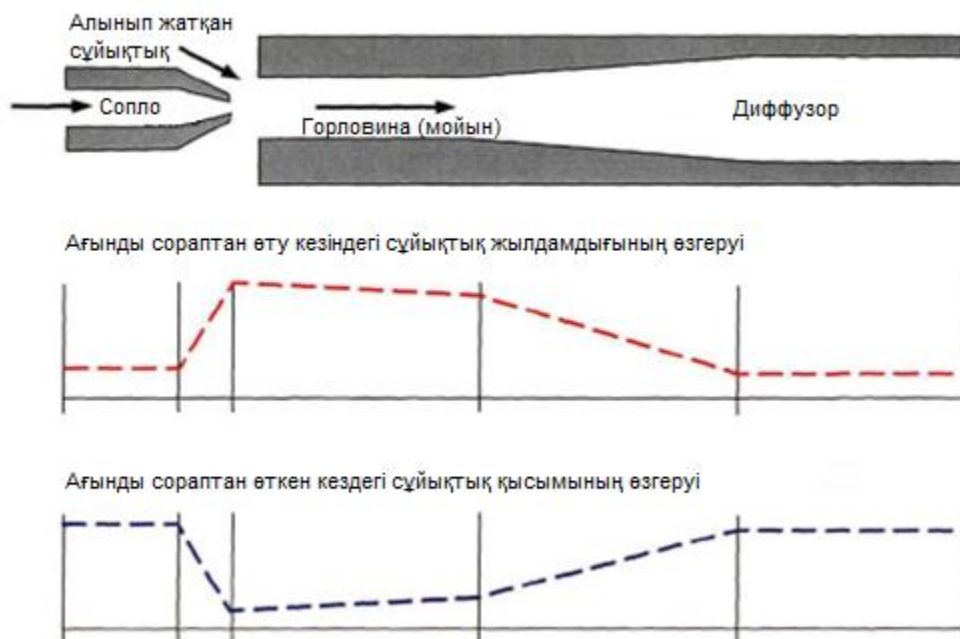
Жоғары қысымды сопло реактивті аппараттың негізгі құрылымдық элементтерінің бірі болып табылады және қысымның потенциалдық энергиясын жұмыс ағынының кинетикалық энергиясына түрлендіруге және ағындағы бұрылыстың белгілі бір таралуын жасауға қызмет етеді. Қабылдау камерасы инъекциялық ағынды жұмыс ортасының ағынына жеткізуге арналған. Араластыру камерасы екі ағынның жылдамдық өрісін араластыру және туралау үшін қолданылады. Диффузор жылдамдықтың біртіндеп төмендеуіне байланысты жалпы ағынның кинетикалық энергиясын қысымның потенциалдық энергиясына түрлендіргіш рөлін атқарады.

Әдетте реактивті аппараттарда алдымен жұмыс ағынының потенциалдық энергиясы кинетикалық энергияға айналады. Жұмыс ағынының кинетикалық энергиясы ішінара инъекциялық ағынға беріледі. Реактивті аппараттың ағынды бөлігі арқылы қозғалу процесінде аралас ағындардың жылдамдығы теңестіріледі, содан кейін аралас ағынның кинетикалық энергиясын потенциалдық энергияға кері түрлендіреді.



1.3 Сурет – Ағынды аппараттың принципіалды схемасы

1.4 суретте ағынды сораптың кинетикалық энергиясы мен жұмыс сұйықтығы қысымының өзгеруі көрсетілген.



1.4 Сурет – Ағынды сораптың жұмыс сұйықтығының қысымы мен жылдамдығының өзгеруі

Бөлім бойынша қорытынды

Бұл бөлімде ағынды сораптың басты бөлшектерінің бірі сопло егжей-тегжейлі қарастырылды. Ағынды сорап соплосының, жалпы сорап жұмысына және оның басты параметрлеріне, қалай әсер ететіні көрсетілді. Параметрлерге келетін болсақ, ол сұйықтық жылдамдығының және қысымының соплоға дейінгі және соплодан кейінгі көрсеткіштері. Яғни бұл жұмыстың басты мақсаты да осы соплоның еі эффективті геометриялық параметрлерін таңдау. Ал сол таңдалған геометриялық параметрлер бойынша соплоның пайдалы әсер коэффициентін (ПӘК) максималды түрде ұлғайту.

2 Жоғары қысымды соплоның негізгі параметрлерін анықтау

2.1 Жоғары қысымды соплоға Бернулли теңдеуін қолдану

Жоғары қысымды сопло. Күш сұйықтығы беретін энергия кинетикалық және потенциалдық энергиядан тұрады. Кинетикалық энергия ағынның жылдамдығына және саптамаға кіретін қысымға және потенциалдық энергияға байланысты. Қысым астындағы сұйықтық, әдетте, қуатты сорғы қондырғысынан (мысалы, ЭОТС) беріледі және жоғары жылдамдықты ағын ретінде сопло арқылы араластыру камерасына жіберіледі [7].

Араластыру камерасына кірген кезде қысымы бар сұйықтық шығарылатын сұйықтықпен араласады.

Бернулли теңдеуі сопло үшін энергияның сақталу заңын сипаттайды:

$$P_i + \frac{1}{2}\rho_1 V_i^2 = P_o + \frac{1}{2}\rho_1 V_n^2 + K_n \frac{1}{2}\rho_1 V_n^2 . \quad (2.1)$$

Бұл өрнек (2.1) келесі ретте ұсынылуы мүмкін:

$$P_i - P_o = Z(1 + K_n) . \quad (2.2)$$

Бұл болжам араластыру камерасынан біршама қашықтықта орналасқан соплосы бар реактивті сорғылар үшін жарамды, сондықтан жоғары жылдамдықты ағын қабылдау камерасындағы қысымға жақын немесе тең болатын ортада ағып кетеді. Z динамикалық қысым ретінде анықталады:

$$Z = \frac{1}{2}\rho_1 V_n^2 . \quad (2.3)$$

2.2 Ағынды сораптың геометриясы

Жоғарыда сипатталған реактивті сорғының бір өлшемді көрінісі оның бойлық параметрлерін/профильдерін көрсетпейді. Сонымен қатар, реактивті сорғылардың бойлық мәндері реактивті сорғының жұмысына да әсер етуі мүмкін екендігі айтылады. Дизайнға маңызды параметрлер – сопло мен араластыру камерасы арасындағы қашықтық, араластыру камерасының ұзындығы.

Тым ұзын араластыру камераларын таңдағанда кинетикалық энергияның жоғалуы нәтижесінде сорғының қысым сипаттамасы нашарлауы мүмкін, бұл сорғының кавитациялық тұрақтылығын нашарлатып, оның сипаттамаларын төмендетуі мүмкін.

Сопло жоғары жылдамдықты ағыннан кейінгі үйкеліс қысымының жоғалуын азайту үшін қысқа конустық дизайнмен ұсынылады. Эксперименттік мәліметтерге сәйкес кавитацияның алдын алу үшін 0,5-2 диапазонында Sp/D_{th} ретінде араластыру камерасының саңылауы мен

горловинының арасындағы оңтайлы қашықтық алынады, бірақ ұсынылатын мәні – 1.

Араластыру камерасының ұзындығы жалпы өнеркәсіптік гидроағынды сорғы үшін $L/D_{th} = 8$ ұсынылады, алайда ұсынылған сорғының тиімділігін араластыру камерасының ұзындығын өзгерту арқылы одан әрі жақсартуға болады.

2.3 Стендтік құрама сорапты қондырғы (ҚСҚ) үшін жоғары қысымды саптамалардың конструкциясын тандау және негіздеу

Жоғары өнімділікті қамтамасыз ететін реактивті сорғының маңызды түйіндерінің бірі – жұмыс сұйықтығының жоғары қысымды саптамасының профилі мен дизайны, ол жұмыс сұйықтығының потенциалдық энергиясын кинетикалық (конустық конвергентті саптамада), жұмыс сұйықтығының бөлшектері мен берілген орта арасындағы қозғалыс мөлшерін алмасу жағдайларын анықтайды. (араластыру камерасында), сондай-ақ жұмыс сұйықтығының потенциалдық энергиясының кинетикалық (конустық конвергентті саптамада) жұмыс және тасымалданатын сұйықтықтар қоспасының кинетикалық энергиясы потенциалға (диффузорда).

Ағынды сораптардың тиімділігінің төмен мәні жұмыс процесінде жүретін энергияның айтарлықтай жоғалуына байланысты. Көптеген зерттеулерге сәйкес, сорғының элементтерінің бірі, оның потенциалдық энергиясын кинетикалық энергияға айналдыру кезінде жұмыс сұйықтығының энергия жоғалуының едәуір үлесі жоғары қысымды саптаманың профилі болып табылады.

Сонымен, жұмыста саптама бетінің масштабы мен кедір-бұдырлығының әсері зерттелді, нәтижесінде соңғысының пішіні мен кедір-бұдырлығы реактивті сорғының тиімділігі мен сипаттамаларына айтарлықтай әсер ететіні анықталды. Бір қарағанда, саптама өлшемдерінің шамалы ауытқулары және өндіріс кезінде рұқсат етілген бетінің кедір-бұдыры сорғы параметрлерінің есептеуден айтарлықтай ауытқуларына әкелуі мүмкін.

Зерттеу көрсеткендей, саптаманың ішкі пішінінің кішкене конустығы сорғының қысымына айтарлықтай әсер етеді, атап айтқанда сорғының кірісіндегі қысымның шамалы өзгеруімен оны арттырады, бұл сорғының тиімділігінің жоғарылауын бағалауға мүмкіндік береді.

Осы есептік және стендтік зерттеулердің нәтижелерінен тік сызықты бөліктің азаюы сорғының қысымын арттырады, ал есептеулер көрсеткендей, сорғыға кіру қысымын айтарлықтай өзгертпестен, яғни тік сызықты бөліктің ұзындығының төмендеуімен бүкіл қондырғының тиімділігі артады. Саптаманың одан әрі қысқаруы сорғының жұмыс саңылауының мөлшерінің айтарлықтай өзгеруіне әкеледі және есептеу сипаттамасын айтарлықтай бұрмалайды.

Есептеулер көрсеткендей, тік сызықты учаске бар саптамадағы ток бейнесі ол болмаған кезде токтан айтарлықтай ерекшеленеді. Тік сызықты

учаске болмаған кезде жылдамдықтың үлкен мәні сорғының үлкен сору қабілетін тудырады.

Жоғарыда келтірілген есептеу және стендтік зерттеулердің нәтижелерінен тік сызықты бөліктің азаюы сорғының қысымын арттырады, ал есептеулер көрсеткендей, сорғыға кіру қысымын айтарлықтай өзгертпестен, яғни түзу сызықты бөліктің ұзындығының төмендеуімен бүкіл қондырғының тиімділігі артады. Саптаманың одан әрі қысқаруы сорғының жұмыс саңылауының мөлшерінің айтарлықтай өзгеруіне әкеледі және есептеу сипаттамасын айтарлықтай бұрмалайды [13].

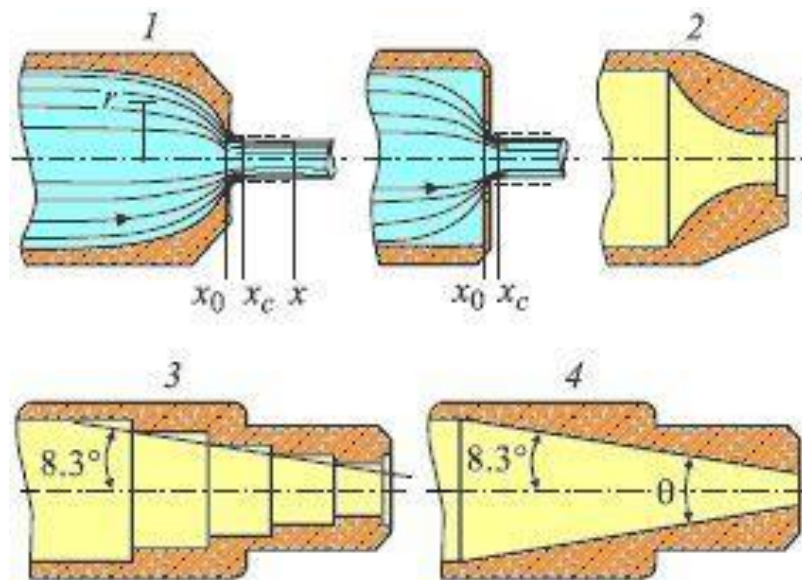
Тәжірибелік стенд саптаманың келесі гидродинамикалық сипаттамаларын анықтауға мүмкіндік береді:

- саптамадағы жұмыс сұйықтығының энергия шығыны,
- ағын профилі (ағын алауының ашылу бұрышы және қашықтығы),
- жұмыс сұйықтығының ағынынан реактивті энергия,
- саптамадан шығудың бастапқы учаскесіндегі сұйықтық ағынының жылдамдығы.

Қарапайым жағдайда саптама цилиндрлік немесе конустық түтік болып табылады, оның бір ұшы сұйықтық немесе газ көзіне, ал екіншісінен жоғары жылдамдықты ағын ағып кетеді.

Саптаманың жұмыс принципі сұйықтықтың немесе газдың жылдамдығын кіріс бөлігінен шығыс қимасына дейінгі бағытта үздіксіз арттыруға негізделген.

Реактивті сорғының зерттелетін стендтік нұсқасы үшін прототип ретінде белсенді соплоның төрт түрі қарастырылды:



2.1 Сурет – Базалық соплолардың прототип нұсқалары

1) Профильдің шығу қисықтығымен. Саптаманың ұзындығы мен радиусы мен ағындағы статикалық қысымды тікелей өлшеу нәтижелері бойынша ондағы ток сызықтарының сапалық түрі жұқа қабырғадағы тесікке

ұқсас, ағындардың траекториясы параболалық пішінге ие (№1 саптаманың оң жағында көрсетілген).

2) Қысқа коноидальды. Дәстүрлі тұрғыдан алғанда, ол басқа профильдермен салыстырғанда сұйықтықтың ең көп ағынын қамтамасыз етеді (сондықтан жылдамдық), бәрі бірдей.

3) Сатылы. Конус ерітіндісі бұрышының орташа ұзындығы № 4 тегіс конустық саптамамен ұқсас. Дәстүрлі көзқарас бойынша, ағынның жарамдылық мерзімін одан әрі нашарлатып, саңылаудың гидравликалық кедергісін оның люменін төмендетпей-ақ алуға болады, мүмкін, саптаманың ішінде сұйықтықтың қарсы ағынын жасай аласыз.

4) Тегіс конустық. Дәстүрлі тұрғыдан алғанда, ол үлкен қашықтықта ағынның максималды кинетикалық энергиясын қамтамасыз ету үшін оңтайлы ішкі профильге ие. Сондықтан шлангілердің, өрт брандспойттарының, гидромониторлардың және басқа құрылғылардың ұштары әдетте осылай жасалады, мұнда ағынның максималды күші мен ауқымын алу қажет.

Ағынның максималды кинетикалық энергиясын алу үшін тегіс конустық саптаманы қолдану керек. Бұрын жүргізілген зерттеулердің талдауы көрсеткендей, сұйықтық ағынының минималды энергия шығыны бар қысқа конустық саңылаулар ең қолайлы болып табылады. Алайда, реактивті сорғының кішкентай мөлшерімен саптаманың қабырғаларының салыстырмалы қалыңдығы үлкен болып шығады, бұл араластыру камерасына кіруге кедергі келтіреді және сорғының кавитация сапасының нашарлауына әкеледі. Сондықтан оның қабырғалары мүмкіндігінше аз болуы керек [16].

