

**6D071800 – «Электр энергетикасы» мамандығы бойынша
философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған
«Жылу энергиясының баламалы көзі ретінде энергия тиімді
электротехникалық қыздыру құрылғысын зерттеу және әзірлеу»
тақырыбындағы Бузяков Рустам Равильевичтің
диссертациялық жұмысына
АНДАТПА**

Диссертациялық жұмыс гравитациялық типтегі электровакуумдық жылу түтігі бар төмен қысымды бу электр жылытқышы (ТҚБЭЖ) негізіндегі энергия тиімді электротехникалық қыздыру құрылғысын зерттеу мен әзірлеуге арналған. Құрылғы тұтынушыларды жергілікті автономды, орталықтандырылмаған және гибриділі электр-жылумен жабдықтауға арналған.

Зерттеудің өзектілігі электр энергиясын түпкілікті тұтынудың энергия тиімділігін арттыру, басқарылатын электр-жылулық жүктемелерді дамыту және жергілікті жылумен жабдықтаудың қатты отынға тәуелділігін төмендету қажеттілігімен айқындалады. Электр жүктемелерінің өсуі, энергетикалық инфрақұрылымның тозуы, төмен көміртекті генерацияның кеңеюі және экологиялық шектеулер жағдайында автономды, орталықтандырылмаған және гибриділі жылумен жабдықтау жүйелеріне сұраныс артып отыр. Ішкі екі фазалы жылу тасымалы бар, активті электр қуатын тұтыну орнында тікелей жылу энергиясына түрлендіруді қамтамасыз ететін электротехникалық қыздыру құрылғыларын қолдану перспективалы бағыт болып табылады. Сонымен бірге, электровакуумдық жылу түтігі негізіндегі төмен қысымды бу электр жылытқышының энергия тиімді әрі басқарылатын электротехникалық қыздыру құрылғысы ретінде жұмыс істеуінің физика-математикалық, эксперименттік және электр энергетикалық негіздемелері жеткілікті деңгейде әзірленбеген. Бұл ТҚБЭЖ-ді жергілікті автономды, орталықтандырылмаған және гибриділі электр-жылумен жабдықтауға арналған жылу энергиясының баламалы көзі ретінде әзірлеу мен зерттеудің өзектілігін айқындайды.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты – жергілікті автономды, орталықтандырылмаған және гибриділі электр-жылумен жабдықтауға арналған жылу энергиясының баламалы көзі қызметін атқаратын энергия тиімді электротехникалық қыздыру құрылғысын зерттеу және әзірлеу.

Зерттеу міндеттері:

– электрлік жылумен жабдықтау мен электротехникалық қыздыру құрылғыларының қазіргі жай-күйіне талдау жүргізу, жылу түтіктері мен екі фазалы термосифондардың қасиеттерін жүйелеу, қолданыстағы шешімдердің шектеулерін анықтау және жылытуға арналған электровакуумдық қыздыру құрылғыларын зерттеудегі ғылыми-техникалық олқылықты негіздеу;

– ТҚБЭЖ электровакуумдық жылу түтігінің физика-математикалық және сандық моделін әзірлеу, температуралық өрістерге, жылу ағындарына және энергетикалық балансқа есептік талдау жүргізу, екі фазалы циклдің тұрақты жұмыс істеу шарттары мен құрылғының шекті режимдерін анықтау;

– температуралық, жылулық және энергетикалық сипаттамаларды алу, конструкциялық-режимдік параметрлердің әсерін бағалау және модельдің

есептік тұжырымдарын тексеру үшін эксперименттік стенд әзірлеу және ТҚБЭЖ тәжірибелік үлгілеріне стендтік зерттеулер жүргізу;

– ТҚБЭЖ-дің конструкциялық-технологиялық және электротехникалық шешімдерін, соның ішінде секциялық құрылымын, мониторинг және автоматты басқару жүйесін, параметрлерді таңдаудың инженерлік әдістемесін және құрылғыны жергілікті, автономды, орталықтандырылмаған әрі гибриді электр-жылумен жабдықтау схемаларында ұтымды қолдану саласын негіздеу.

