

АННОТАЦИЯ

8D07102– Жылу энергетикасы мамандығы бойынша
(PhD) докторы ғылыми дәрежесін алуға ұсынылған диссертация

ДЖАМАНКУЛОВА НЕЛЛЯ ОРНАЛИЕВНА

Энергетикалық кәсіпорындар үшін кеуекті жылу алмастырғышты әзірлеу және зерттеу

Зерттеудің өзектілігі

Металлургиялық қондырғылардың бөлшектері мен тораптары, әсіресе балқыту қондырғыларында жоғары температурада жұмыс істейді және сәйкесінше қарқынды салқындатуды қажет етеді.

Қазіргі уақытта суылық және буландырғыш салқындату жүйелері қолданылады, бұл үшін кеуекті (торлы) құрылымы бар жүйелер қолайлы, олар салқындату қарқындылығын арттыру қажет болған жағдайларда сәтті қолдануды тапты.

Кессондар түрінде жасалған кезде сулық және булану салқындату жүйелеріне арналған пештің жарылуына әкелетін балқымаға және штейнге судың түсуін жою арқылы металлургияда балқыту қондырғыларының жұмысының жарылыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету қажеттілігі туындайды.

Энергетикалық жабдықтың қабырғаларының қатты қыздырылған беттерінің аса қызып кетуіне және күйіп кетуіне жол бермеу қажеттілігі, және кеуекті салқындату құрылымы бар жылу алмастырғыштардың перспективалық конструкцияларын әзірлеу мәселелері өзекті болып табылады.

Бұл жағдайда сұйықтықтың аз мөлшерін қамтитын, жарылысқа төзімді, жоғары күшейту және жылу беру қарқындылығы бар капиллярлық кеуекті салқындату жүйесі тиімді болуы мүмкін.

Зерттеудің мақсаты - кеуекті элементтер негізінде жылу алмасу құрылғысын жасау және капиллярлық және массалық күштердің бірлескен әрекеті кезінде кеуекті құрылымдарда жүзеге асатын булану арқылы жылу алмасуды зерттеу.

Зерттеудің міндеттері мыналар болып табылады:

1. Капиллярлық-кеуекті құрылымдардағы булану кезіндегі жылу және масса алмасу процестерін зерттеу;
2. Капиллярлық-кеуекті құрылымдардағы жылу алмасу процесін сипаттайтын физикалық және математикалық модельдерді құру;
3. Жылу және масса алмасу процестерін булану арқылы зерттеуге арналған тәжірибелік қондырғы мен оның элементтерін әзірлеу;
4. Голография мен жоғары жылдамдықты кинотүсіру арқылы жылу және масса алмасу процестерінің механизмін зерттеу;

5. Торлы капиллярлы-кеуекті құрылымдардағы термогидравликалық қайнау сипаттамаларын пайдалана отырып, жылу ағындарын есептеу және оларды басқару.

Зерттеу әдістері

Ғылыми зерттеулерде қолданылатын және осы зерттеуде ұсынылған зерттеу әдістері эмпирикалық, эксперименттік теориялық, теориялық болып табылады:

- эмпирикалық (өлшеу, санау, салыстыру);
- эксперименттік-теориялық (эксперимент, талдау (аналитикалық әдіс), аналогия, модельдеу);
- теориялық (жалпылау).

Жүргізілген зерттеулердің ғылыми жаңалығы

1. Капиллярлы-кеуекті жүйелердегі булану процесінің математикалық және физикалық модельдері жасалды:

- микроқабаттың булану моделі; кеуекті құрылымды жасушаларда бу тудыратын бетте бу көпіршігінің пайда болу моделі;
- жылу алмасу процесінің математикалық моделі; қыздыру бетінің шекті күйіне арналған капиллярлық-кеуекті жабын моделі (термосерпімділік мәселесі);

2. Голография мен жоғары жылдамдықты кинотүсіруді қолдану арқылы буланулық жылу алмасу механизмі зерттелді;

3. Кессон моделіндегі кеуекті құрылымдардағы жылу алмасу процестерін зерттеу үшін тәжірибелік қондырғы жасалды;

4. Жылу ағындарының теңдеулері торлы кеуекті құрылымдардағы қайнау процесінің термогидравликалық сипаттамаларын (D_0 , f , n , R) пайдалана отырып алынады;

5. Интегралдық сипаттамаларға (q , α , ΔT) негізделген кеуекті салқындату жүйесінің жылу алмасуын және гидравликалық кедергісін есептеу үшін теңдеулер алынды;

6. Зерттелетін кеуекті жүйедегі булану процестері үшін тәжірибелік деректер жинақталып, жылу құбырларында және жұқа қабықшалы буландырғыштарда үлкен көлемде қайнатумен салыстырмалы баға берілді;

7. Патентпен қорғалған капиллярлық кеуекті салқындату жүйелерінің ұсыныстары мен техникалық шешімдері әзірленді.