Реактивті сорғының жұмыс режимдерін модельдеудің нәтижелері, реактивті сорғының қолданыстағы дизайн үлгісін жобалау үшін келесі негізгі параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді:

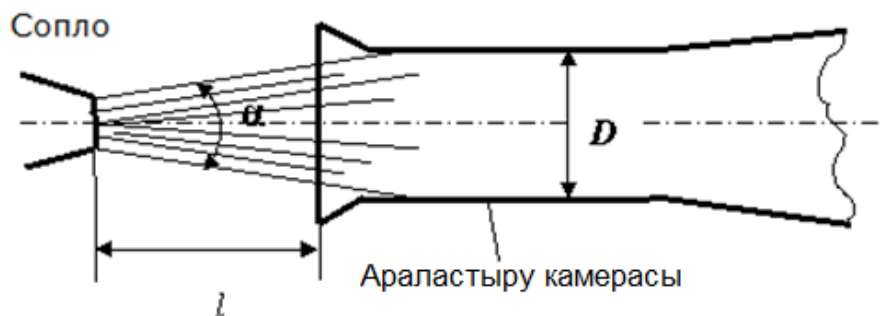
– Сопло ауданының араластыру камерасының ауданына қатынасы, $d_c/d_{kc} = 0,25$.

– Соплоның диаметрі $d_c = 7,43$ мм.

Алайда, бұрын жүргізілген жобалық модельдеу нәтижелері саптаманың саңылауындағы кіріс жиегінің геометриялық өлшемдері мен пішінін, ағынның жылдамдығын жинау үшін тарылу аймағының ұзындығын анықтауға мүмкіндік бермейді.

Кейбір дереккөздер ағынды біртіндеп тұрақтандыру үшін кіріс конусының ұзын бөлімдерінің артықшылықтарын көрсетеді. Алайда, есептелген модельдеу бұл реактивті энергияның айтарлықтай жоғалуына әкелуі мүмкін екенін көрсетті. Қысқа конустық саңылауларда энергия мен қысымның жоғалуы аз болады, бірақ олардың ішкі бетін розеткаға мұқият өңдеуді қажет етеді. Егер олар өнеркәсіптік реактивті сорғыда қолданылса, сұйықтықтарды механикалық қоспалармен сорып алғанда, олардың ішкі беттерінің жоғары тазалығын қамтамасыз ету қиынға соғады. Сондықтан ымыраға келу шешімін іздеу керек.

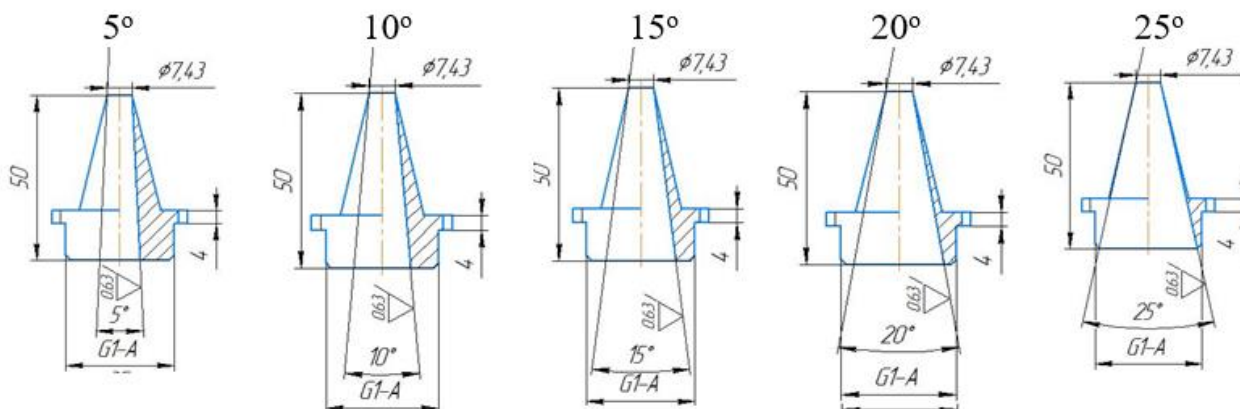
Зерттеу үшін ерекше қызығушылық-саптамадан шығатын ағынның бастапқы бөлімі. Бұл ағын реактивті аппараттың негізгі элементіне – араластыру камерасына сәйкес келуі керек (2.2 сурет).



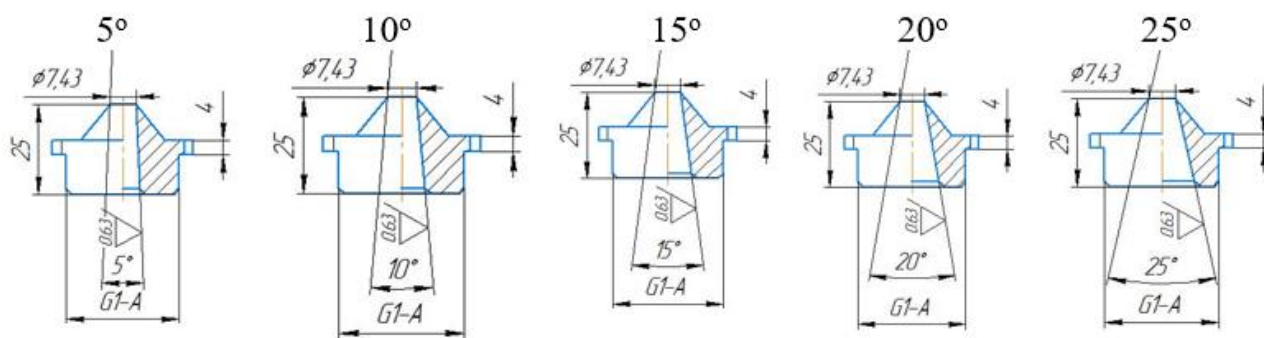
2.2 Сурет – Араластыру камерасына кіретін ағын пішіні

Соплоның араластыру камерасынан қашықтығы L және оның диаметрі ағынның бастапқы бөлігінің кеңею бұрышымен анықталады. Дұрыс анықталған параметрлер реактивті сорғының жоғары тиімділігін алуға мүмкіндік береді. Бұл параметрлердің оңтайлы параметрлерден аздап ауытқуы да Эжекция коэффициентін төмендетуі мүмкін. Ағын алауының ашылу бұрышы көптеген факторларға байланысты, олардың арасында саптаманың саптамасының пішіні және бетінің тазалығы, ағынның ағу жылдамдығы, тұтқырлық және ортаның тығыздығы басым.

3D басып шығару әдісімен реактивті сорғыға арналған саптама пішінінің оңтайлы нұскасын таңдау үшін АК-24 құрылымдық алюминийден жасалған, тегіс конустық саптаманың 5 нұсқасы – ұзын және қысқа (5, 10, 15, 20 және 25°) 2.3 және 2.4 суретте көрсетілген қысқа коноидальды соплолар көрсетілген. Сыналатын саптамалардың гидродинамикалық қасиеттерін бағалау үшін қосымша арнайы стенд жасалынды.



2.3 Сурет – Ұзын конустық соплолардың нұсқалары



2.4 Сурет – Қысқа конустық соплолардың нұсқалары

Бөлім бойынша қорытынды

Зерттеу нәтижелерінен бірнеше қорытынды жасадық:

1) Қабылданған дизайн ұсыныстарынан айырмашылығы, ағынды сорап саптамасын сораптың тиімділігін арттыру үшін сәл конустық (тік сызықты емес) жасау керек.

2) Конструкторлық құжаттаманы дайындау және өндірісте бақылау жүргізу кезінде сопло пішінінің рұқсаттарына(допуск) ерекше назар аудару керек.

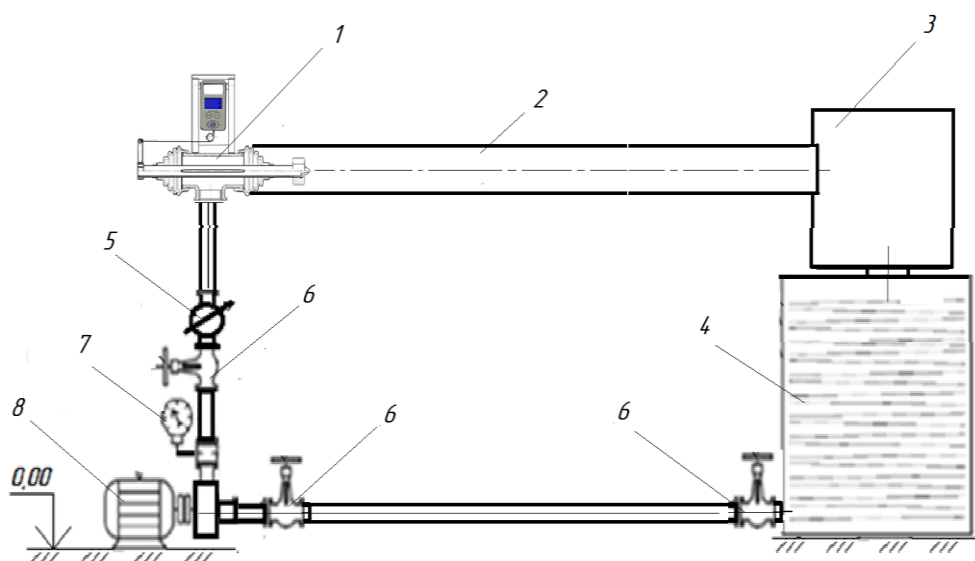
Алайда, қазіргі уақытта техниканың әртүрлі салаларында қолданылатын ағынды сораптың жұмыс сұйықтықтарының жоғары қысымды соплоларның көптеген конструкциялары тәжірибелі болып табылады. Жобалаудың сенімді әдістері болмаған жағдайда, бұл әдіс ағынды сорғыны жобалауда және олардың конструкцияларын жетілдіруде жиі қолданылатын тәжірибенің бірі болып қала береді.

Ағынды сорғының тәжірибелік нұсқасының жоғары қысымды соплосының құрылымы мен профилін дұрыс таңдау үшін ағынды сорғылардың практикада қолданылатын соплолар конструкцияларын және стендтік эксперименттік қондырғының есептеу режимдерінде олардың жұмыс режимдерін есептік модельдеу жүргізілді. Есептік модельдеу нәтижелері бойынша олардың гидродинамикалық сипаттамаларын ағынның профилін визуализациялай отырып, арнайы дайындалған стендте зерттеу үшін олардың ең перспективалы нұсқалары жасалынды.

3 Эксперименттік зертханалық стенд

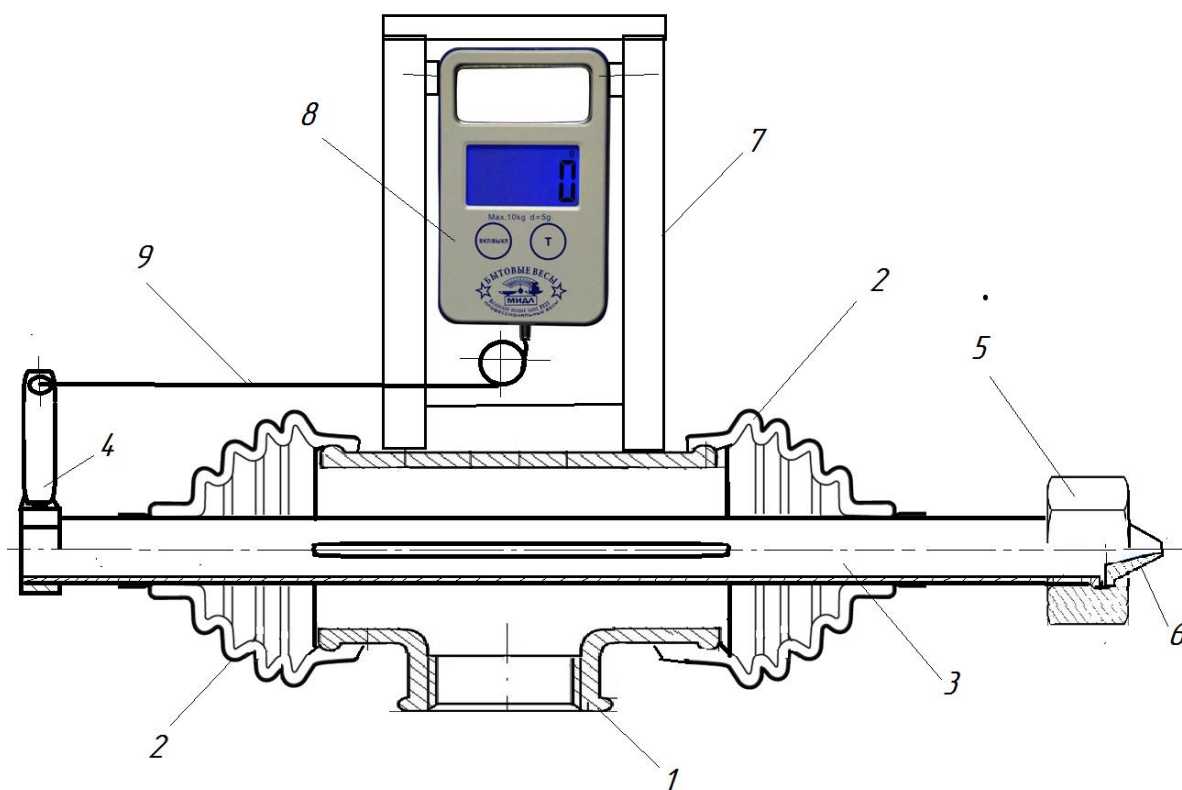
3.1 Жоғары қысымды ағынды сораптың гидродинамикалық қасиеттерін бағалауға арналған эксперименттік зертханалық стендтің сипаттамасы

Әр түрлі конструкциялардағы жоғары қысымды соплолардың гидродинамикалық қасиеттерін бағалау және оларды дұрыс таңдау үшін тандем қондырғысының ағынды сорабы үшін 3.1 және 3.2 суреттерінде ұсынылған өлшеу құрылғысы бар сынақ стенді жасалды.



- 1 – өлшеу басы; 2 – құбыр; 3 – қабылдау камерасы;
4 – кубтық бак; 5 – су өлшегіш; 6 – тиекті қран; 7 – манометр;
8 – ортадан тепкіш сорап

3.1 Сурет – жоғары қысымды соплоларды гидродинамикалық сынауға арналған стенд



1 – тройник; 2 – гофра; 3 – тегеурінді құбыр; 4 – кронштейні бар бітеуіш; 5 – ілмекті гайка; 6 – шүмек; 7 – кронштейн; 8 – күш өлшегіш; 9 – трос

3.2 Сурет – Стендтің өлшеуіш басы

Гидродинамикалық қасиеттерді бағалау және соплоның дұрыс дизайнын таңдау принциптері келесі параметрлер мен бағалау құралдарына негізделген:

– құбырда жоғары жылдамдықты бейне түсіру арқылы ағынның геометриялық параметрлері (ауқымдылығы, конустың ашылу формасы және ағынды ұсақтаудың басталуы) ,

– уақыт бірлігіндегі су шығыны,

– өлшеу басына кірудегі қысым,

– ағынның реактивті компоненті (сандық күш өлшегіш).

Сынақ стенді келесі негізгі компоненттерден тұрады (3.17 және 3.18-сурет): максималды берілісі 5 м³/сағ және қысымы 45 м орталықтан тепкіш сорғы негізінде сорғы қондырғысы; қысым сызығындағы қысым мен ағынды бақылау құралдары (өлшеу шегі 0...0,5 МПа болатын үлгілі манометр және оның дәлдік класы 1,0; қалақты шығын өлшегіш, дәлдік класы 0,5); сандық күш өлшегіш негізінде жоғары қысымды ағынның реактивті компонентін бағалау үшін арнайы құрастырылған өлшеу басы; Құбырлы канал L = 2 м; текше сыйымдылығына орнатылған қабылдау камерасы. Ағынды визуализациялау үшін сұйықтық боялынған. Соплоға кіре берістегі сұйықтық ағынын тұрақтандыру, күш өлшеуіш басындағы құбырдың тік сызықты кіре беріс бөлігінің 25 есе кіші болған диаметріне байланысты болды.