Зерттеу әдістері:

Зерттеу әдіснамасының негізін ТҚБЭЖ электровакуумдық жылу түтігіндегі электр-жылулық түрлендіруді, фазалық жылу-масса тасымалын және температуралық өрістің қалыптасуын зерделеуге бағытталған ғылыми әдістер кешені құрайды. Атап айтқанда, мынадай әдістер қолданылды:

– талдамалық және теориялық әдістер: электрлік жылумен жабдықтау мен электротехникалық қыздыру құрылғыларының қазіргі жай-күйіне, жылу түтіктері мен екі фазалы термосифондардың қасиеттеріне, сондай-ақ жылытуға арналған белгілі электровакуумдық қыздыру құрылғыларының шектеулеріне талдау жүргізілді;

– физика-математикалық және сандық модельдеу әдістері: қатты элементтердің стационарлық емес жылуөткізгіштігін, жұмыс денесінің фазалық ауысуын, бу-сұйықтық тасымалын, конденсаттың қайтарылуын, энергетикалық балансты және сыртқы жылу алмасуды ескеретін модель әзірленді. Сандық іске асыру COMSOL Multiphysics бағдарламасында орындалды; булану аймағына активті электр қуатын жеткізу баламалы жылу ағыны түрінде берілді;

– эксперименттік әдістер: электр қуатын, кернеуді, тоқты, температураны, қалдық қысымды, уақытты және қоршаған орта параметрлерін бақылау арқылы ТҚБЭЖ тәжірибелік үлгілеріне стендтік зерттеулер жүргізілді;

– статистикалық өңдеу және верификация әдістері: орташа мәндер, сенімділік интервалдары, регрессиялық тәуелділіктер мен қателіктер анықталып, есептік және эксперименттік нәтижелер салыстырылды.

Қорғауға шығарылатын негізгі ғылыми қағидалар:

– ТҚБЭЖ электровакуумдық жылу түтігіндегі активті электр қуатын жеткізуді, екі фазалы жылу тасымалын, конденсаттың қайтарылуын және сыртқы жылу алмасуды ескеретін электр-жылулық түрлендірудің физика-математикалық және сандық моделі;

– ТҚБЭЖ секциясының жұмыс бетінің жергілікті артық қызуының меншікті электр-жылулық жүктемеге, меншікті конструкциялық-массалық параметрге және жұмыс денесінің көлеміне тәуелділігін сипаттайтын әрі секцияның температуралық режимін болжауға мүмкіндік беретін эксперименттік түрде анықталған регрессиялық тәуелділіктер;

– активті қуатты реттеу, температуралық мониторинг және кернеуді, ток пен қуатты бақылау арқылы басқарылатын электр-жылулық жүктеме ретінде секциялық ТҚБЭЖ құрудың конструкциялық-режимдік қағидаттары;

– үй-жайдың жылу жүктемесін, секциялар санын, орнатылған қуатты, температуралық режимді және құрылғының пайдалану шектеулерін байланыстыратын ТҚБЭЖ параметрлерін таңдаудың инженерлік әдістемесі.

Диссертацияның ғылыми жаңалығы:

– гравитациялық типтегі электровакуумдық жылу түтігі негізіндегі төмен қысымды бу электр жылытқышы үшін алғаш рет электр қыздырғышты буландырғыш аймағына интеграциялау кезінде электр-жылулық түрлендірудің физика-математикалық және сандық моделі әзірленді және оны қолдану арқылы интегралдық жылу ағындарының, жұмыс режиміне шығу уақытының және жылу беретін беттің температуралық өрісінің электр-жылу жеткізудің динамикалық режимдеріне тәуелділігі анықталды;

– электр қуатының, жұмыс денесі көлемінің және булану аймағы геометриясының берілген мәндері кезінде екі фазалы циклдің тұрақты жұмыс істеу шарттары анықталды;

– ТҚБЭЖ электровакуумдық жылу түтігінің температуралық және энергетикалық сипаттамаларының электр қуатына, жұмыс денесінің мөлшеріне, бастапқы қалдық қысымға және геометриялық параметрлерге тәуелділігін сипаттайтын жаңа байланыстар, соның ішінде электр-жылу жеткізудің түтікшелі және индукциялық тәсілдерін салыстыру кезінде, анықталды;

– ТҚБЭЖ-дің жұмысқа қабілетті екі фазалы режимінің есептік және эксперименттік белгілері анықталды, олар жылуды жеткізу мен әкетудің энергетикалық балансын, булану аймағының рұқсат етілетін температуралық деңгейін, сұйық фазаның тұрақты қайтарылуын, қысым мен температураның жұмыс денесінің қанығу шартына сәйкестігін және іске қосу кезіндегі температура-уақыт қисықтарының қайталанғыштығын қамтиды;

– секциялық ТҚБЭЖ электровакуумдық жылу түтігіндегі екі фазалы жылу-масса тасымалын электр жүктемесін автоматты басқару алгоритмдерімен үйлестірудің конструкциялық-режимдік қағидаттары ғылыми тұрғыдан негізделді; олар аспапты автономды және гибриді электр-жылумен жабдықтау схемаларында басқарылатын электр жүктемесі ретінде қолдануды қамтамасыз етеді.