Диссертациялық жұмыстың ғылыми-практикалық маңызы

Өнеркәсіптік өндіріс және оның қоршаған ортасы экологиялық жағдайларды, еңбек қауіпсіздігін, табиғи ресурстарды (отын, су, ауа, жылу) үнемдеуді айтарлықтай жақсартуды талап етеді. Осыған байланысты кеуекті жүйелерді пайдалану арқылы жоғары тиімділікпен жүзеге асырылуы мүмкін жаңа әдістер мен құрылғылар қажет. Жылу алмастырғыштардың конструктивтік шешімдерінің қолданыстағы әртүрлілігі уақыт талаптарының жоғарылауын қанағаттандырмайды, сонымен қатар әртүрлі әдістемелік тәсілдер арқылы алынған кіріс параметрлерінің шектеулі өзгеруіне байланысты қолданыстағы зерттеулердің қолданылуы шектеулі.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы және жұмыс нәтижелерін қолдану жылу ағындарын есептеуді энергия өндірісінде кеңінен қолданылатын жылу алмастырғыштардың торлы капиллярлы-кеуекті құрылымдарында қайнау және буланудың термогидравликалық сипаттамаларын пайдалана отырып, оларды басқару жолдарын анықтауға мүмкіндік береді, атап айтқанда, балқыту қондырғыларын салқындату үшін. Буландырғыш салқындату жүйесіне негізделген металлургиялық қондырғылар үшін перспективалы салқындату жүйелерін жобалау мүмкіндіктері пайда болды. Алынған нәтижелер негізінде әзірленгендер балқыту қондырғыларының кессондарының мысалында жоғары жылу жүктемесі бар бу шығаратын беттерді капиллярлық-кеуекті салқындату жүйелерін әзірлеу бойынша ұсыныстар мен техникалық шешімдерді жасауға мүмкіндік береді.

Қорғауға шығарылатын ғылыми мәселелер:

– Капиллярлы-кеуекті жүйелердегі булану процесінің математикалық және физикалық модельдері: микроқабаттың булану моделі; кеуекті құрылымдағы ұяшықтардағы бу шығаратын бетте бу көпіршігінің пайда болу моделі; жылу алмасу процесінің математикалық моделі; жылу алмастырғыштың кеуекті құрылымындағы булану процесінің механизмі (жылу және масса алмасу, гидродинамика және беріктік); қыздыру бетінің шекті күйіне арналған капиллярлық-кеуекті жабын моделі;

– Кессон үлгісіндегі кеуекті құрылымдардағы жылу алмасу процестерін зерттеуге арналған тәжірибелік қондырғы;

– Торлы кеуекті құрылымдардағы қайнау процесінің термогидравликалық сипаттамаларын (D_0 , f , n , R) пайдаланатын жылу ағындарының теңдеулері;

– Интегралдық сипаттамаларға (q , α , ΔT) негізделген кеуекті салқындату жүйесінің жылу алмасуын және гидравликалық кедергісін есептеуге арналған теңдеулер;

– Зерттелетін кеуекті жүйедегі булану процестері үшін тәжірибелік деректерді жалпылау және жылу құбырлары мен жұқа қабықшалы буландырғыштарда үлкен көлемде қайнатумен салыстырмалы баға беріледі;

– Балқыту қондырғыларының кессондарының мысалын пайдалана отырып, жоғары жылу жүктемелі бу шығаратын беттер үшін патентпен қорғалған капиллярлы-кеуекті салқындату жүйелерінің әзірленген ұсыныстары мен техникалық шешімдері.

Зерттеушінің жеке үлесі жұмыстың өзектілігін негіздеуде, патенттік іздеуде, эксперименттік шолуда, әдеби деректерді талдау мен жалпылауда; кессон моделінде кеуекті құрылымдардағы жылу алмасу процестеріне тәжірибелік қондырғы құру және эксперименттік зерттеулер жүргізу; жаңа жоғары күшейтілген капиллярлы-кеуекті салқындату жүйесін әзірлеу, модельдерді құру және интегралдық сипаттамаларға негізделген есептеу тәуелділіктерін алу (q , ΔT) бойынша алынған нәтижелерді талдау және жалпылау; модельдеу, аналогия, интерферограммаларды өңдеу әдістерін

әзірлеу оптикалық әдістерге негізделген кинограммалар; ғылыми жарияланымдар мен басылымдарды дайындау.