3.2 Стендтегі бақылау-өлшеу аспаптарының (БӨА) тізбесі

Менің магистрлік диссертациямда бірнеше бақылау-өлшеу құралдары қолданылады. Олар: су өлшегіш, күш өлшегіш, манометр және саптаманың реактивті компоненті. Солардың әрқайсысына жеке-жеке тоқталайық.

1) Су өлшегіш



3.3 Сурет – Су өлшегіш

Біздің стендте "Cascad" фирмасының су өлшегіші қолданылады. "CASCAD" су есептеуіштері бекітілген үлгідегі өлшеу құралдары болып табылады және KZ нөмірімен Қазақстан Республикасы Инвестициялар және даму министрлігінің Техникалық реттеу және метрология комитетімен Қазақстанның өлшеу құралдарының тізіліміне енгізілген. 02.02.05461-2017, сертификат №13807, 31.01.2017 ж.

Пайдаланылатын біздің су өлшегіштің метрологиялық дәлдік сыныбы В, диаметрі 25 мм, "CASCAD", WM-UW25 суық және ыстық су есептегіштері өнеркәсіптік кәсіпорындар мен тұрғын үй-коммуналдық шаруашылықтағы сумен жабдықтау жүйелерінің және жылумен жабдықтау жүйелерінің жылу желілерінің құбырларындағы су көлемін өлшеуге арналған. Есептегіштерде импульстің салмағы $10 \text{ дм}^3/\text{имп}$ болатын импульстік шығыс болуы мүмкін. Орташа қызмет мерзімі – 12 жыл.

Оның жұмыс параметрлері: өнімділік $Q = 3.5 \text{ м}^3/\text{сағ}$; жұмыс қысымы $P = 1,6 \text{ МПа}$; максималды ыстық судың температурасы $T = 95^\circ\text{C}$.

2) Күш өлшегіш



3.4 Сурет – Күш өлшегіш

"WeiHeng" типті күш өлшегіштер. Кейде жүк өлшегіш деп те аталады, мұнда негізгі параметр – ауырлық күші (ол килограммда көрсетілген, біздің күш өлшегіш, жүктеме салмағы 50 кг-ға дейін көрсете алады).

3) Манометр

«Wika» типті манометр қолданылды.

Сипаттамасы:

Өлшеу жүйесінің материалы «Жез»;

Механизмнің материалы «Жез»;

Қоршаған орта температурасы – 40°C -тан $+ 60^\circ\text{C}$ -қа дейін;

Орта температурасы – 60°C ;

Дәлдік класы: 1.6, 2.5.

Опциялар: алдыңғы фланец, бекіту кронштейні, дроссель, шамадан тыс жүктеме қорғанысымен орындау, бекіту материалы-гальваникалық никельмен қапталған жез



3.5 Сурет – Манометр

4) Соплоның реактивті компоненті. Су соплодан өткенде, ол кері қуат ағынын (кері қысым) береді, бұл да бізде БӨА-на қатысты. Бірақ ол эксперимент барысында өлшенеді.

3.3 Ағынды сораптардың жоғары қысымды соплоларының (саптама) гидродинамикалық сапасын бағалау бойынша зертханалық зерттеулер әдістемесі

Соплолардың гидродинамикалық сапасының параметрлерін бағалау мынадай ретпен жүргізіледі:

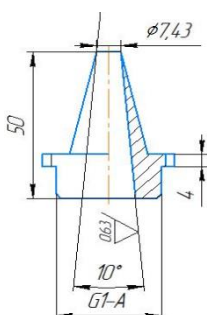
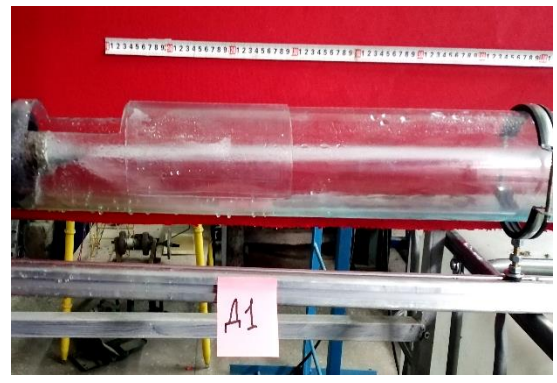
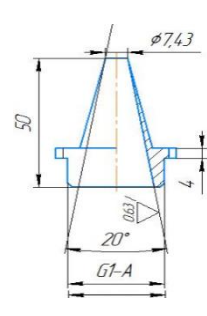
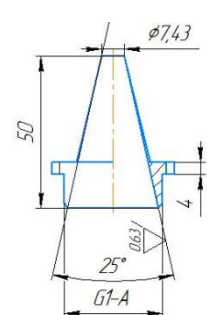
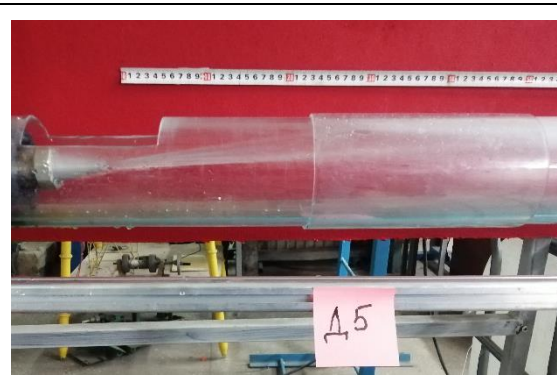
- арынды құбырдың бұрандалы ұшында гайка арқылы сыналатын соплолар рет-ретімен орнатылады;
- орталықтан тепкіш сорғыны қосу және ысырманы 6 ашу арынды магистральда артық қысым жасайды. Манометрмен 7 тіркелетін қысымның пайда болуына қарай ысырма 6 ақырын ашылады;
- сыналатын саптамадан мөлдір құбырға 2 сұйықтық ағыс түрінде ағып басталғаннан кейін оның геометриялық параметрлерін (ағыс пішіні, ағыс алауының ашылу бұрышы), белгілі бір уақыт аралығында сұйықтықтың қысымы мен шығынын және күш өлшегіштің 8 көрсеткіштерін анықтау үшін оның фотосуреті жазылады.

Ағынның пішіні кіріс конусы мен реактивті сорғының араластыру камерасының пішінін таңдауға шешуші әсер етеді, ал реактивті компонент кейіннен тандем сорғы қондырғысының ұңғымалық нұсқасын жасау үшін саптама мен араластыру камерасының кірісі арасындағы қашықтықты автоматты түрде реттеу үшін басқару құрылғысының параметрлерін таңдау үшін қажет болуы мүмкін [16].

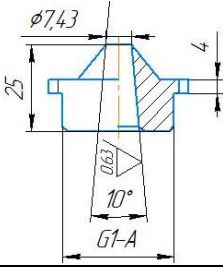
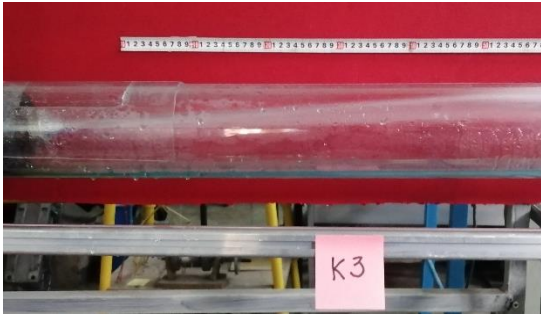
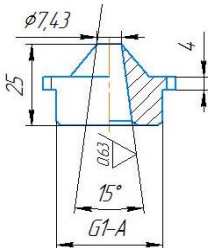
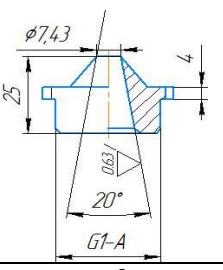
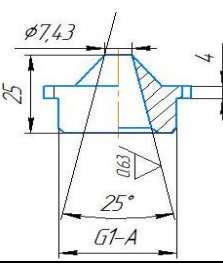
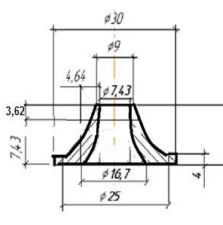
3.4 Жоғары қысымды соплолардың гидродинамикалық қасиеттерін зертханалық зерттеу нәтижелері бойынша талдау, оңтайлы конструкциясын таңдау және негіздеу

Ағынды сорғыға арналған жоғары қысымды соплоның оңтайлы геометриясын таңдау үшін сумен үрлеу арқылы стендте бірқатар сынақтар жүргізілді. 3.1 кестеде ағып жатқан ағынның формасын, реактивті компонентті және шығыс сипаттамаларын анықтай отырып, кейбір зерттеу нәтижелері көрсетілген.

3.1 Кесте – Ағынды сорапқа арналған соплолар нұсқаларының үрлеу нәтижелері

Сопло нұсқасы	Қысым Р, МПа	Шығын, л/мин.	Реактивті күраушы F, Н	Ағын формасы
10° 	1,7	129,0	47,9	
20° 	1,7	132,6	43,5	
25° 	1,7	136	42,5	

3.1-ші кестенің жалғасы

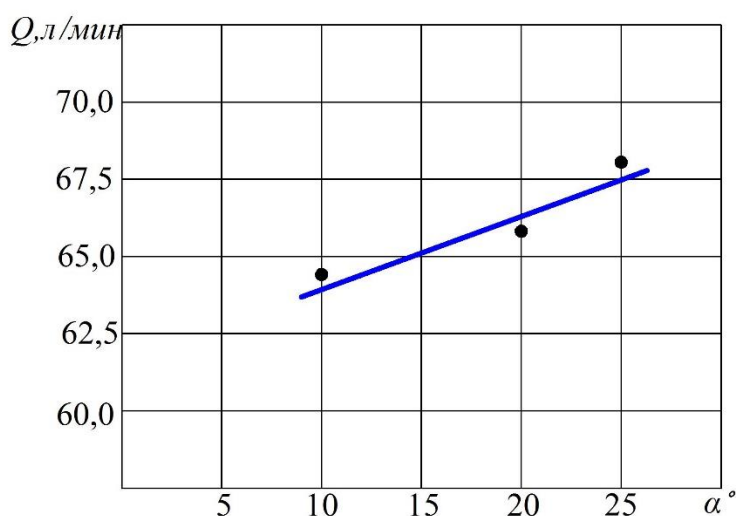
10° 	1,7	130,0	43,1	
15° 	1,7	130,5	48,1	
20° 	1,7	133,0	46,7	
25° 	1,7	133,2	47,8	
	1,7	135,1	48,6	

3.6-шы суретте көрсетілгендей ағын параметрлерін визуалды түрде анықтау және қалыптастыруды талдау үшін жоғары жылдамдықты ағын формаларының бірі көрсетілген.



3.6 Сурет – Сыналатын соплодан шығып жатқан жоғары жылдамдықты сұйықтық ағынының формасы

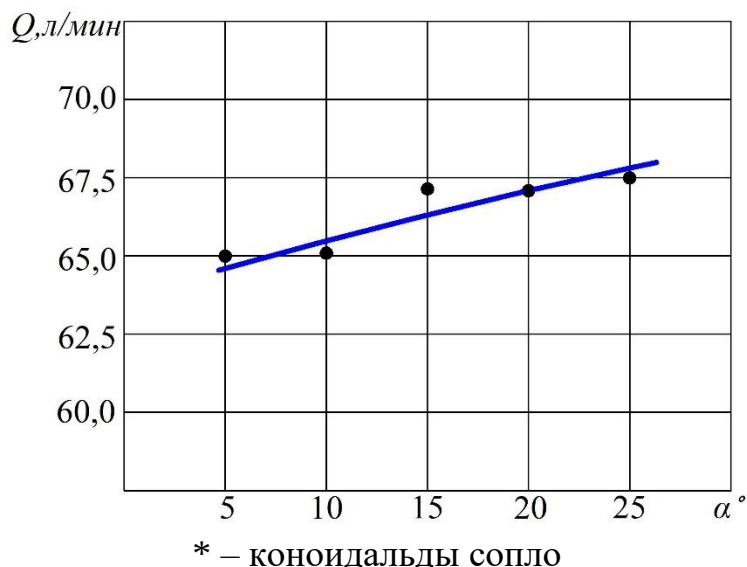
3.7–3.10 суреттерінде зерттеу нәтижелерінің графикалық интерпретациялау нәтижелері ұсынылған.



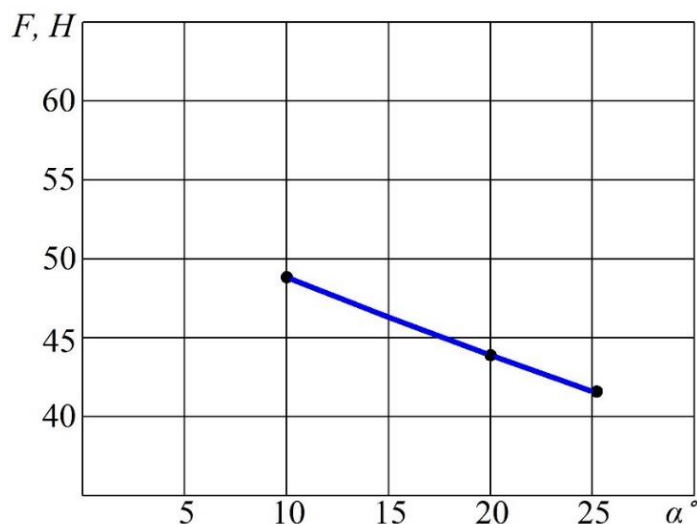
3.7 Сурет – Ұзартылған соплолардың шығыс компонентіне конустық бұрыштың әсері – $Q = f(\alpha)$

Стендтік жағдайларда саптамалардың оңтайлы геометриясын таңдау бойынша салыстырмалы сынақтар нәтижелерін талдау, бірқалыпты қисық сызықты бейіні бар қысқа коноидальды (профильді) соплолардың ең жақсы нәтижелері бар екенін көрсетті, соның арқасында ағынның біртіндеп үдеуі қамтамасыз етіледі. Ағынды сорғының сопласы мен оның араластыру камерасы арасындағы қашықтық 14,86 мм, есептелген модельдеу негізінде анықталған кезде, олардың ағып жатқан ағынының формасы араластыру камерасының барлық кіріс бөлігін жабады және шығарылатын сұйықтықтың

импульсін максималды беруді қамтамасыз етеді. Конустық саңылаулар шығудағы сұйықтық ағынының қысылуымен сипатталды, оның шамасын нақты анықтау оның тұрақсыздығына байланысты мүмкін болмады. Бұл араластыру камерасына кірген кезде жоғары қысымды ағынның қимасы саптаманың ауданынан аз болады, бұл эжекцияланған ортаға және тұтастай сорғы параметрлеріне энергия импульсін араластыру және беру процесіне теріс әсер етеді [24].