Алынған нәтижелердің практикалық маңыздылығы:

– электровакуумдық жылу түтігі негізіндегі жергілікті электротехникалық қыздыру құрылғысының параметрлерін таңдауға арналған модель, эксперименттік тәуелділіктер және инженерлік әдістеме әзірленді;

– ТҚБЭЖ-дің мониторинг, автоматты басқару және электрлік қорғаныс жүйесі бар секциялық электротехникалық қыздыру құрылғысы ретіндегі конструкциялық-технологиялық шешімдері әзірленді;

– үй-жайдың жылу жүктемесі мен қолжетімді электр қуатын ескере отырып, қуат пен секциялар санын, жұмыс денесінің мөлшерін, вакуумдауды, жылу беруді және температуралық бақылауды таңдау параметрлері анықталды;

– ТҚБЭЖ-ді жылу желілеріне қолжетімділігі жоқ автономды және жеке тұрған ғимараттарда, реконструкцияланатын объектілерде, аймақтық біркелкі емес жылу жүктемесі бар үй-жайларда, өнеркәсіптік және қоғамдық ғимараттардың гибриді схемаларында, сондай-ақ жұмыс аймақтарын жергілікті қосымша жылытуда ұтымды қолдану саласы негізделді;

– ТҚБЭЖ-ді жеткілікті электр қуаты, тиісті тарифтік жағдайлар және қосудың техникалық мүмкіндігі болған кезде орталықтандырылған және сулы жылыту жүйелерін толықтыратын басқарылатын жергілікті электротехникалық жылу көзі ретінде қолдану жөнінде ұсынымдар ұсынылды.

Зерттеу нәтижелерінің сенімділік дәрежесі:

Ғылыми қағидалардың, нәтижелер мен қорытындылардың негізділігі мен сенімділігі электротехниканың, жылу берудің, жылу-масса тасымалының, фазалық ауысулар теориясы мен термодинамиканың апробацияланған қағидаларын қолданумен, физика-математикалық модельдің дұрыс қойылуымен, энергетикалық балансты бақылаумен және есептік деректерді эксперименттік нәтижелермен салыстырумен қамтамасыз етіледі.

Эксперименттік сенімділік зертханалық стендті қолданумен, температураны, электр қуатын, кернеуді, тоқты, қалдық қысымды, массаны және геометриялық параметрлерді бақылаумен, сондай-ақ ТҚБЭЖ жұмысының әртүрлі режимдерінде сынақтар сериясын жүргізумен расталады. Нәтижелер өлшеу қателіктерін, деректерді статистикалық өңдеуді және сенімділік интервалдарын анықтауды ескере отырып бағаланды.

Диссертациялық зерттеу нәтижелері «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ-та 6B07107 «Электр энергетикасы» білім беру бағдарламасының «Электр механикасы және электротехникалық жабдық» пәні бойынша оқу процесіне енгізілді. Жұмыс нәтижелерінің практикалық апробациясы «Global light LLP» ЖШС-де жүргізілді, сондай-ақ нәтижелер «Silumin of Qazaqstan» ЖШС-де («Силумин оф Казахстан») ұсынылды. Нәтижелердің практикалық маңыздылығы Қазақстан Республикасының пайдалы модельге № 10146 патентін және авторлық құқық туралы № 63992 куәлігін алумен расталды.

Автордың жеке үлесі зерттеудің мақсаты мен міндеттерін қоюдан, жұмыс гипотезасын тұжырымдаудан, ТҚБЭЖ электровакуумдық жылу түтігінің физика-математикалық моделін әзірлеуден және оны COMSOL Multiphysics бағдарламасында сандық іске асырудан, эксперименттік стендті жобалау мен құрастырудан, стендтік сынақтарды жүргізуден, нәтижелерді статистикалық өңдеу мен есептік модельді верификациялаудан, секциялық ТҚБЭЖ-дің конструкциялық-технологиялық және электротехникалық шешімдерін негіздеуден, мониторинг және автоматты басқару жүйесін, параметрлерді таңдаудың инженерлік әдістемесін, техникалық-экономикалық бағалауды әзірлеуден, сондай-ақ алынған нәтижелерді жалпылаудан, диссертациялық зерттеу қорытындылары мен практикалық ұсынымдарды тұжырымдаудан тұрады.

Жұмыстың апробациясы. Диссертациялық жұмыстың негізгі ғылыми және практикалық нәтижелері «Өнеркәсіптегі инновациялық қызметтің басым бағыттары» IV Халықаралық ғылыми конференциясында (Қазан қ., 2020 жылғы 29–30 сәуір) және «Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы – Ұлт жоспарын іске асырудың негізі» халықаралық ғылыми-практикалық онлайн конференциясында (Сағынов оқулары № 12, Қарағанды қ., 2020 жылғы 18–19 маусым) баяндалып, талқыланды. Зерттеу нәтижелері сондай-ақ «Өндірістік процестерді автоматтандыру» кафедрасының және «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ ғылыми-техникалық кеңесінің отырыстарында талқыланды.