Диссертация нәтижелерінің апробациясы. Жұмыстың негізгі нәтижелері ғылыми-практикалық халықаралық және шетелдік конференциялар мен семинарларда ұсынылып, талқыланды:

1. Халықаралық конференция «Proceedings of 5-th International Conference on Thermal Equipment, Renewable Energy and Rural Development TE-RE-RD» (Bulgaria, 2016);
2. Халықаралық конференция «Međunarodna konferencija Elektrane - 2016» (Belgrade – Serbia, 2016);
3. Халықаралық ғылыми-практикалық конференция «Современные тенденции развития науки и производства» (Кемерово – Россия, 2017);
4. Шетелдік конференция «55th Annual Science Conference of Ruse University Smart Specialization-Innovative strategy for regional economic transformation» (Ruse – Bulgaria, 2016);
5. Халықаралық қатысумен шетелдік конференция «18th Symposium on Thermal Science and Engineering of Serbia, Energy – Efficiency – Ecology» (Sokobanja – Serbia, 2017);
6. Халықаралық конференция «First International Scientific Conference «Alternative Energy Sources, Materials and Technologies (AESMT'18)» (Plovdiv – Bulgaria, 2018);
7. Халықаралық конференция «7th International Conference on Thermal Equipment, Renewable Energy and Rural Development TE-RE-RD 2018» (Drobeta Turnu Severin – Romania, 2018);
8. Халықаралық қатысумен шетелдік конференция «The 3rd SDEWES conference on sustainable development of energy, water and environment system» (Novi Sad – Serbia, 2018);
9. Халықаралық қатысумен шетелдік конференция «EENVIRO 2018 – Sustainable Solutions for Energy and Environment» (Cluj Napoca – Romania, 2018);
10. Халықаралық конференция «XXIII International Conference Energy, Ecology, Comfort, Self – Confidence» (Sozopol – Bulgaria, 2018);
11. АЭЖБУ тұңғыш ректор Ғ.Ж. Дәукеевті еске алуға арналған X Халықаралық ғылыми-практикалық конференция, (Алматы – Қазақстан, 2018);
12. Халықаралық конференция «8th International Conference on Thermal Equipment, Renewable Energy and Rural Development TE-RE-RD 2018» (Targoviste – Romania, 2019);
13. Халықаралық қатысумен шетелдік конференция «The XXIIInd National Conference on Thermodynamics with International Participation NACOT 2019» (Galati –Romania 2019).
14. Халықаралық қатысумен шетелдік конференция «The 4th International Conference on Communications, Information, Electronic and Energy Systems (CIEES), (Plovdiv- Bulgaria, 2023).

Ғылыми жарияланымдар

Диссертациялық жұмыс тақырыбы бойынша ғылыми зерттеулердің нәтижелері 52 ғылыми мақалада және ғылыми конференция материалдарында жарияланды: Web of Science (Thomson Reuters) базасында 2 мақала; Scopus деректер базасында журналдарда 10 мақала; ҚР Білім және ғылым министрлігінің Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті (КОКСОН) ұсынған журналдарда 21 мақала; 19 халықаралық және шетелдік ғылыми-тәжірибелік конференциялар материалдарындағы жарияланымдар; 7 ғылыми-зерттеу есептері (ОНИР) және 1 ҚР өнертабысқа патенті.

Жұмыстың көлемі мен құрылымы. Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 7 бөлімнен, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен және қосымшалардан тұрады. Диссертациялық жұмыстың негізгі мәтіні 138 бетте және қосымшалар, 6 кесте, 65 сурет және 177 атаудан тұратын пайдаланылған әдебиеттер тізімі берілген.

Кіріспеде зерттеу жұмысының өзектілігі көрсетіліп, зерттелетін мәселе нақтыланады. Жұмыстың негізгі идеясы, ғылыми жаңалығы, сенімділігі, сонымен қатар нәтижелер мен жарияланымдарды апробациялау көрсетілген.

Жылу алмастырғыш құрылғыларда кеуекті материалдарды пайдалану жылу және масса алмасу процестерін күшейтудің перспективалы және тиімді әдістерінің бірі болып табылады. Кеуекті материалдардың құрылымдық, термофизикалық, гидравликалық, химиялық, оптикалық және басқа да қасиеттерінің кең ауқымы, олардан құрылымдық элементтерді дайындаудың қарапайымдылығы, жылу алмасудың жоғары қарқындылығы, мұның бәрі кеуекті жылу алмасу элементтерін әртүрлі экстремалды жағдайларда пайдалануға мүмкіндік береді.

