

Ибрагимова Мадина Вахитовнаның 6D071700 – «Жылуэнергетика» мамандығы бойынша философия докторы (Ph.D) ғылыми дәрежесін алу үшін ұсынылған «Сымсыз сенсорлық жүйелердің негізіндегі ғимараттардың автоматтандырылған энергетикалық аудитін өткізуге арналған аппараттық бағдарламалы-әдістемелік кешенді әзірлеу»

АНДАТПАСЫ

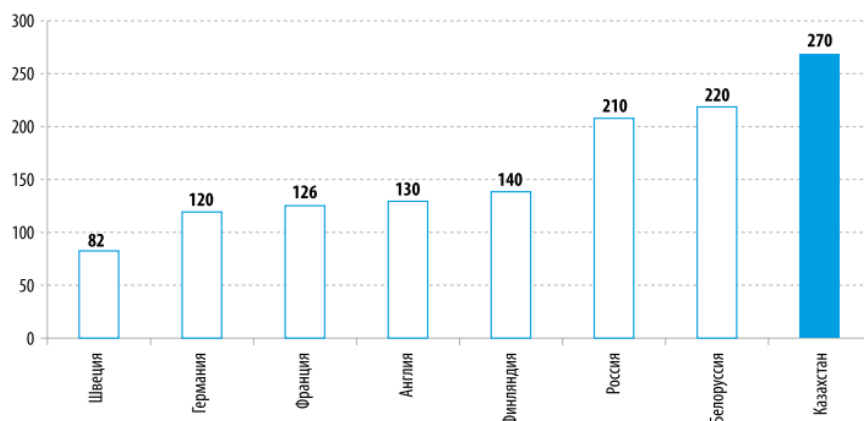
Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Қазақстан экономикасының тұрақты дамуы энергия үнемдеу мен энергия тиімділікті жоғарлату сұрағын шешуінсіз мүмкін емес. Бұл саладағы қызмет индустрияны, электрэнергетикасын, тұрғын үй-коммуналдық және көлік секторларын қазіргі заманғы технологиялар мен инновацияларды пайдалануды ынталандыру арқылы жаңғыртады. Осыған байланысты, Қазақстан басшысымен елдегі энергетикалық ресурстардың елеулі қорларына және энергетикалық инфрақұрылымның дамығанына қарамастан, энергия үнемдеу және энергетикалық тиімділігін арттыру курсы елдің энергетикалық саясатының негізгі басымдықтары ретінде таңдалды. «Қазақстан-2050» Стратегиясын және «жасыл» экономикаға көшу тұжырымдамасын қабылдаумен ел қоғамның дамуының түбегейлі жаңа жолын таңдады. Тұжырымдамаға сәйкес, қоршаған ортаға әсерді азайту, энергияны сақтау және халықтың өмір сүру сапасының жоғары деңгейіне қол жеткізу үшін мемлекеттік саясаттың басты бағыты болады [1].

2012 жылдан бастап Қазақстанда энергетикалық тиімділік саласындағы негізгі талаптарды анықтайтын бірқатар заңнамалық актілер қабылданды [2,3], қазіргі кезде «Энергия үнемдеу және энергетикалық тиімділігі туралы» заң болып табылады, оған сәйкес мемлекеттік энергетикалық тізілімнің барлық субъектілері кем дегенде бес жылда бір рет міндетті энергетикалық тексеруден өтуі керек. Қазақстан Республикасының Үкіметі сондай-ақ 2008 жылға қарай ЖІӨ-нің энергия сыйымдылығын 2020 жылға қарай кем дегенде 40% -ға қысқартуды мақсат етіп қойды [1].

Орташа алғанда, Қазақстандағы тұрғын үй ғимараттары Солтүстік Еуропа елдеріне қарағанда, бірлік үшін үш есе көп энергияны тұтынады. БҰҰ-ның даму бағдарламасының жобасының шеңберінде өткізілген ғимараттардың энергетикалық аудиті көрсеткендей, Қазақстандағы тұрғын үйлердің энергияны тұтынуы орташа есеппен жылына 273 кВт/м² құрайды, бұл дамыған елдерде тұтынудан бірнеше есе жоғары [1]. Әр түрлі елдердегі ғимараттардың жеке жылу тұтынуын салыстыру 1-суретте ұсынылған.