Жарияланымдар мен қорғау құжаттары. Диссертациялық жұмыстың негізгі ғылыми нәтижелері 10 ғылыми және ғылыми-әдістемелік еңбекте көрініс

тапты, олардың ішінде Scopus базасында индекстелетін халықаралық рецензияланатын ғылыми журналдардағы 2 мақала, ҚР ҒЖБМ Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдардағы 4 мақала, халықаралық ғылыми-практикалық конференциялар материалдарындағы 2 жарияланым және зияткерлік меншік объектілеріне арналған 2 қорғау құжаты бар.

Web of Science Core Collection және Scopus халықаралық рецензияланатын ғылыми журналдарындағы мақалалар:

1. «Development of low-pressure electric steam heater» // Eastern–European Journal of Enterprise Technologies. – 2021. – Vol. 4/8 (112). – P. 34–44. DOI: 10.15587/1729–4061.2021.237873. Scopus процентиі – 39. Бірлескен авторлар: Mekhtiyev A.D., Breido I.V., Neshina Ye.G., Alkina A.D.

2. «Studying characteristics of the heat pipe of a low-pressure steam electric heater with different types of heaters» // Eurasian Physical Technical Journal. – 2025. – Vol. 22. – No. 4 (54). – P. 46–52. DOI: 10.31489/2025N4/46–52. Scopus процентиі – 25. Бірлескен авторлар: Mekhtiyev A.D., Neshina Ye.G., Alkina A.D., Bilichenko A.P.

ҚР ҒЖБМ Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдарда жарияланған мақалалар:

3. «Efficiency of the Building Heating System with the Use of Low-pressure Steam Electric Heaters» // Университет еңбектері. – 2025. – № 4 (101). – Б. 435–441. DOI: 10.52209/1609–1825_2025_4_435. Бірлескен авторлар: Mekhtiyev A.D., Yurchenko A.V., Alpybayeva N.A., Bilichenko A.P.

4. «A low-pressure steam electric heater as the basis of a new generation autonomous heating system» // The Bulletin of KazATC. – 2023. – № 5 (128). – P. 474–481. DOI: 10.52167/1609–1817–2023–128–5–474–481. Бірлескен автор: Mekhtiyev A.D.

5. «Төмен қысымды бу электр жылытқышы» // Торайғыров университетінің хабаршысы. Энергетика сериясы. – Павлодар, 2022. – № 3. – Б. 123–134. DOI: 10.48081/SY0Y6805. Бірлескен авторлар: Мехтиев А.Д., Шапенова З.Р.

6. «Төмен қысымды бу электр жылытқышының индукциялық электровакуумдық қыздырғышының параметрлерін зерттеу» // Университет еңбектері. – 2021. – № 3 (84). – Б. 262–267. DOI: 10.52209/1609–1825_2021_3_262. Бірлескен авторлар: Мехтиев А.Д., Ким П.М., Алькина А.Д.

Халықаралық ғылыми-практикалық конференциялар жинақтарындағы жарияланымдар:

7. «Өнеркәсіптік кәсіпорындарды жылумен жабдықтау үшін электротехнологиялық жүйелерді қолдану перспективалары» // Өнеркәсіптегі инновациялық қызметтің басым бағыттары: IV халықаралық ғылыми конференцияның ғылыми мақалалар жинағы, 2020 жылғы 29–30 сәуір. – Қазан: «Конверт» ЖШҚ, 2020. – 1-бөлім. – Б. 42–47. Бірлескен автор: Брейдо И.В.

8. «Өндірістік үй-жайларды жылумен жабдықтау үшін инфрақызыл электр қыздырғыштарды қолдану» // «Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы – Ұлт жоспарын іске асырудың негізі» халықаралық ғылыми-практикалық онлайн конференциясының еңбектері (Сағынов оқулары № 12), 2020 жылғы 18–19

маусым. – Қарағанды: ҚарМТУ баспасы, 2020. – 1-бөлім. – Б. 711–713. Бірлескен автор: Брейдо И.В.

Патенттер, куәліктер және зияткерлік меншік объектілері:

9. «Индукциялық қыздырғышы бар жылыту радиаторы» – Қазақстан Республикасының пайдалы модельге № 10146 патенті; 31.01.2025, бюл. № 5. Бірлескен авторлар: Мехтиев А.Д., Алькина А.Д., Мехтиев Р.А., Нешина Е.Г., Югай В.В.

10. «Тұрмыстық және өнеркәсіптік жылытуға арналған энергия тиімді бу электровакуумдық қыздырғышының (ПЭН) компьютерлік 3D-моделі» – авторлық құқықпен қорғалатын объектілерге құқықтардың мемлекеттік тізіліміне мәліметтерді енгізу туралы № 63992 куәлік, 07.11.2025. Бірлескен авторлар: Алькина А.Д., Мехтиев А.Д.