Кеуекті салқындату құрылымы бар жылу алмастырғыштардың перспективалық конструкцияларын әзірлеу мәселелері өзекті болып табылады. Бұл жағдайда сұйықтықтың аз мөлшерін қамтитын, жарылысқа төзімді, жоғары күшейту және жылу беру қарқындылығы бар капиллярлық кеуекті салқындату жүйесі тиімді болуы мүмкін.

Осылайша, бұл мәселенің өзектілігі айқын, процестерді күшейту үшін үнемді құрылғыларды зерттеу, жобалау және енгізу бойынша жұмыс қажет. Зерттеудің мақсаты кеуекті элементтерде жылу алмасу құрылғысын жасау және капиллярлық және массалық күштердің бірлескен әрекеті кезінде кеуекті құрылымдарда булану арқылы жылу алмасуды зерттеу болды.

I тарауда патенттік іздеу және эксперименттік шолу нәтижелері берілген және бірқатар қолданыстағы үлгілер егжей-тегжейлі сипатталған.

Кеуекті элементтерді пайдалана отырып, жылу алмасуды күшейту мәселелері қарастырылады: булану процесінің механизміне әртүрлі тәсілдер; жоғары кернеулі қондырғылардың қыздыру беттерін салқындатудың тиімді қабаттары; металлургиялық пештерді булану арқылы салқындату. Зерттеу мақсатына жету үшін келесі міндеттер қойылды:

1. Капиллярлық-кеуекті құрылымдардағы булану кезіндегі жылу және масса алмасу процестерін зерттеу;

2. Капиллярлық-кеуекті құрылымдардағы жылу алмасу процесін сипаттайтын физикалық және математикалық модельдерді құру;

3. Жылу және масса алмасу процестерін булану арқылы зерттеуге арналған тәжірибелік қондырғы мен оның элементтерін әзірлеу;

4. Голография мен жоғары жылдамдықты кинотүсіру арқылы жылу және масса алмасу процестерінің механизмін зерттеу;

5. Торлы капиллярлы-кеуекті құрылымдардағы термогидравликалық қайнау сипаттамаларын пайдалана отырып, жылу ағындарын есептеу және оларды басқару.

II тарау капиллярлы-кеуекті құрылымдардағы булану процесінің (жылу мен масса алмасу, гидродинамика және беріктік) физикалық және математикалық модельдерін аналитикалық зерттеуге арналған. Келесі модельдер ұсынылған және қарастырылған: микроқабатты булану кезіндегі жылу алмасу процесінің моделі; булану процесінің математикалық және физикалық модельдері; бу көпіршіктерінің пайда болу моделі; жылу алмасу бетінің шекті күйінің жағдайлары үшін булану процесінің математикалық моделі; жылу алмастырғыштың кеуекті құрылымындағы булану процесінің механизмі. Жұмыс үшін таңдалған модельдер математикалық негізделген.

III тарауда тәжірибелік қондырғының сипаттамасы және олардың капиллярлық-кеуекті құрылымдардағы жылу және масса алмасуды зерттеуге арналған элементтері берілген, артық сұйықтықпен жұмыс істейтін кеуекті құрылымдардағы булану процестеріне зерттеу жүргізіледі. Балқыту қондырғысының кессон үлгісінде жасалған жоғары жылдамдықты өрт-техникалық қондырғыларының элементтерін салқындату үшін қолданылатын, идеясы патенттелген құрылғы сипатталған. Эксперименттерді жүргізу әдістемесі, өлшеу құралдарының түрлері мен сипаттамалары, негізгі параметрлерді анықтаудың қажетті теңдеулері, сондай-ақ өлшеу қателіктерін бағалау ұсынылған.

IV тарауда өнеркәсіптік жоғары жылдамдықты өрт қондырғыларына жататын кеуекті жылу алмастырғыш сипатталған. Ұсынылған капиллярлы-кеуекті кессонды салқындату жүйесі қондырғылардың сенімділігін арттырады, кеуекті жүйеде жылу беруді күшейтеді және жоғары күшейтілген өрт-техникалық қондырғыларының жұмысының жарылыс қауіпсіздігін қамтамасыз етеді. Жылу алмасу механизмі голографиялық интерференция мен жоғары жылдамдықты кинотүсіру арқылы зерттелді. Зерттелетін жүйені жылу құбырларымен және жұқа пленкалы буландырғыштармен салыстыру берілген. Үлкен ұяшықтары бар торларды пайдалану салқындатқышқа қойылатын талаптарды жеңілдетеді.