3.8 Сурет – Конустық бұрыштың қысқа коноидальды соплолардың шығыс компонентіне әсері $Q = f(\alpha)$

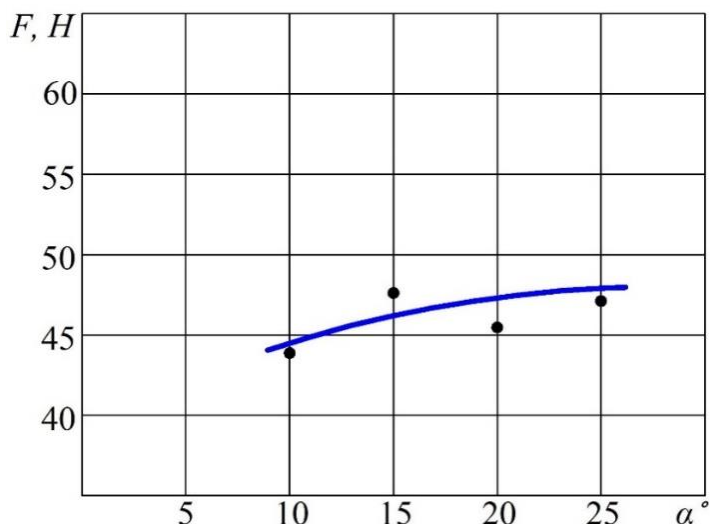


3.9 Сурет – Конустық бұрыштың ұзын соплолардың реактивті компонентіне әсері – $F = f(\alpha)$

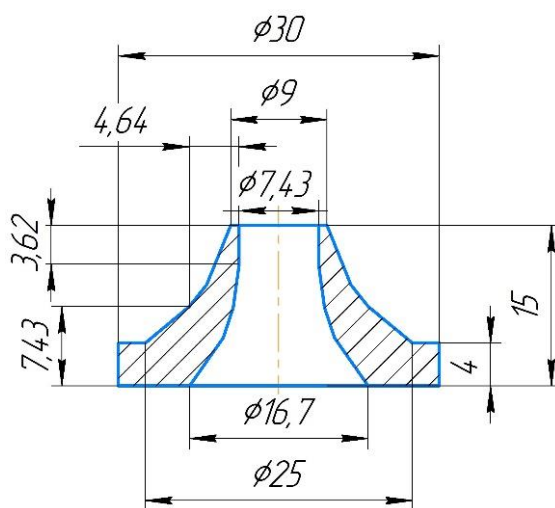
Соплолардың әртүрлі нұсқаларын сынау кезінде параметрлердің кейбір таралуы конустық саптаманың шығыс бөлігіндегі ағынның сығылу шамасын азайту үшін саптаманың шығыс саңылауының цилиндрлік бөлігінің

ұзындығы маңызды екенін көрсетті. Ол тесіктен шықпас бұрын сұйықтық ағынын тұрақтандыруға және ағынның кейінгі қалыптасуына әсер етеді.

Берілген дизайн үшін цилиндрлік бөліктің ұзындығының шығыс диаметріне оңтайлы қатынасы 0,35-тен 0,5-ке дейін болатындығы эксперименталды түрде анықталды. Гидравликалық шығындар мен ағынның тұрақтануына саптаманың ішкі бетінің тазалығы да айтарлықтай әсер етеді. Сонымен, ағынды коэффициент бойынша жылтыратылған және жылтыратылмаған беттері бар саптамалардың сипаттамалары арасындағы айырмашылық 5-8% болуы мүмкін.



3.10 Сурет – конустық бұрыштың қысқа коноидальды соплолардың реактивті компонентіне әсері – $F = f(\alpha)$



3.11 Сурет – Ағынды сораптың соплосы

Өткізілген сынақтар негізінде ағынды сорғының стендтік нұсқасын жабдықтау үшін ең жақсы көрсеткіштері мен құрылымдық өлшемдері 3.11 суретте көрсетілген қысқа коноидальды (профильді) сопло таңдалды.

Жоғары қысымды саптаманың бұл дизайны координаттарын 3.1 формуласы бойынша анықтауға болатын ұсыныстарға сәйкес келеді

$$r = \frac{r_1}{\sqrt{1-(1-n_c)\left(1-\frac{3x^2}{a^2}\right)/\left(1-\frac{x^2}{a^2}\right)^2}}, \quad (3.1)$$

Саптаманың бұл формасы Вентури саптамасы ағынының кіріс бөлігіне көбірек сәйкес келеді, ол сонымен қатар кіріс аймағында қарқынды тарылуымен сипатталады және шығыс бөлігінде айтарлықтай аз болады. Ағынның энергия шығыны саптаманың ұзындығының қысқаруына байланысты азаяды, оның мәні оның шығу саңылауының екі диаметріне тең ($l_c \approx 2dc$), ал цилиндрлік бөліктің шығу диаметріне (l_c/dc) қатынасы $\approx 0,5$ құрайды.

3.5 Құрама сорғы қондырғысына стендтік эксперименттік зерттеулер жүргізу үшін ағынды сорғының конструкциясын әзірлеу

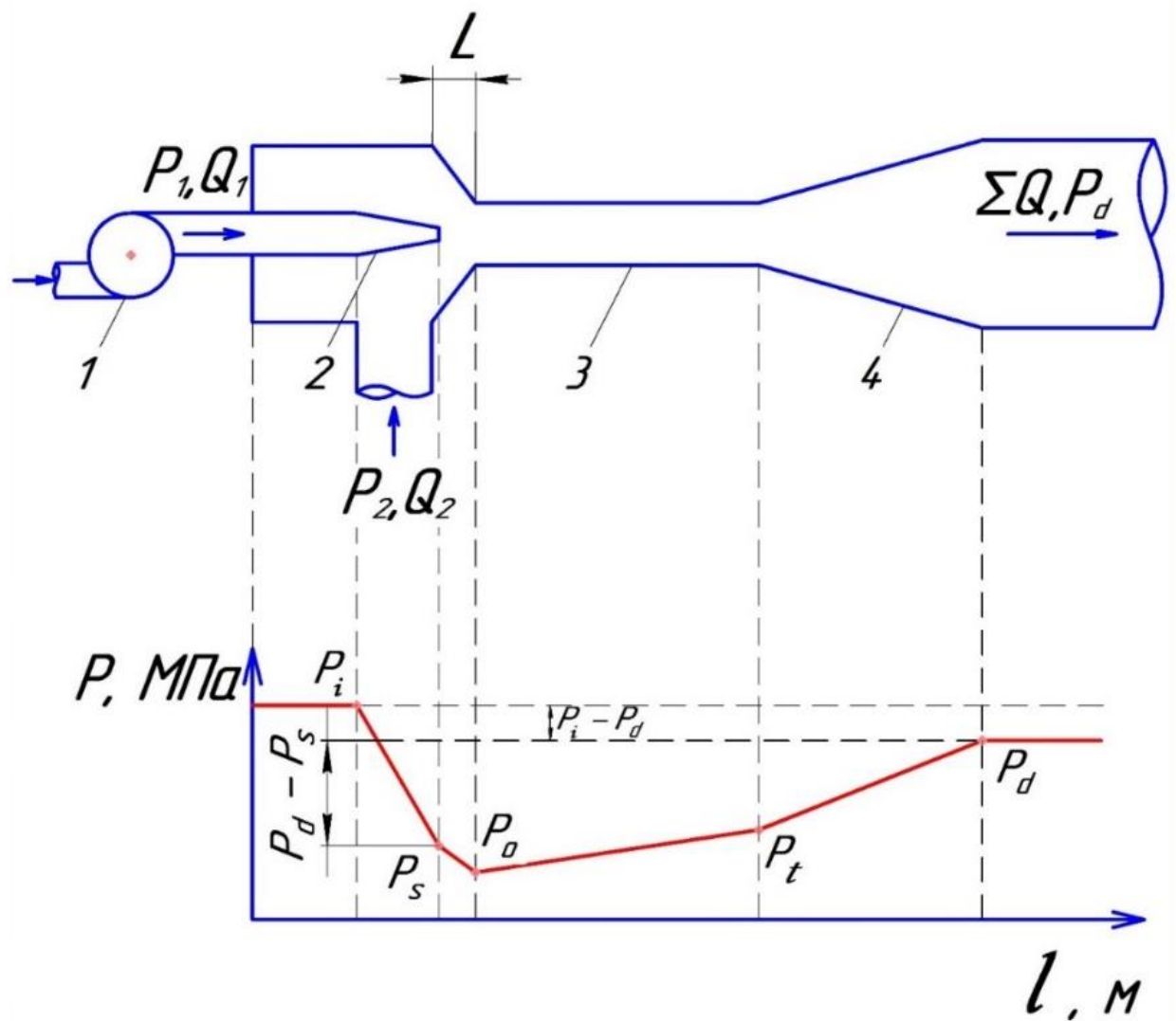
Стенд жағдайында аралас сорғы қондырғысын сынау үшін реактивті сорғының дизайнын жасау жобалық модельдеу нәтижелері негізінде жасалды.

Есептеу әдісі реактивті сорғының стендтік нұсқасының құрылымдық параметрлерін оның тиімді көрсеткіштерімен анықтауға ғана емес, сонымен қатар белгілі бір құрылымдық өлшемдермен оның әр құрылымдық элементіндегі қысым айырмашылықтарының мәндерін есептеуге мүмкіндік береді (3.12 сурет).

Стендтік жағдайларда сынауға арналған ағынды аппараттың жұмыс режимдерін есептік-эксперименттік модельдеу мынадай бастапқы деректер кезінде жүргізілді:

- электр орталықтан тепкіш сорғыны беру – 2-ден 3 м³/сағ дейін;
- арын(қысым) – 20-дан 30 м су.б. дейін;
- ағынды сорғының үстіндегі динамикалық деңгей (құбыр қысымын модельдеу) – 0-10 м су.б.;
- жиілік реттегіші бар ток жиілігін реттеу диапазоны – 43...70 Гц.

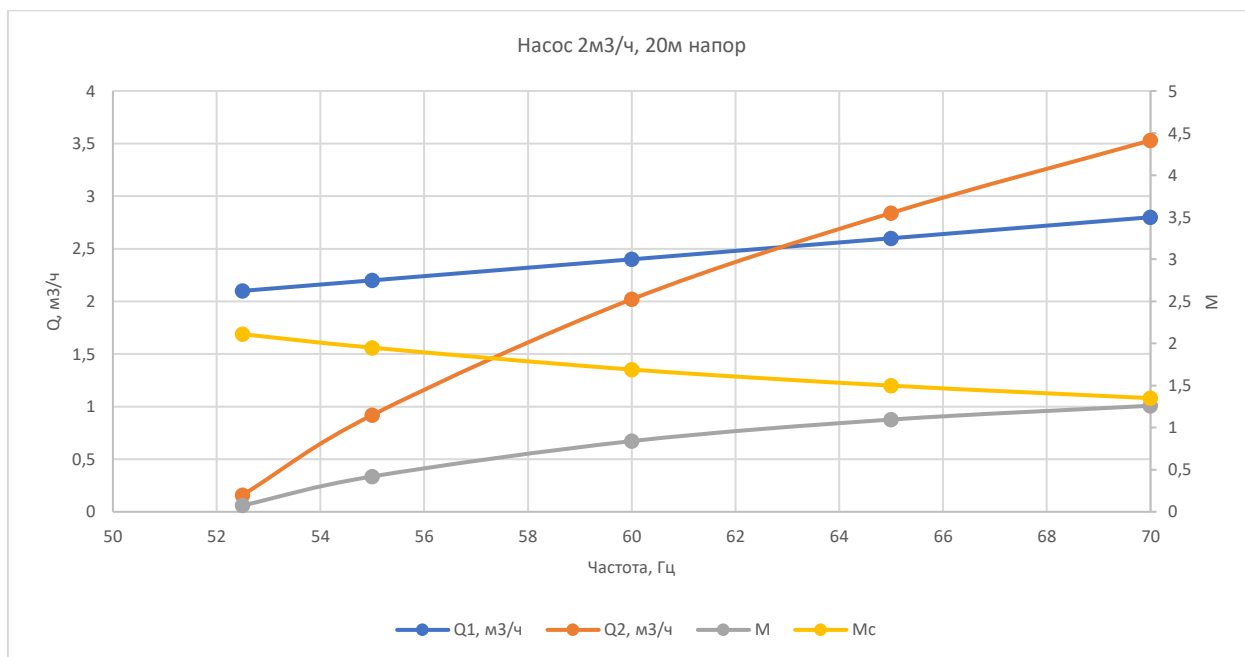
Параметрлерді есептеу арқылы зерттеудің бұл ауқымы сандық модельдеу және реактивті аппараттардағы сұйықтық ағымының гидродинамикалық режимдеріне ұқсас әдістерді қолдану негізінде қабылданды. Бұл кейіннен оның жартылай өнеркәсіптік ұңғымалық нұсқасын жобалау бойынша ұсыныстар әзірлеу үшін стендтік сынақтардың нәтижелерін пайдалануға мүмкіндік береді [20].



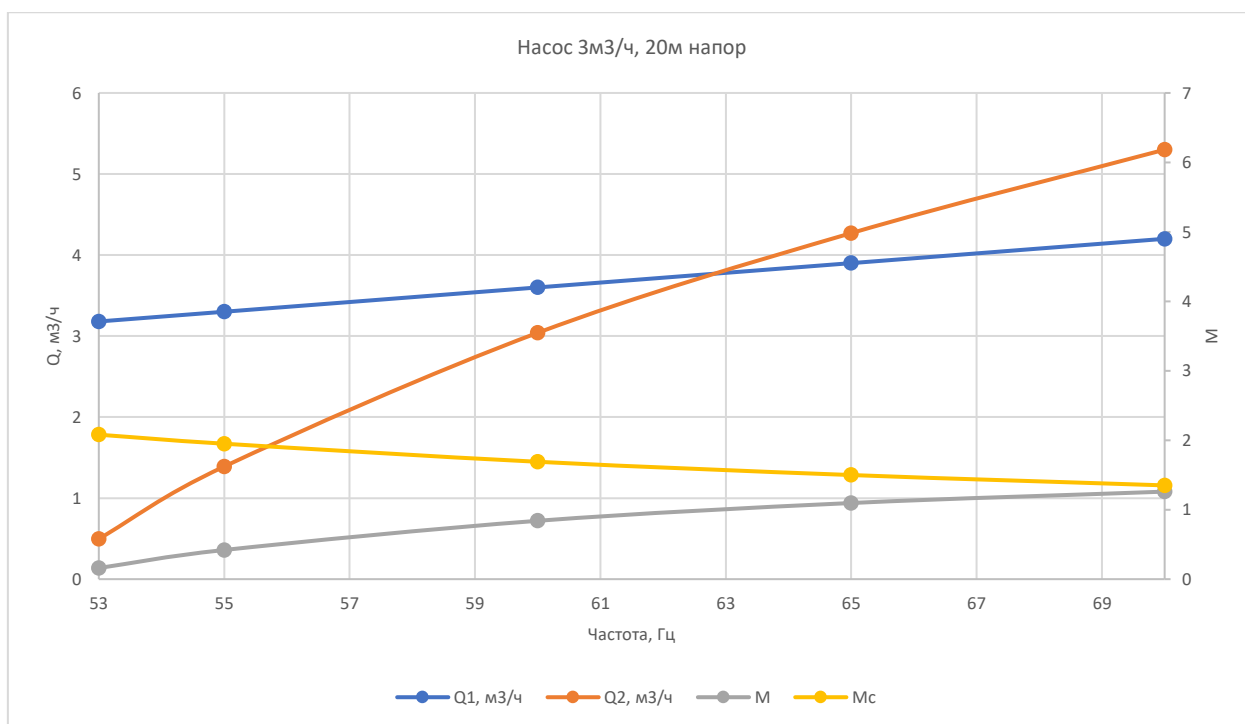
1 - ОТС; 2 - сопло; 3 - араластыру камерасы; 4 - диффузор; P_1, P_2 - тиісінше, жұмыс және инъекцияланатын сұйықтықтардың қысымы; Q_1, Q_2 - жұмыс және инъекцияланатын сұйықтықтардың шығыстары. P_i - жұмыс сұйықтығының қысымы; P_s - саптамадан шығудағы жұмыс сұйықтығының қысымы; P_t - араластыру камерасынан шығудағы қысым; P_d - СН шығудағы сұйықтықтың қысымы; L - саптамадан араластыру камерасына кіргенге дейінгі қашықтық; P_0 - араластыру камерасына кірудегі қысым; $(P_d - P_s)$ - ағынды сорғыдағы айналатын сұйықтық қысымының артуы $(P_i - P_d)$ - кинетикалық энергияның шашырауы есебінен жұмыс сұйықтығы қысымының төмендеуі