Тұрғын үй секторы электр энергиясының шамамен 11-13% -ын және жылу энергиясының 40% -ын жұмсайды. Сарапшылардың пікірінше, (әсіресе, 1950-1980-шы жылдары салынған) ғимараттардың 70% термо-техникалық сипаттамалары қазіргі заманғы талаптарға сай емес. 270,9 млн.м² астамы Қазақстан Республикасының тұрғын үй қорының жалпы ауданын құрайды, 50,1 млн.м² немесе 32% тұрғын үй қорынан пәтерлі тұрғын үйлерге тиесілі, әр түрлі жөндеу жұмыстарын қажет етеді [4]. Қазақстан

Республикасының әр түрлі өңірлерінде жылыту маусымының ұзақтығы жылына 3500-ден 5000 сағатқа дейін созылады. 175,2 млн. Гкал жылу энергиясын жалпы тұтыну шамамен 74,8 млн құрайды. Гкал тұрғын үй жылыту және ыстық сумен қамтамасыз ету үшін қажет. 2012 жылы тұрғын үй секторындағы түпкілікті тұтыну 9,96 млн. тонна мұнай эквивалентін немесе бастапқы энергия тұтынудың жалпы көлемінің 18% -ын құрады. Жоғарыда аталған фактілер елдегі тұрғын үй қорында энергияны үнемдеудің зор әлеуетіне куәлік етеді, оны жүзеге асыру үшін энергетикалық аудитті жүргізудің тиімді және сапалы әдісін пайдалану қажет.



1 сурет – Ғимараттарда жылуды жеке қолданудың салыстырмасы, жылына кВт*сағ/

2012 жылдан бастап «Энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру туралы» Заң қабылданғаннан кейін энергетикалық аудиторлық компаниялардың саны күрт артуда. Қазіргі уақытта Қазақстанда энергетикалық аудит қызметтері 110 компаниямен қамтамасыз етілген, олардың 26-ы Қазақстан Энергоаудиторлар қауымдастығының мүшесі.

Сондай-ақ, Қазақстандағы энергетикалық қызмет көрсету нарығының қарқынды дамуына назар аудару керек, оның негізінде мемлекеттік-жекеменшік серіктестік тетігін қолданып энергетикалық қызмет көрсету туралы келісімшарт жасалды, Елбасы 2017 жылғы 31 қаңтардағы халыққа арнаған жолдауында маңыздылығын атап көрсеткен болатын.

Бұл Елбасының 59-қадамында - Мемлекет басшысының 100 нақты қадамында да айтылады: «Энергиямен жабдықтау туралы келісімдердің халықаралық танылған механизмі арқылы энергияны үнемдеу саласындағы стратегиялық инвесторларды тарту; олардың негізгі міндеті жеке энергетикалық компаниялардың өздерінің шығындарын өтеу және энергияны үнемдеуден түскен қаржылай пайда алу арқылы энергия үнемдеу қызметтерін көрсетуді ынталандыру болып табылады. Энергетикалық аудитті жүргізу - бұл еңбекті талап ететін және қымбат қызмет болып табылады. «Energy partner» компаниясының деректері бойынша, ғимараттың энергетикалық аудитінің құны әр м² үшін 200 теңгеден, жалпы ауданы 5000 м² болатын ғимараттың энергетикалық аудитін жүргізуге тапсырыс беруші 1 млн. теңге төлеуге тиіс. Энергетикалық аудитті

өткізу мерзімі құрылыс алаңына және тартылған энергия аудиторларының санына байланысты және бір айдан бір жылға дейін созылуы мүмкін. Мемлекеттің энергия үнемдеу саласындағы міндеттерді ескере отырып, Қазақстан Республикасы тұрғын үй қорының көлемі мен жай-күйі, алдын-ала есептеулер бойынша тұрғын үй қорын энергоаудитінің жалпы құны 54 млрд. теңгеден асады және көп уақытты қажет етеді.

Қазіргі уақытта Қазақстандағы энергосервистік компаниялардың тапсырмаларын іске асыру және ғимараттардың энергетикалық аудитінің келесі негізгі проблемаларын атап өтсек болады:

энергетикалық аудиттің нәтижелерінің сенімділігінің жеткіліксіз болуы-өлшеулер кезінде өлшемдер орындалатын жағдайларда пайдаланудың әртүрлі кезеңдеріндегі жұмыс режимдерінен өзгеше болуы мүмкін екенін ескерілмеуі;

1) Объектілердің энергетикалық баланстарын құрастыру кезінде олардың өмірлік циклы бойынша ұсыныстардың сенімділігін, техникалық жағынан орындылығын және экономикалық негізділігін сенімді бағалауға мүмкіндік бермейтін олардың нақты жағдайы мен пайдалану режимдері есепке алынбайтындығы;