V тарауда капиллярлы-кеуекті құрылымдардағы режимдік және конструктивтік факторлардың жылу алмасуға, гидродинамикаға және беріктікке әсері талданады. Кеуекті құрылымдардағы қайнау процестерінің голографиялық интерферограммалары мен кинограммаларын талдау әртүрлі q мәндері үшін интерференциялық жолақтардың пішіні мен тығыздығының деформация дәрежесіне қарай жылу және масса алмасу процестерінің жылу

және гидродинамикалық күйін бағалауға және есептеуге мүмкіндік береді. Микропроцестерді және кейбір жергілікті процестерді, мысалы, температуралық микрорельефті, флуктуация құбылысын және тамшылардың шығарылуын бағалауға болады. Процесс неғұрлым қарқынды болса, соғұрлым суреттер айқынырақ болады. Кеуекті құрылымдағы ұяшықтардағы жекеленген бу көпіршігінің қайнауы кезіндегі жылу ағынының тығыздығын талдау негізінде кеуекті құрылымдағы ұяшықтарда өсетін бу көпіршігі негізінің маңайындағы жылу ағынының меншікті тығыздығының уақытқа тәуелділігі сипатталған.

VI тарауда бу көпіршіктерінің жыртылатын (бұзылатын) диаметрлері, генерация орталықтарының тығыздығы, бөліну жиілігі және олардың өсу жылдамдығы сияқты торлы кеуекті құрылымдардағы булану процесінің сипатталған термогидравликалық сипаттамаларының есептелген жартылай эмпирикалық тәуелділіктерін алуға мүмкіндік беретін тәжірибелік деректердің синтезі берілген. Бұл мәндер сұйықтықтың (қысымның) және қабырғаның термофизикалық қасиеттеріне, температуралық тегеурінге және артық салқындатқышқа байланысты орнатылады. Қайнаудың ішкі сипаттамаларына сүйене отырып, кеуекті құрылымның түріне және бу шығаратын беттің геометриясына байланысты шығарылатын жылу ағындарын есептеу үшін физикалық модельдерді құруға және қарапайым инженерлік формулаларды алуға болады.

VII тарауда капиллярлы-кеуекті жылу алмастырғыштарды қолдану салалары қарастырылады, қоршаған ортаны ескере отырып, стационарлық жылу алмастырғыштардың сенімділігі мен тиімділігін арттыруға арналған кеуекті құрылымдардағы құрылғылар тізімі берілген. Металлургия өндірісінде капиллярлы-кеуекті жүйелерді қолдану егжей-тегжейлі сипатталған. Балқыту қондырғыларын салқындату үшін капиллярлы-кеуекті жылу алмастырғыштар суреттелген. Әртүрлі капиллярлы-кеуекті жылу алмасу жүйелеріндегі жылу және масса алмасу процестеріне әртүрлі факторлардың әсерін зерттеу нәтижелері берілген.

Балқыту қондырғыларының жарылыстан қауіпсіз жұмысын қамтамасыз ету үшін кессондар түріндегі қорап тәрізді капиллярлы-кеуекті жылу алмастырғыштар әзірленді және зерттелді. Кеуекті жүйелер тар мақсатты емес және металлургиялық өндірісте су бассейнінің ластануынан қорғау мақсатында майды салқындату (мазутты жылыту), бу салқындатқыштары мен қазандық барабандары үшін, пештердің пайдаланылған газдарынан жылуды қалпына келтіру және оларды тазарту үшін, салқындату мұнарасының суару элементтері үшін кеңінен қолданылады. Салқындатудың капиллярлы-кеуекті жүйесі буланулық салқындатуының артықшылықтарын сақтай отырып, бірқатар жаңа оң факторларға ие, олар мыналарды қамтиды: салқындатқыштың көлемін одан әрі қысқарту, қондырғылардың жарылыс қауіпсіздігі, күрделі салымдар мен пайдалану шығындарын азайту, жылу беруді өзін-өзі реттеу, жылу беруді күшейту және интенсификациялау, күрт өзгертін циклдік деструктивті

кернеулерді азайту, экономикалық және экологиялық әсерлер алу.

Қорытындыда капиллярлы-кеуекті жүйелерді пайдалана отырып, салқындатуды интенсификациялау мәселелерінің шешімдерін іздеуде қойылған зерттеу міндеттері туралы диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері мен қорытындылары көрсетілген.

Қосымшалар мыналарды қамтиды: капиллярлы-кеуекті салқындату жүйесіндегі жылу алмасу критерийлерін есептеу; өлшеу қателігін есептеу және экспериментті жоспарлау; жоғары жеделдетілген капиллярлы-кеуекті жылу алмастырғышты зерттеу және есептеу.