3.12 Сурет – Ағынды сорғыдағы жұмыс сұйықтығы қысымының өзгеруі

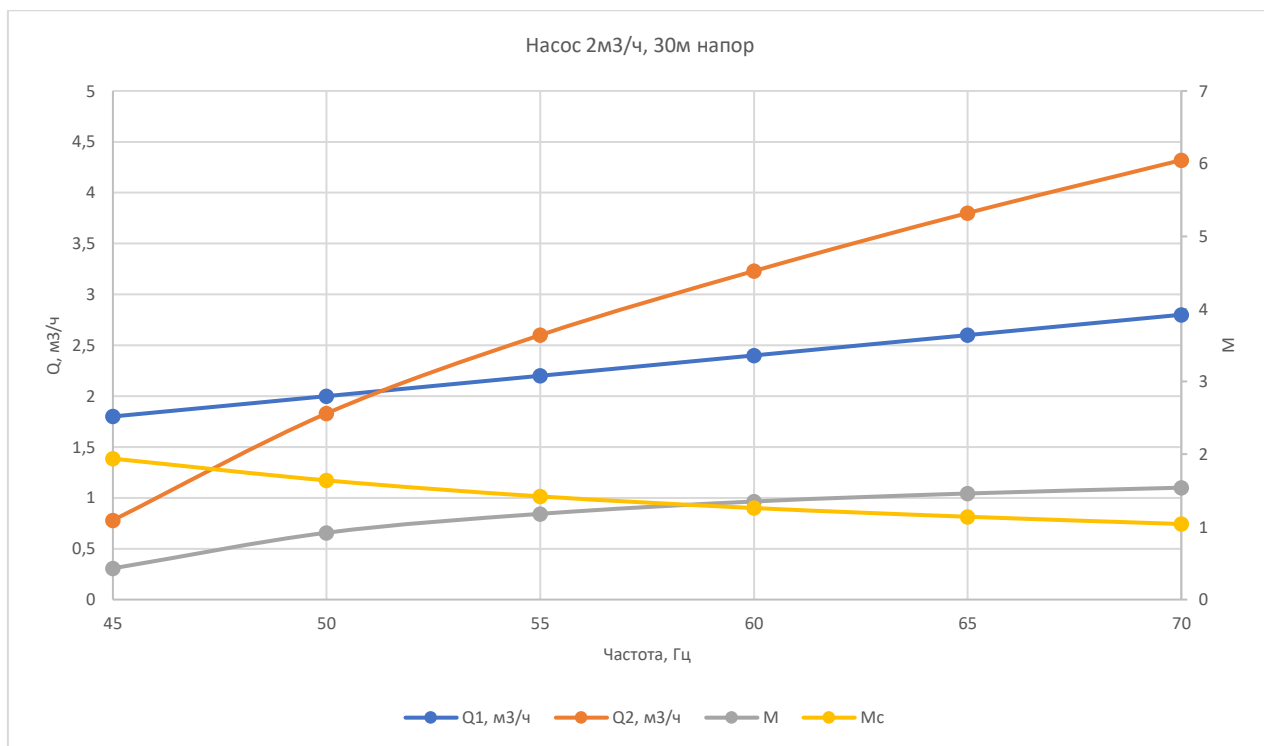
Есептік модельдеу нәтижесінде ағынды сорғының әртүрлі жұмыс режимдерінде құрама сорғы қондырғысының шығу және кавитациялық сипаттамалары анықталынды (3.13 – 3.16 суреттер).



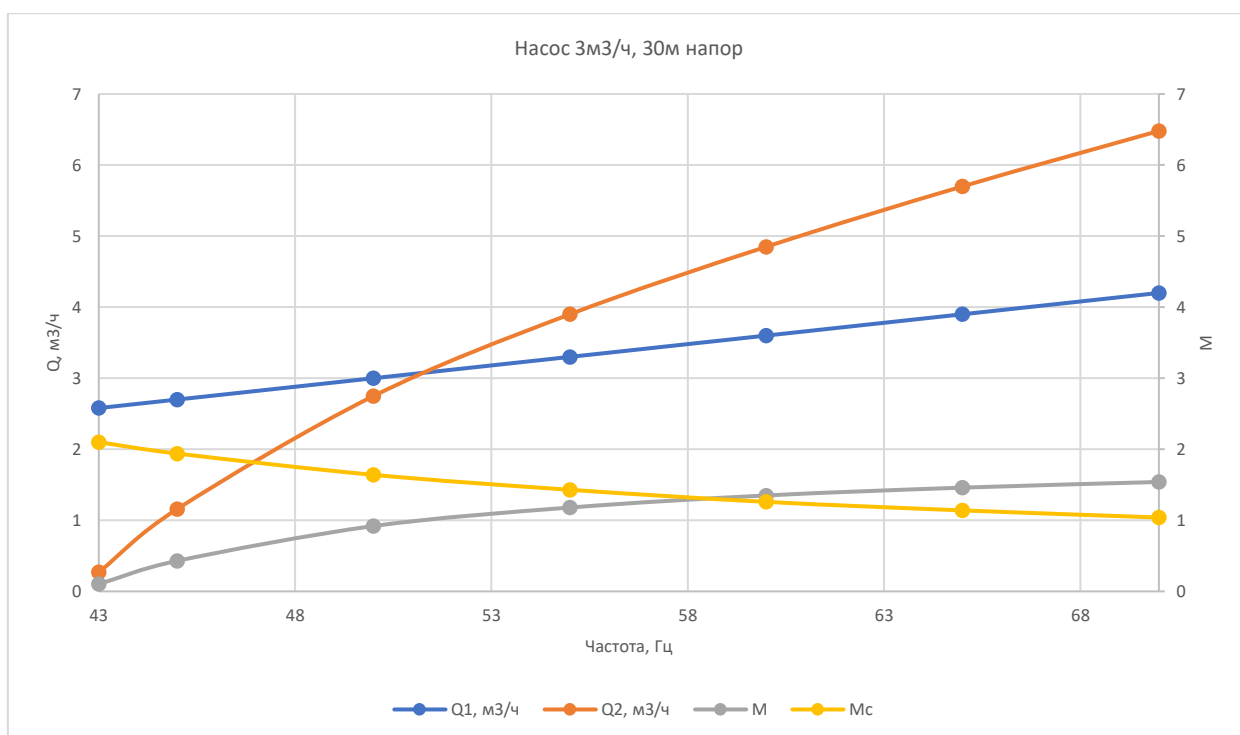
3.13 Сурет – Электрлі ортадан тепкіш сорғының шығыны кезінде реактивті сорғының виртуалды моделінің жұмыс режимдерін модельдеу нәтижелері – 2 м³/сағ, арын – 20 м



3.14 Сурет – Электрлі ортадан тепкіш сорғының шығыны кезінде реактивті сорғының виртуалды моделінің жұмыс режимдерін модельдеу нәтижелері – 3 м³/сағ, арын – 20 м



3.15 Сурет – Электрлі ортадан тепкіш сорғының шығыны кезінде реактивті сорғының виртуалды моделінің жұмыс режимдерін модельдеу нәтижелері – 2 м³/сағ, арын – 30 м



3.16 Сурет – Электрлі ортадан тепкіш сорғының шығыны кезінде реактивті сорғының виртуалды моделінің жұмыс режимдерін модельдеу нәтижелері – 3 м³/сағ, арын – 30 м

Жоғарыда келтірілген графиктерде:

M_c – берілген шарттар үшін СН кавитациялық сипаттамасы;

M – кавитациясыз сипаттама;

Q_1 – жұмыс сұйықтығының шығыны, $m^3/сағ$;

Q_2 – эжекцияланатын сұйықтықтың шығыны, $m^3/сағ$.

Ағынды сорғының жұмыс режимдерін есептік модельдеу нәтижелері қолданыстағы үлгіні жобалау үшін оның келесі негізгі құрылымдық параметрлерін анықтауға мүмкіндік берді:

– Сопло ауданының $d_c/d_{kc}=0,25$ араластыру камерасының ауданына қатынасы.

– Сопло диаметрі $d_c = 7.43$ мм.

– $d_{kc} = 14.857$ мм араластыру камерасының диаметрі.

– Сопло мен араластыру камерасы арасындағы қашықтық $L = 14.86$ мм (var).

– Араластыру камерасының ұзындығы – 89.14 мм.

– Диффузор: көлбеу бұрышы 5-9 градус.

– Араластыру камерасының ұзындығынан диффузор ұзындығының (2,8...3,0).

Дизайндағы маңызды параметрлер саптама мен араластыру камерасы арасындағы қашықтық және араластыру камерасының ұзындығы. Тым ұзақ араластыру камераларын таңдағанда кинетикалық энергияның жоғалуы және нәтижесінде сорғының қысым сипаттамасының нашарлауы байқалады. Саптама мен араластыру камерасы арасындағы қашықтық жұмыс ағынының кинетикалық энергиясының жоғалуына және сорғының кавитациялық тұрақтылығының нашарлауына айтарлықтай әсер етеді.

Саптама жоғары жылдамдықты ағыннан кейін үйкеліс қысымының жоғалуын азайту үшін қысқа конустық дизайнмен ұсынылады. Эксперименттік мәліметтерге сәйкес кавитацияны болдырмау үшін араластыру камерасының саптамасы мен мойны арасындағы оңтайлы қашықтық S_p / D_{th} 0,5 - 2,0 диапазонында алынады, бірақ ұсынылған мән – 1.

Араластыру камерасының ұзындығы $L/D_{th} = 8$ осылай ұсынылады, Бірақ сорғының тиімділігін араластыру камерасының ұзындығын өзгерту арқылы жақсартуға болады.

Осылайша, қолданыстағы тәжірибелі модельді жобалау үшін қажетті реактивті сорғы элементтерінің барлық қажетті құрылымдық өлшемдері алынды.

Модельдеу нәтижелерін талдау негізінде реактивті сорғының кавитациялық режимдерінің жұмыс жағдайларына ғана емес, сонымен қатар оның негізгі элементтерінің құрылымдық параметрлеріне де жоғары сезімталдығы анықталды. Сондықтан негізгі өлшемдерді сақтаудың дәлдігі мен мұқияттығына және олардың жұмыс беттерінің тазалығына назар аудару ұсынылады.

3.6 Құрама сорғы қондырғысын зерттеу әдістемесі және эксперименттерді жоспарлау

Аралас сорғы қондырғысының стандарттық сынақтарын жүргізу әдістемесі жұмыстарды мынадай ретпен орындауды көздейді:

1) Орнату Ағынды Сорғыштарда испытываемое высоконапорное сопло.
2) Резервуарлардан сұйықтық толтыру үшін ысырмаларды ашыңыз құбырлар жүйесі және қоректік сорғылар.

3) Герметиктігін тексеру жүйесін нығыздау қысыммен қоса отырып қоректендіретін сорғы.

4) Басқару станциясына қуат беріңіз және қоректендіргіш және тіреуіш сорғылардың параметрлерін бағдарламалаңыз (Электр қозғалтқыштарының айналу жиілігі оларды қоректендіретін кернеудің жиілігін орнату арқылы).

5) Қысым датчиктері мен шығын өлшегіштердің бастапқы сигналдарын тексеріңіз.

6) Электр қозғалтқыштарын қосыңыз және оларды тұрақты беру және қысым режиміне қойыңыз және көрсеткіштерді бекітіңіз.

7) Жоғары қысымды саптаманың қоректену сипаттамаларын және реактивті сорғының Шығыс сипаттамаларын анықтау үшін бірқатар сынақтар өткіздік:

- электр орталықтан тепкіш сорғының әртүрлі айналымдары және сұйықтық беру кезінде,

- саптама арқылы жоғары қысымды сұйықтықтың әртүрлі қысымдарында,

- сорғының бату тереңдігін имитациялау үшін эжекцияланатын сұйықтықтардың әртүрлі қысымдарында,

- реактивті сорғының шығысындағы айдау сызығында әртүрлі қарсылықтар болған кезде (шығару сызығына ысырмамен орнатылады).

Бақылау-өлшеу құрылғыларынан сигналдардың параметрлерін жұмыстың белгіленген режимінде кейіннен орташалау үшін құрамдастырылған сорғы қондырғысын үш рет бекіту қажет. Сынақтар сонымен қатар реактивті сорғының негізгі элементтерінің құрылымдық параметрлерінің өзгеруін қарастырды: диффузордың тиімді ашылу бұрышы; саптамадан араластыру камерасына дейінгі тиімді қашықтық, онда араластыру камерасының тиімді ұзындығының пайдалы коэффициентінің максималды мәні болады.

Диффузордың тиімді ашылу бұрышын анықтау үшін диффузордың ашылу бұрышы сәйкесінше 6°, 9° және 11° болатын үш реактивті сорғы конфигурациясы және араластыру камераларының салыстырмалы ұзындығы – 5; 6; 8; 11. Реактивті сорғының қалған параметрлері есептелген модельдеу нәтижесінде анықталған параметрлерге ұқсас болды.

3.7 Стендтік эксперименттік қондырғылар жүйелерінің жұмысқа қабілеттілігін тексеру кезінде өлшеу нәтижелерінің қателіктерін бағалау

Эксперименттік мәліметтердің дұрыстығы мен жалпы жарамдылығын бағалау үшін өлшеу қателіктерінің белгілі әдістері және математикалық статистиканың басқа ережелері қолданылады. Кездейсоқ өлшеу қателіктерінің жойылмауы, кез-келген өлшенетін шаманың нақты мәнін алу мүмкіндігін жоққа шығаратыны белгілі. Сондықтан, нәтижелерді өңдеу тәжірибесінде олар шынайы емес, өлшенетін шаманың ықтималды мәнін қолдануға мәжбүр болады.

Өлшеу дәлдігін әдетте келесі қателіктердің бірінің шамалары бойынша бағалауға болады:

- абсолютті қате $\Delta x_i = \bar{x} - x_i$;
- орташа квадраттық қате $\delta = \pm \sqrt{\sum_1^n \Delta x_i^2 / (n - 1)}$;
- ықтималдылық қателік $r = \frac{2}{3} \delta$;
- орташа арифметикалық қате $\bar{x} = \sum_1^n x_i / n$,
мұндағы x_i – өлшеудегі өлшенетін шаманың мәні;
 n – өлшеулер саны.

Өлшеулердің қажетті дәлдігін сақтау екі жолмен жүзеге асырылуы мүмкін: өлшеу санын көбейту немесе жоғары дәлдік класы бар құрылғыларды қолдану. Жабдықты тандауда шектеусіз болған жағдайда, екінші әдіс қолайлы. Алайда, іс жүзінде бұл әрдайым мүмкін емес. Содан кейін бірінші әдіс қолданылады. Бұл жағдайда параметрді өлшеудің берілген дәлдігімен және сенімділік ықтималдығының шамасымен (әдетте $\alpha=0,9$ немесе $0,95$) өлшеулердің қажетті санын анықтау қажет. Бұл келесі әдіс бойынша жасалды.

Өлшенетін шаманың неғұрлым ықтимал мәні үшін оның орташа арифметикалық мәнін қабылдаған жөн

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}. \quad (3.2)$$

Кездейсоқ өлшеу қатесінің шамасын бағалау үшін орташа квадраттық қатенің көмегімен ең көп таралған әдісті қолданамыз

$$S_n = \sqrt{\sum_1^n (\bar{x} - x_i)^2 / (n - 1)}. \quad (3.3)$$

Содан кейін өлшенетін шаманың нақты мәнінің ықтималдылығы келесі түрде жазылады

$$P(\bar{x} - \Delta x < x < \bar{x} + \Delta x) = \alpha$$

мұндағы α -сенімділік ықтималдығы;

$\bar{x} - \Delta x$, $\bar{x} + \Delta x$ – сенімділік аралықтары.

Сонымен, кездейсоқ қатені сипаттау үшін біз екі санды білуіміз керек: қатенің өзі (немесе сенімділік аралығы) және сенімділік ықтималдығы.

Егер сан жеткіліксіз болса, біз Стюденттің үлестірімін қолданамыз, өйткені ағынды сорап параметрлерін өлшеу үшін қалыпты үлестіру заңы орындалады.

Стюденттің коэффициенті берілген сенімділік үшін нәтиженің қателік мәнін формула бойынша табуға мүмкіндік береді

$$\Delta x = S_n \cdot t_{\alpha n} / \sqrt{n}, \quad (3.4)$$

мұндағы $t_{\alpha n}$ – Стюдент коэффициенті.

(3.4) формуласын және Стюдент кестесінің деректерін қолдана отырып өлшеулердің кез-келген саны үшін сенімді аралықтарды анықтау және олар бойынша өлшеулердің салыстырмалы қатесін анықтау оңай.

Қажет болған жағдайда өлшеулердің қажетті саны ДН анықтамасымен және оның дәлдік класымен анықталған θ құрылғысының қатесімен салыстырумен анықталады. Сенімділік аралығы жүйелік қатенің мөлшерінен әлдеқайда аз болуы керек. Бұл талап орындалады, егер

$$\Delta x \leq \theta/3 \quad \text{или иногда} \quad \Delta x \leq \theta/2.$$

Салыстырмалы өлшеу қатесі өрнекпен анықталады

$$\delta = \frac{\Delta x}{\bar{x}} \cdot 100, \% . \quad (3.5)$$

Егер жоспарланған тәжірибе үшін δ қолайсыз екендігі анықталса, онда сенімді аралықтың m есе азаюы өлшемдер санының m^2 есе артуымен қамтамасыз етілетінін ескере отырып, қажетті өлшемдер саны нақтыланады.

Мысалды қарастырайық. Электрлі ортадан тепкіш сорап арқылы жұмыс сұйықтығының сағаттық ағымының орташа мәні мен сенімділік аралығын табамыз:

1-ші өлшеу – 4,55 м³/сағ; 2-ші – 4,52 м³/сағ; 3-ші – 4,54 м³/сағ.

Орташа арифметикалық мән және орташа квадраттық ауытқу сәйкесінше тең болады:

$$\overline{B_T} = \frac{4,55+4,52+4,54}{3} = 4,54 \text{ м}^3/\text{ч} ,$$

$$S_n = \sqrt{\frac{(4,54-4,55)^2+(4,54-4,52)^2+(4,54-4,54)^2}{3-1}} = 0,016 .$$

Біз сенімділік ықтималдылықты $\alpha=0,95$ деп белгілейміз. Стюденттің кестесіне сәйкес $\alpha=0,95$ және $n=3$ үшін $t_{\alpha n} = 4,3$ деп табамыз.

Абсолютті қате

$$\Delta B_T = t_{\alpha n} \cdot S_n / \sqrt{n} = 4,3 \cdot 0,016 / \sqrt{3} = 0,04.$$

Салыстырмалы өлшеу қателігі

$$\delta = \left(\frac{0,04}{4,54} \right) \cdot 100\% = 0,88\% < 1\% \text{ (МЕМСТ-қа сәйкес).}$$

Сол сияқты өлшеулер мен басқа параметрлердің сенімділігін тексеруге болады. Төменде жеке параметрлердің салыстырмалы қателерін есептеу нәтижелері берілген.

1) Жұмыс сұйықтығының шығынын өлшеу.

TUF-2000m ультрадыбыстық ағын өлшегішімен саптамаға құйылған жұмыс сұйықтығының шығынын өлшеу қателігі $\pm 1\%$ құрайды. Сонда салыстырмалы қате

$$\delta = \pm \left(\frac{0,01}{1,58} \right) \cdot 100\% = 0,63\%.$$

2) Эжекцияланатын сұйықтық шығынын өлшеу.

Декаст СТВХ 65 турбиналық есептегішінің рұқсат етілген салыстырмалы қателігінің шегі, эжекцияланатын сұйықтықтың шығынын өлшеу үшін $\pm 2\%$ құрайды, осылайша

$$\delta = \pm \left(\frac{0,03}{2,25} \right) \cdot 100\% = 1,33\%.$$

3) Қысымды өлшеу.

Wika Қысым датчиктерінің қателігі (қалыпты жағдайда) $\pm 0,5\%$ құрайды. Салыстырмалы қате былайша болады

$$\delta = \pm \left(\frac{0,02}{4,83} \right) \cdot 100\% = 0,41\%.$$

Әдістемелік қателіктерді азайту үшін сынақ басталғанға дейін және одан кейін өлшеу жолдары бар барлық құрылғылар жұмыс диапазонында өлшенді. Өлшеу нәтижелері бойынша есептеу қателіктерін анықтау үшін кездейсоқ қателер теориясының ұсыныстары қолданылды, ал салыстырмалы бірліктердегі эксперимент нәтижелерін жалпылау есептеулерге енгізілген кейбір қателіктерді жоққа шығарды.

Бөлім бойынша қорытынды

Біз жасаған бұл стенд ағынның ұшу қашықтығы, уақыт бірлігіндегі су шығыны, өлшеу басына(головка стенда) кіретін қысым, ағынның реактивті компоненті сияқты параметрлерді бағалауға мүмкіндік береді. Жұмысты орындау аясында жүргізілген зерттеу нәтижелерінің практикалық маңыздылығы оларды біздің Қазақстандық кен орындарында қолданылатын барлық ағынды сорғылардың пайдалы әсер коэффициентін арттыруға бағытталғандығымен анықталады және жоғары қысымды соплоның оңтайлы схемасын таңдауға және энергия шығындарын азайту үшін осы жүйелердегі ағынды сорғылардың жұмыс режимдерінің тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді.

Жасалынған стенд арқылы бірнеше соплоларға тәжірибе жасалынды. Жасалынған тәжірибелерді 3.1-ші кестеден көре аламыз. Сол жасалынған эксперименттер арқылы ең жоғарғы қысымды сопло (салыстырмалы түрде) таңдалып алынды. Таңдалынған сопло коноидальды және қысқа конусты. Одан бөлек кез келген бөлшек жасалынғанда оның қандай да бір қателіктері болатыны белгілі, яғни теориялық көрсеткіштері және практикалық көрсеткіштері. Олар: абсолютті қате, орташа квадраттық қате, салыстырмалы қате, ықтималдық қате. Осы қателіктерді ескере отырып, теориялық және эксперимент кезіндегі қысымның, берілістің пайыздық айырмашылықтарын көре алдық.

4 Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Сынақтар сұйықтықты айдаудың технологиясын қолдану мүмкіндігін негіздеу үшін қажетті жағдайларды имитациялай отырып, құрамдастырылған сорғы қондырғыларының негізгі пайдалану-техникалық параметрлерін анықтау үшін жүргізілді. Реактивті сорғыны сынаудан бұрын сынақтарда ең жақсы гидродинамикалық қасиеттерді көрсететін соплолардың төрт түрі тексерілді – сәйкесінше 20^0 және 25^0 конустық бұрышы бар екі классикалық ұзартылған соплолар және келесілері қысқа тарылу профилімен, яғни Вентури соплосы сияқты, екіншісі 25^0 тік конуспен соплолар тексерілді.

Сынақ жүргізу кезінде аралас сорғы қондырғысының жалпы сипаттамасын алу үшін реактивті сорғының негізгі элементтеріндегі қысым мен ағынның параметрлерін анықтауға ерекше назар аударылды. Олардың тиімділігін бағалау бойынша негізгі нәтижелер 4.1 және 4.2-кестелерде келтірілген.

4.1 Кесте – Электрлі ортадан тепкіш сораптың беруі кезіндегі, ең жоғары ПӘК-ке сәйкес келетін және эжекцияланатын сұйықтықтың тіреуіші жоқ болғандағы «ЭОТС + АС» бірлескен жұмысының тиімді көрсеткіштері

Сопло №	ОТС- тың берілісі	Эжекцияланатын сұйықтықтың берілісі	Құрама сорапты қондырғының ПӘК-і	Ағынды сораптың эжекция коэф.
	м ³ /сағ	q ₂ , м ³ /сағ	η, %	α
1 (ұзартылған конус 20^0)	4,55	2,15	23,2	0,47
2 (ұзартылған конус 25^0)	4,55	2,22	25,4	0,49
3 (қысқа коноидальды, Лаваль соплосының профилімен)	4,55	2,51	27,8	0,55
4 (қысқа конус, тік конустылығымен 25^0)	4,55	2,32	26,0	0,51

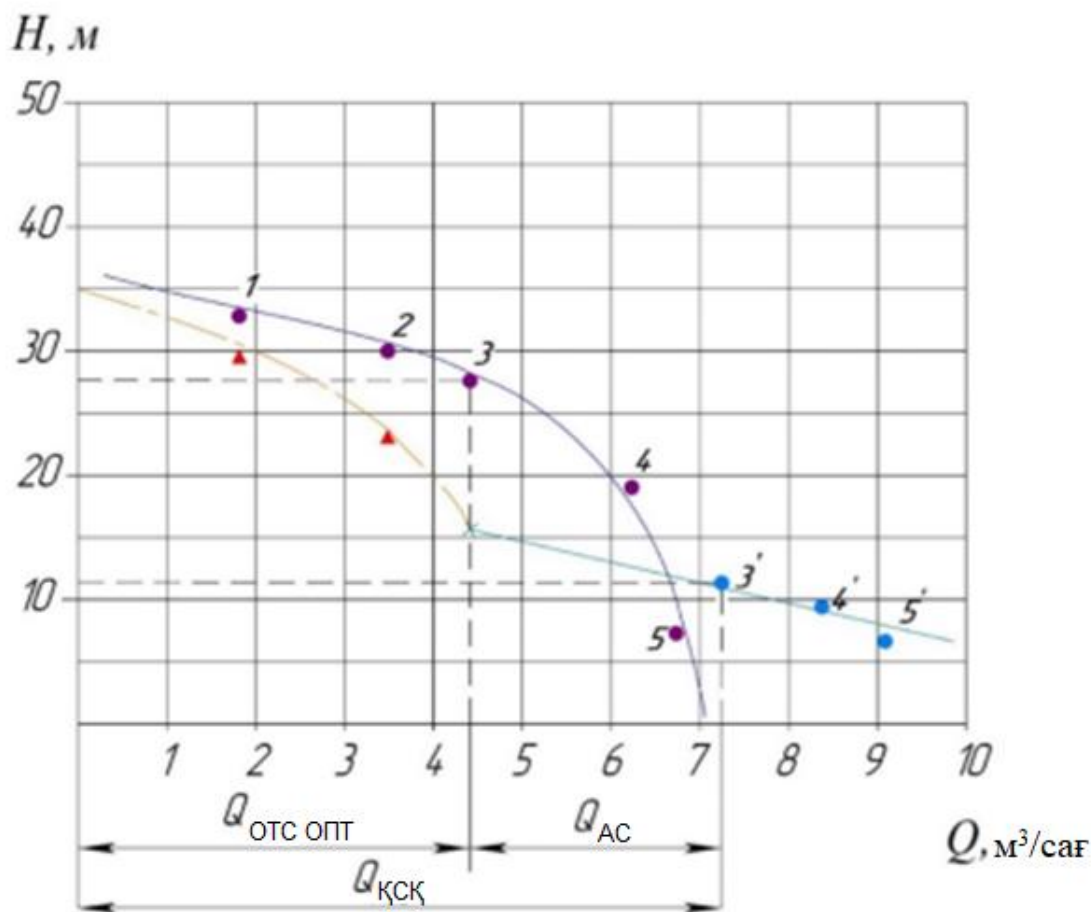
4.2 Кесте – Динамикалық деңгейге батыруды имитациялау кезінде оңтайлы режимдердегі "ОТС+АС" бірлескен жұмысының тиімді көрсеткіштері (эжекцияланатын сұйықтықтың тірегі – 3м)

Сопло №	ОТС- тың берілісі	Эжекцияланатын сұйықтықтың берілісі	Құрама сорапты қондырғының ПӘК-і	Ағынды сораптың эжекция коэф.
	м ³ /сағ	q ₂ , м ³ /сағ	η, %	α
1 (ұзартылған конус 20^0)	4,55	2,22	24,2	0,49
2 (ұзартылған конус 25^0)	4,55	2,24	25,4	0,49
3 (қысқа коноидальды, Лаваль соплосының профилімен)	4,55	2,71	29,8	0,59
4 (қысқа конус, тік конустылығымен 25^0)	4,55	2,41	27,3	0,53

Осы параметрлермен реактивті аппаратты эксперименттік зерттеу барысында соплодан араластыру камерасына дейінгі тиімді қашықтық – 15,02 мм (есептік – 14,86 мм), диффузорды ашудың оңтайлы бұрышы – 9° және араластыру камерасының ұзындығы – 90 мм болатыны анықталды, осы ретте эжекция коэффициентінің ең жоғары мәні және реактивті сорғының максималды ПӘК-не қол жеткізіледі.

Нәтижелерді талдау көрсеткендей, ең жақсы нәтижелер, күтілгендей, №3 коноидальды профилі бар қысқартылған саптаманы, одан шығатын каналдың цилиндрлік бөлігі ұзындығының соплоның шығу диаметріне қатынасы $\approx 0,5$ және максималды шығыс коэффициенті $K = 0,985$ көрсетеді. Ол жоғары қысымды сұйықтық қысымының ең аз жоғалуын қамтамасыз етеді. Эжекцияланған сұйықтықтың қысымы $H_э = 0$ мм болмаған кезде, осындай соплосы бар ағынды сораптың ПӘК-і 27,8%-ға жетеді.

4.1 суретте №3 қысқартылған соплосы бар электрлі ортадан тепкіш сорғы мен реактивті сорғының біріктірілген сипаттамасы, диффузордың ашылу бұрышы - 9° , араластыру камерасының диаметріне салыстырмалы ұзындығы - 8, ПӘК-і мен реактивті сорғының эжекция коэффициенті бойынша ең жақсы көрсеткіштер көрсетілген.

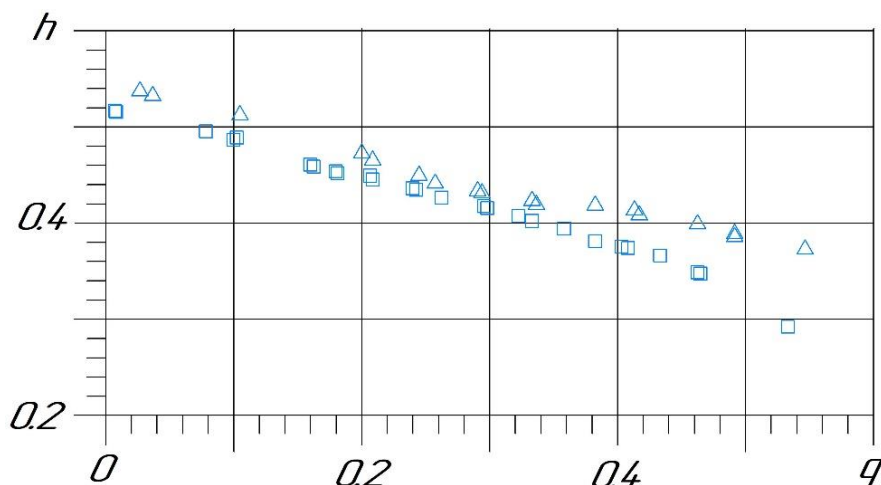


4.1 Сурет – №3 рационалды профильдің соплосымен ОТС және АС біріктірілген сипаттамасы

Диффузордың ашылу бұрышы эксперименттік жолмен анықталады. Диффузорлардың геометриясын үш негізгі фактор анықтайды (ашылу бұрышы φ , кеңейту дәрежесі n_{II} және оның ұзындығы бойынша көлденең қиманың өзгеру сипатын анықтайтын генератрикс формасы).

Реактивті сорғының тиімділігіне φ бұрышының әсері И. А. Тим жұмысынан бастап, 8-ден 12° -қа дейін ашылатын конустық диффузорлардың орындылығын көрсететін көптеген зерттеулермен анықталды.

Диффузордың әр түрлі ашылмалы бұрыштарымен алынған жоғары қысымды реактивті сорғылардың сипаттамалары (4.2 сурет) $\varphi = 9^\circ$ кезіндегі сорғы диффузор бұрышы бар сорғыға қарағанда үлкен қысымды дамытады $\varphi=12^\circ$ эжекция коэффициентінің барлық мәндері үшін, бұл диффузорлардағы гидравликалық жоғалулардың жоғарылауымен түсіндіріледі, бұл зерттеулерге сәйкес, ең алдымен, диффузордағы тоқтаусыз ағымнан бөлінетін ағымға көшуге байланысты.



4.2 Сурет – Диффузордың әр түрлі ашылу бұрыштарында цилиндрлік араластыру камералары бар реактивті сорғының қысым сипаттамалары: Δ - $\varphi = 9^\circ$; $\square$ - $\varphi = 12^\circ$

Электр центрифугалық сорғының және реактивті сорғының бірлескен сипаттамаларын талдаудан, жоғары қысым мәндерінде, дамыған электр центрифугалық сорғының реактивті сорғысы забой штуцерінің рөлін атқарады, ал ол төмендеген сайын біріктірілген сорғы қондырғысының беруі(подача) электр центрифугалық сорғының берілісі мен реактивті сорғының берілуінен тұрады. Электр центрифугалық сорғының оңтайлы жұмыс режимінде ($H_{отс.опт.} = 27$ м және $Q_{отс.опт.} = 4,55$ м³/сағ) реактивті сорғыға кіре берісте 3 м эжекцияланған сұйықтықты ұстап тұру $q_2 = 2,71$ м³/сағ құрады. Осы режимдегі аралас сорғы қондырғысының жалпы беруі $Q_{кск} = 7,26$ м³/сағ құрады, әр түрлі қарсы қысым кезінде берілістің одан әрі өзгеруі электр центрифугалық сорғының оңтайлы режимінің нашарлауына алып келмейді.

Құрама сорғы қондырғысын сұйықтықтың динамикалық деңгейіне батыруға имитациялау реактивті сорғының жұмысына жағымды әсер етеді. Сонымен, электр центрифугалық сорғының тұрақты жұмыс режимінде реактивті сорғыны сұйықтық деңгейіне үш метрге батыруға имитациялау эжекцияланатын сұйықтықтың берілуін 8%-ға арттыруға мүмкіндік берді, ал біріктірілген сорғы қондырғысының максималды тиімділігі 27,8%-дан 29,8%-ға немесе 2%-ға өсті. Алайда, электр центрифугалық сорғының берілген жұмыс режимінде шығарылатын сұйықтықты ұстап қалудың одан әрі артуы қондырғының өнімділігі мен тиімділігінің айтарлықтай өсуіне әкелмеді немесе олардың кейбірі төмендеуі байқалды. Тиімділікті сақтау үшін электр центрифугалық сорғының жұмыс режимін өзгерту қажет болды-жиілікті реттеуішпен қуат беру кернеуінің жиілігін арттыру арқылы қысымды арттыру [23].

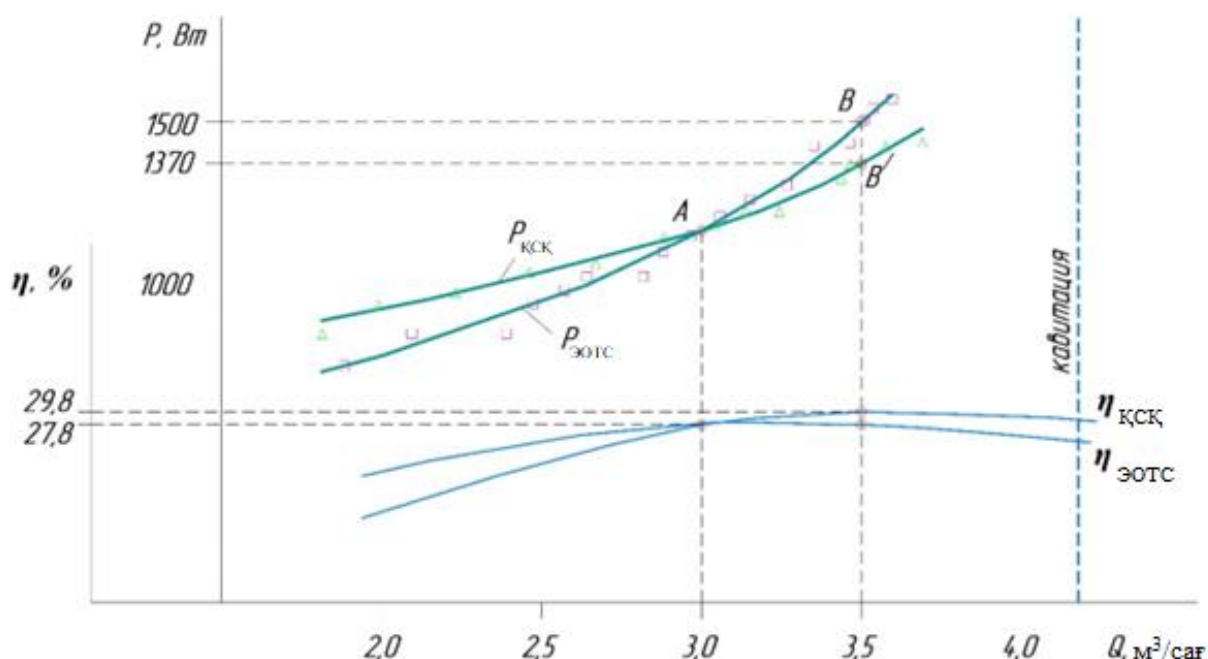
Электр центрифугалық сорғының электр жетектерінің және аралас сорғы қондырғысының электр жетектерінің салыстырмалы сипаттамаларын талдаудан тең жұмыс жағдайында (4.3 сурет) төмен тиімділік пен электр центрифугалық сорғыны беру саласында энергияны тұтыну реактивті сорғымен жұмыс істегенге қарағанда біршама аз болады. Бұл төмен ағындық жылдамдықта реактивті аппарат элементтеріндегі жоғары қысымды ағынның кинетикалық энергиясының салыстырмалы түрде жоғары жоғалуына байланысты.

Алайда, графикте (А) нүктесінен бастап, 3 м³/сағ беріліске сәйкес келеді және ЭОТС және ҚСҚ жетектерінің тұтынылатын қуатына тең, ҚСҚ энергия тиімділігі байқалады.

Мәселен, егер үлкен берулер кезінде (мысалы, 3,5 м³/сағ кезінде) олардың энергия тиімділігіне салыстырмалы бағалау жүргізсек, онда ҚСҚ энергия тұтынуы ОТС-тың энергия тұтынуынан шамамен 130 Вт-қа немесе 8,7%-ға аз.

Осылайша, ҚСҚ қолдану орта және үлкен берілістер саласында тиімді деп айтуға болады.

ҚСҚ эксперименттік зерттеулерінің стендтік жағдайларда алынған нәтижелері оларды ұңғымалардан уранның өнімді ерітіндісін сорып алу кезінде жерасты ұңғымалық шаймалау(ЖҰШ) технологиясында қолдану процестің энергия тиімділігін арттыруы мүмкін екендігін растауға мүмкіндік береді.



4.3 Сурет – ЭОТС және ҚСҚ-ның электр жетектерінің тұтынылатын қуатының салыстырмалы сипаттамасы

4.1 Ағынды сорғылардың өнеркәсіптік үлгілерін құрастыру және дайындау бойынша ұсыныстар әзірлеу

Жүргізілген зерттеулер нәтижелері жерасты ұңғымалық шаймалау (ЖҰШ) технологиясында ұңғымаларды пайдалану кезінде ағынды сорғыларды қолдану перспективаларын растады. Сонымен, ағынды сорғының тәжірибелі дизайнымен біріктірілген сорғы қондырғысының зертханалық стендтік сынақтарының нәтижелерін талдау ЭОТС және АС бірлескен жұмысы сұйықтықтың максималды өсуін 60%-ға дейін қамтамасыз ете алатындығын көрсетті. ЭОТС қуатын тұтыну 26%-дан аспайды.

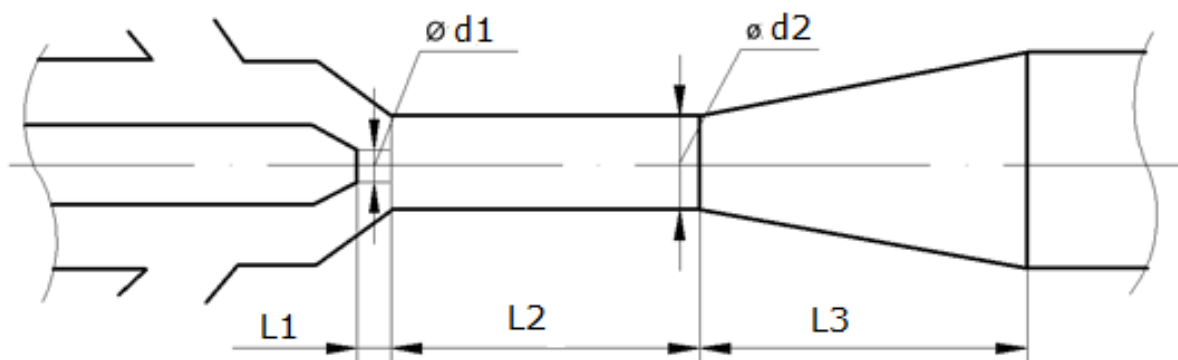
Осылайша, ЖҰШ әдісімен уран өндіру технологиясында айдау ұңғымаларында ҚСҚ (ЭОТС+АС) қолданудың принципті мүмкіндігі мен тиімділігі дәлелденді.

Зертханалық және стендтік сынақтар мен зерттеулер нәтижелерінің жинақталған материалы ҚСҚ жартылай өнеркәсіптік үлгілерін жасау және тікелей кен орнында кең ауқымды далалық зерттеулер жүргізу үшін осы бағыттағы жұмыстарды жалғастыруға негіз болады. Мұндай зерттеулерді жалғастыру жоғары энергия шығындары проблемалары бар кәсіпорындармен тікелей шарттар шеңберінде мүмкін болады.

ЭОТС мен АС бірлескен жұмыс режимдерін есептік модельдеудің әзірленген әдістемесі әр түрлі ұңғымалық жағдайларда (жоғары қысымды саптаманың диаметрі, араластыру камерасының диаметрі мен ұзындығы, саптама мен араластыру камерасы диаметрлерінің оңтайлы арақатынасы, саптама мен араластыру камерасына кіру арасындағы оңтайлы қашықтық

және т.б.) ағынды сорғының негізгі элементтерінің құрылымдық параметрлерін практикалық қолдану үшін жеткілікті дәлдікпен анықтауға мүмкіндік береді (жоғары қысымды саптаманың диаметрі, араластыру камерасының диаметрі мен ұзындығы, сұйықтық деңгейіне АС батыру тереңдігі), оның техникалық-экономикалық көрсеткіштерін анықтау және жалпыға қолжетімді "MAPLE" бағдарламалық кешенін қолдана отырып, кавитациясыз режимдер диапазонын анықтау. Өзірленген модельдеу әдістемесі негізінде анықталуы мүмкін батырылатын ЭОТС режимдік параметрлеріне және ұңғыма ішіндегі жағдайларға байланысты АС конструктивтік өлшемдері 4.4 суретте көрсетілген.

Жоғары қысымды саптама ретінде цилиндрлік канал ұзындығының оның диаметріне қатынасы 0,6-дан 0,75-ке дейінгі қысқа коноидальды жұқа қабырғалы саптамаларды қолдану ұсынылады, бұл қысымның минималды жоғалуын қамтамасыз етеді. Диффузорды ашудың ұтымды бұрышы, біздің жағдайда, 90° болды (мақсатына байланысты таңдалады - төмен немесе жоғары қысымды АС), ал араластыру камерасының салыстырмалы ұзындығының оның диаметріне қатынасы кемінде 8 болуы керек.



d_1 – жоғары қысымды саптаманың диаметрі;

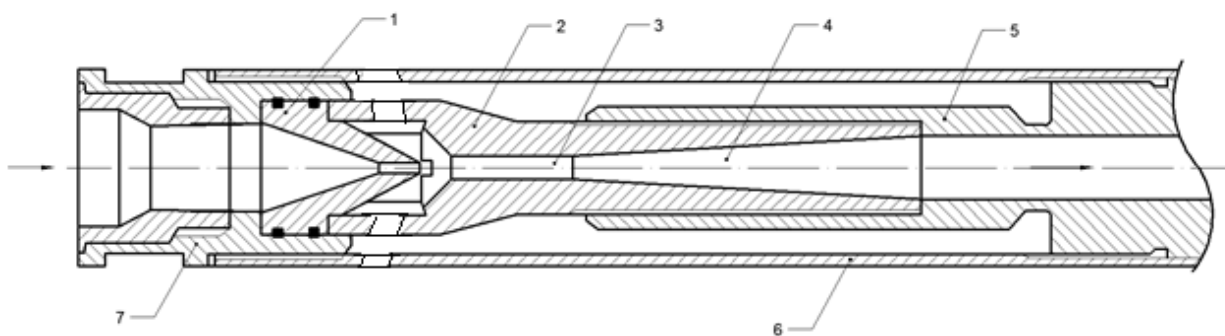
d_2 – араластыру камерасының диаметрі;

L_1 – саптама мен араластыру камерасы арасындағы оңтайлы қашықтық;

L_2 – араластыру камерасының ұзындығы; L_3 – диффузордың ұзындығы

4.4 Сурет – Есептелген модельдеумен анықталған ағынды сорғының құрылымдық өлшемдері

Өндіруге және пайдалануға ыңғайлы болу үшін (саптаманы, араластыру камерасын ауыстыру және олардың арасындағы қашықтықты реттеу) ағынды сорғының ұңғымалық нұсқасының дизайны 4.5-суреттегідей тез таңдалуы мүмкін. Оны ЭОТС және лифт құбырымен байланыстыру муфталы немесе фланецті болуы мүмкін.



1 – жоғары қысымды сопло; 2 – диффузор корпусы; 3 – араластыру камерасы;
4 – диффузор; 5 – центрлік муфталар; 6 – корпус; 7 – сопло муфтасы

4.5 Сурет – ЭОТС-мен бірлесіп жұмыс істеуге арналған ұңғымалық ағынды сорғының дизайны

Тұрақсыз динамикалық деңгейі бар ұңғымаларда АС қолданудың негізгі проблемасы-ұңғымадағы сұйықтықтың үнемі өзгеріп отыратын динамикалық деңгейі жағдайында ОТС және реактивті сорғының оңтайлы параметрлерін таңдау қиындықтары. Соңғысы реактивті сорғының оңтайлы режимінің нүктесін тиімділігі төмен аймаққа ауыстыруға әкеледі. Сондықтан, болашақта өнеркәсіптік модельді әзірлеу кезінде ұңғымалық жағдайларға байланысты оның жұмыс режимін автоматты түрде реттеу мәселесін пысықтау қажет. Ол үшін ҚР № 25892 патенті бойынша жобаның авторлары ұсынған "автореттендірілетін батырылатын ұңғымалық эжектор" техникалық шешімін пайдалануға болады, ол тиісті пысықтаумен осы проблеманы шеше алады.

4.2 Құрама сорапты қондырғыны (ҚСҚ) пайдаланудың экономикалық тиімділігі

Жаңа техниканы құру және енгізу айтарлықтай материалдық және қаржылық шығындармен байланысты. Сондықтан жаңа техниканы игеру мен әзірлеудің орындылығы, сондай-ақ оны нақты өндіріс жағдайында пайдалану техникалық-экономикалық негіздемені талап етеді. Өндіріске енгізілетін жаңа техника мен технологияларға айтарлықтай шығындар мен игеруге ұзақ уақытты талап етпейтін айдау ұңғымаларында уран өнеркәсібінде ҚСҚ қолдану туралы ұсыныс та жатады. Ұсынылған техниканың қолданыстағы өнімділіктен сапалық айырмашылығы бар және жылдық экономикалық әсерді есептеу өндіріс көлемінің бірлігіне шаққандағы нақты шығындар бойынша жүргізілді [19].

ОТС орнына ҚСҚ қолдану орташа пайдалану режимдерінде, ең қарапайым есептеулер бойынша, шамамен 25-30% ға арттыруға мүмкіндік береді. Ұңғымаларда дәстүрлі түрде қолданылатын ЭОТС 10 м³/сағ болғанда, бұл 12,5-13 м³/сағ құрайды, ұңғымадан шығарылатын сұйықтықтың жылдық өсуі 20 000 м³-тан асады. 1м³ өнім бірлігін айдаудың өзіндік құны қазіргі

уақытта әртүрлі бағалаулар бойынша шамамен 70 тг құрайды. Сонда ғана бір ұңғыма бойынша ҚСҚ қолданудың жылдық экономикалық тиімділігі шамамен 1,400 мың теңгені құрауы мүмкін.

Бөлім бойынша қорытынды

Эксперименттік зерттеулердің нәтижелеріне сүйене отырып, келесі ғылыми және практикалық тұжырымдар жасауға болады:

- жоғары қысымды сопланың құрылымдық параметрлері және оның бетінің тазалығы тұтастай алғанда АС-тың тиімді көрсеткіштеріне айтарлықтай әсер етеді,

- ең жақсы сипаттамаларға қысқа коноидальды саңылаулары бар, дөңгелек кіріс профилі және цилиндрлік шығыс арнасы бар, оның ұзындығының саңылаудың диаметріне қатынасы 0,45-тен 0,55-ке дейін, бетінің тазалығы жоғары,

- ұңғымалық жағдайларды имитациялай отырып ЭОТС пен АС-тың бірлескен жұмысы (батыру тереңдігі СН-3М) жиынтық берілісті $2,71 \text{ м}^3/\text{сағ}$ -қа ($Q_{\text{отс}}=4,55 \text{ м}^3/\text{сағ}$; $Q_{\text{КСҚ}}=7,26 \text{ м}^3/\text{сағ}$) арттыруға мүмкіндік берді, эжекция коэффициенті $K=0,59$ құрады, сондай-ақ терең сорғы қондырғысының энергия тұтынуын 8,7%-ға төмендетеді,

- сандық модельдеу нәтижелері мен ҚСҚ стендтік моделіндегі эксперименттік зерттеулердің нәтижелерін салыстыру бұрын әзірленген модельдеудің есептеу әдісінің дұрыстығын растады.

Ағынды сорғының стендтік нұсқасын зерттеу нәтижелері суасты ЭОТС-пен жұмыс істеуге арналған ағынды сорғының жартылай өнеркәсіптік ұңғымалық құрылымын жобалау және дамыту бойынша кейбір ұсыныстарды жасауға мүмкіндік берді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл диссертациялық жұмыстың түпкі мақсаты жоғары қысымды саптаманы қолдану технологиясын негіздеу болды, ол үшін кезең-кезеңімен келесі жұмыс түрлері жүргізілді:

- мұнай және химия салаларында тандем сорғы қондырғыларын практикада қолдану бойынша материалдарды жинау, талдау және қорыту жүргізілді,

- ағынды сорғы қондырғыларын есептеу және жобалаудың қолданыстағы әдістеріне талдау жасалынды,

- бастапқы параметрлерді таңдау және негіздеу және реактивті сорғының жұмысын электрлік ортадан тепкіш сорғымен модельдеу үшін негізгі элементтер мен түйіндерді есептеу әдістемесі жасалынды,

- ағындық сорғының конструкциясын пысықтау мақсатында сыналатын ҚСҚ ағындық сорғысына арналған жоғары қысымды соплоның конструкциясын негіздеу жүргізілді,

- конструкцияларды талдау нәтижелері бойынша одан әрі зерттеулер жүргізу үшін соплолардың бірнеше перспективалық нұсқалары таңдалды және дайындалды,

- олардың гидродинамикалық қасиеттерін бағалау үшін сынақ стенді жасалып, жасалды, бұл соплодан шығатын ағынның қалыптасу параметрлерін бағалауға мүмкіндік береді.

Жүргізілген стендік сынақтардың нәтижесі:

- жоғары қысымды соплоның профилі ағынды сораптың жұмысында маңызды рөл атқарады. Ағын энергиясының ең аз шығыны Вентури соплосы сияқты қысқа коноидальды соплоларда байқалды,

- АС сипаттамаларына айтарлықтай әсер сопло мен араластыру камерасына кіру арасындағы қашықтықтың әсері жоғары басқа құрылымдық өлшемдер әсеріне қарағанда. ҚСҚ берілген стендік пайдалану шарттары бойынша соплодан араластыру камерасына дейінгі тиімді қашықтық – 15,02 мм, диффузорды ашудың оңтайлы бұрышы – 9^0 және араластыру камерасының ұзындығы – 92,14 мм анықталынды, бұл кезде эжекция коэффициентінің ең жоғары мәні мен АС-тың ПЭК-і максимумға жетеді. Сондықтан, реактивті сорғының өнеркәсіптік нұсқасын жобалау кезінде оны осы параметрді автоматты басқару құрылғысымен жабдықтаған жөн. Бұл АС-ты беріліс пен қысымның кең диапазонында пайдалануға мүмкіндік береді,

- ОТС-пен бірге ағынды сорапты қолдану жалпы берілісті орта есеппен 23%-дан 38%-ға дейін арттыруға мүмкіндік береді, бұл ОТС-тың жұмыс режимін реттеу ауқымын едәуір кеңейтуге мүмкіндік береді.

Осылайша, жүргізілген зерттеулер жиынтығы және алынған нәтижелерді талдау жоғары қысымды соплолары бар ағынды сорапты практикада кеңінен қолдануға болатынын көрсетті.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Мырзахметов Б.А., Султабаев А.Е., Токтамисова С.М., Майкенов Е.Б. Моделирование скважинной тандемной насосной установки для откачки урана при подземном скважинном выщелачивании. // Сб. трудов Межд. научно-практ. конференции «Рациональное использование минерального и техногенного сырья в условиях индустрии 4.0». – Алматы: КазНИТУ, 2019.
- 2 Вербицкий В.С., Грехов И.В., Деньгаев А.В. и др. Промысловые исследования насосно-эжекторных систем «Тандем» в ОАО «Юганскнефтегаз» // Нефтяное хозяйство. 2005г.
- 3 Сазонов Ю. А., Конструирование струйных аппаратов: Учебное пособие. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, 2016.
- 4 Michael Teti, Jan K. Spelt, Marcello Papini. Jet properties and mixing chamber flow in a high-pressure abrasive slurry jet: part II—machining rates and CFD modeling // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2019, Vol. 101, Issue 9—12, pp. 3021—3034.
- 5 Мищенко И.Т., Гумерский Х.Х., Марьенко В.П. Струйные насосы для добычи нефти // М.: Нефть и газ, 1996. - 150 с.
- 6 Калачев В.В. Струйные насосы. Теория, расчет и проектирование // М.: Филинь: “Омега-Л”, 2017. - 418 с.
- 7 Инструкция по управлению процессом гидроструйной эксплуатации скважин с использованием блока распределения, измерения и фильтрации. — Нягань: ОАО «ТНК-Нягань», 2012.
- 8 Соколов Е.Я., Зингер Н.Л. Струйные аппараты // М.: Энергоатомиздат, 1989. — 352 с.
- 9 Помазкова, З.С. Расчет струйных насосов к установкам для нефтяных скважин. – М.: ЦБТИ, 1961. – 66 с.
- 10 Мырзахметов Б.А., Сладковский А.В., Токтамисова С.М. Методика расчетного моделирования режимов работы струйного насоса для транспортировки продуктивных растворов урана. XII International conference of transport problems 2020. Silesian University of Technology, Katowice, Poland, 2020. С.528-538.
- 11 Дроздов А.Н., Вербицкий В.С., Деньгаев А.В. и др. Погружные насосы и насосно-эжекторные системы—новые возможности в нефтегазодобыче, нефтеотдаче и нефтегазосборе // Вестник НК «ЮКОС». – 2004. – № 10.
- 12 Лямаев Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд. – ие, 1988.
- 13 Патент РК на полезную модель №4746 от 02.03.2020. Струйный насос. Мырзахметов Б.А., Бейсенов Б.С., Токтамисова С.М., Сарыбаев Е.Е.
- 14 Cunningham, R.G. Jet Pump Theory and Performance with Fluids of High Viscosity. Proc. ASME (1957) 79. 1807-20.
- 15 Берман Л. Д., Ефимочкин Г.И. Методика расчета водоструйного эжектора. - Теплоэнергетика, 1964. - №8. С. 92-95.

16 Вербицкий В.С., Грехов И.В., Деньгаев А.В. и др. Промысловые исследования насосно-эжекторных систем «Тандем» в ОАО «Юганскнефтегаз» // URL: <http://naukarus.com/promyslovyye-issledovaniya-nasosno-ezhektornyh-sistem-tandem-v-oao-yuganskneftegaz> (дата обращения: 31.05.2018).

17 Шамаков Н.П., Дядин А.Н., Лабинский А.Ю. Двухфазные струйные аппараты. - Л.: Судостроение, 1989. – 240 с.

18 Берман Л. Д., Ефимочкин Г.И. Расчетные зависимости для водоструйных эжекторов. - Теплоэнергетика, 1964. - №7. С. 44-48.

19 Мырзахметов Б.А., Крупник Л.А. и др. Применение струйных насосов и средств защиты от пескопроявления при откачке продуктивных растворов урана // Безопасность труда в промышленности. — 2018. — № 7. — С. 74-80.

20 Дроздов А.Н., Мохов М.А., Осичева Л.В. Характеристики струйного аппарата с многоствольным соплом при откачке жидкости и газа// Нефтепромысловое дело, 1999. - №1. - С.25-26.

21 Ломакин В. О., Чабурко П. С. Влияние геометрической формы сопла струйного насоса на его характеристики. - Наука и Образование: Электрон. журн. - 2014. - № 12. -С.210–219. <http://docplayer.ru/41986127-Vliyanie-geometricheskoy-formy-sopla-struynogo-nasosa-na-ego-harakteristiki.html>. DOI:10.7463/1214.0743907.

22 Дейч М.Е. Газодинамика диффузоров и выхлопных патрубков турбомашин. –М.: Энергия, 1970. – 384 с.

23 Тиме И.А. Всасывающее действие конических расходящихся насадков. - Горный журнал. – 1884. – Т.1. –С.1-24.

24 Мырзахметов Б.А., Токтамисова С.М., Оралбеков М.Т., Шуриев Т.Х. Моделирование режимов работы тандемной насосной установки в скважинных условиях и обоснование их применения в технологии добычи урана. IX Международ.научно-практическая конференция «Актуальные проблемы урановой промышленности», 7-9 ноября 2019. Алматы. С.269-278.

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагияттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Төленді Артық Нұржанұлы

Тақырыбы: Гидродинамикалық қасиеттерді зерттеу және ағынды сораптарда қолдануға арналған жоғары қысымды соплолардың конструкцияларын негіздеу

Жетекшісі: Бейбит Мырзахметов

1-ұқсастық коэффициенті (30): 4.4

2-ұқсастық коэффициенті (5): 2.4

Дәйексөз (35): 0.2

Әріптерді ауыстыру: 14

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 0

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

☒ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

Күні 30.05.22

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Төленді Артық Нұржанұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Гидродинамикалық қасиеттерді зерттеу және ағынды сораптарда қолдануға арналған жоғары қысымды соплолардың конструкцияларын негіздеу

Научный руководитель: Бейбит Мырзахметов

Коэффициент Подобия 1: 4.4

Коэффициент Подобия 2: 2.4

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 14

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- ☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- ☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- ☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- ☐ Обоснование:

Дата 30.05.22

Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Төленді Артық Нұржанұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Гидродинамикалық қасиеттерді зерттеу және ағынды сораптарда қолдануға арналған жоғары қысымды соплалардың конструкцияларын негіздеу

Научный руководитель: Бейбит Мырзахметов

Коэффициент Подобия 1: 4.4

Коэффициент Подобия 2: 2.4

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 14

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☐ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата 26.05.2022
Исмаилов А.С.

 проверяющий эксперт

РЕЦЕНЗИЯ

магистерлік диссертацияға

(жұмыстың аты)

Төленді Артық Нұржан-ұлына

(Ф.И.О. обучающегося)

(оқушының А.Ж.Т.)

7M07111 – Машиналар мен жабдықтардың цифрлық инженериясы

(мамандықтың шифры және аты)

Тақырыбы: Гидродинамикалық қасиеттерді зерттеу және ағынды сораптарда қолдануға арналған жоғары қысымды соплолардың конструкцияларын негіздеу

Рецензияға ұсынылғаны:

а) графикалық/демонстрациялық бөлімі- 13 слайдта

б) магистрлік диссертацияның жазбаша түсініктемесі - 50 бетте

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУЛЕР

Рецензияға ұсынылып отырған диссертацияда ағымды сораптардың негізгі элементтерінің бірі – жоғары қысымды саптамасының (соплосының) конструкциясының гидродинамикалық қасиеттерін зерттеп, ең тиімді формаларын анықтауға арналған.

Себебі- сол саптаманың гидродинамикалық қасиеттерінен ағымды сораптың тиімділігі тікелей байланысты.

Зерттеулер теориялық және компьютерлік моделдеу әдістермен орындалып, оның нәтижелері эксперименталды түрде заманауи стендтерде дәлелденген. Тәжірибелік зерттеулер шынайы жағдайда жүргізілді.

Жалпы, диссертанттың алдына қойған міндеттер толық көлемде және нормативті құжаттар талабына сай орындалған, ғылыми жаңалығы мен тәжірибелік мәні бар жұмыс болып табылады. Зерттеу нәтижелері ғылыми мақала түрінде «Халықаралық конференциялар» материалдарында жарияланған.

Айтарлықтай ескертулер диссертациялық жұмысқа жоқ, тек тілек бар – диссертациялық жұмыстағы ұсыныстарды өндіріске практикалық енгізу.

Жұмысқа баға

Диссертациялық жұмыс жоғары ғылыми-әдістемелік деңгейінде орындалған, қойылған мақсаттар мен міндеттерге қол жеткізілді, мазмұны мен безендірілуі нормативтік құжаттардың талаптарына сай орындалған.

Магистрант Төленді Артық Нұржан-ұлының диссертациясының ғылыми деңгейі «Техника және технология магистрі» атаққа лайық, ал оның диссертациясын – " 95%" - пайызбен бағалауға болады.

Рецензент

КУПС ректоры,

техн.ғыл.докт., профессор

(должность, уч. степень, звание)

Турдалиев А.

(подпись)

« »

2022 г.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И. Сатпаева

«27» 05 2022 г.

Төленді Артық Нұржанұлы
(фамилия, инициалы)

050013, г. Алматы, ул. Сатпаева 22

На тему: Исследование гидродинамических качеств и обоснование конструкций
высоконапорных сопел для применения в струйных насосах

Рецензия должна отражать следующие вопросы:

- 1 Актуальность темы дипломного проекта (работы).
- 2 Анализ содержания расчетно-пояснительной записки, положительные и отрицательные стороны проекта (работы).
- 3 Возможность внедрения проекта (работы) в производство.
- 4 Качество графической части проекта (работы).
- 5 Заключение (с оценкой) по проекту (работы).

Просим представить рецензию к «30» маг 2022 года
М.П.

Директор института
Заведующий кафедрой



/ К.К.Елемесов /
/ С.А.Бортебаев /

Направление на рецензию
Турдалиев Ауезхан Турдалиевич
(фамилия, инициалы)
Институт Энергетики и машиностроение
Казахского национального исследовательского
технического университета имени К.И.
Сатпаева направляет Вам на рецензию
магистерскую диссертацию магистранта
2 курса по образовательной программе
7М07111–«Цифровая инженерия машин и
оборудования»