2) бастапқы ақпараттың сапасы мен толықтығы, дәлелсіз қате тұжырымдар мен ұсынымдарға әкеліп соқтыратын сенімсіздіктер мен бұрмаланулардың негізгі кезеңінің жоқ болуы;

3) ұсынылған шараларға жүйелік араласу назарға алынбалы, соның салдарынан, әдетте, энергия үнемдейтін әлеуетті негізсіз бағалаудың жасалуы;

4) осы зерттеулердің көлемін азайтуға бейім, аудит қағидаларын бекіту туралы Қазақстан Республикасының Үкіметі дамытылған кәсіпорында дәрежеде қажетті өлшемдер туралы кез келген ақпаратты қамтиды емес, ғылыми-зерттеу тереңдігі, аспаптық зерттеулер мен тереңдетілген зерттеу өзін-өзі таңдау энергетикалық аудиторлық компаниялар қажет көлемін көрсете отырып, компания шығындарын азайтуға бейім зерттеу нәтижелерінің сапасына әсері;

б) техникалық құралдардың құнының жоғары болуы;

7) Төмен аудиторлар өнімділігімен, сондай-ақ деректер сапасына әсер ететін жұмыстың құнының жоғарлығы мен ұзақтығы.

Жұмыста ұсынылатын жаңа шешім – құрылған әдістер мен құралдардың көмегімен, ғимараттың нақты жағдайдағы энергетикалық күйін және сенімді, объективті баға алуға мүмкіндік беретін тұрғын-үй және қоғамдық ғимараттардың орталықтандырылған және автоматтандырылған энергетикалық аудитіне арналған аппараттық бағдарламалы-әдістемелік кешенді (АБӘК) құру.

Зерттеу жұмысының мақсаты бірнеше рет арттыру өнімділігі аудиторлар, аудиторлық нәтижелерін объективтілігі мен сенімділігі, айтарлықтай жұмыс құнын және ұзақтығын қысқартуға мүмкіндік беретін, жаңа қасиеттерге ие болатын аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз ету әдістемелік кешенін дамыту болып табылады. Сонымен қатар, АБӘК

арқылы энергетикалық зерттеулер нәтижелерін, ғимараттар, электр станциялары мен коммуналдық жүйелерді энергия тиімділігі, сенімділігі мен қауіпсіздігімен нақты үнемдеуге жету үшін тиімді шараларды анықтау болып табылады.

Жұмыстың негізгі тапсырмалары:

1. Ғимараттардың энергетикалық аудиттерінде пайдаланылатын қазіргі заманғы технологиялар, техникалық құралдар, әдістер мен бағдарламалық қамтамасыз етуді талдау.

2. Зерттелетін объектілердің жылу және масса беру процестерінің ішкі және сыртқы факторларын және үлгілерін үнемі бақылайтын ғимараттардың энергетикалық теңгерімін моделдеу тұжырымдамасын құру.

3. Ғимараттардың ішкі және сыртқы параметрлері мен қоршаған ортаның кешенді әсерінің динамикасын ескере отырып, ғимараттардың энергетикалық теңгерімі үшін имитациялық моделін жасау.

4. Бөлменің энергетикалық теңгерімін есептеудің ұсынылған әдіснамасы негізінде жұмыс істейтін аппараттық-бағдарламалық-әдістемелік кешенге (АБӘК) қажетті бағдарламалық өнімдерді (БӨ) әзірлеу және енгізу.

5. Зерттелетін объектінің сандық құрамын құруға мүмкіндік беретін нақты уақыт режимінде аспаптық байқау нәтижелерінің негізінде имитациялық моделін реттеу мен калибрлеуді автоматтандыру үшін алгоритмдерді әзірлеу.

6. Зерттелетін объектінің цифрлық қосарлы негізінде ғимараттарды энергетикалық зерттеу тұжырымдамасын әзірлеу.

7. Сымсыз сенсорлық жүйелерді жобалау, жинау және енгізу және оның әзірленген БӨ-мен толық интеграциясын қамтамасыз ету.

8. Әзірленген АБӘК көмегімен бөлмедегі энергетикалық теңгерімді эксперименттік зерттеу жүргізу.

9. Модельдің барабарлығын тексеру үшін эксперименттік зерттеулердің нәтижелерін өңдеу және талдау және оларды имитациялық модельді есептеу нәтижелерімен салыстыру, сондай-ақ ұсынылатын әдістердің, бағдарламалық өнімдердің және АБӘК аппараттық құралдарының тиімділігін бағалау.

Зерттеу жұмысының ғылыми жаңалығы:

1. Ішкі және сыртқы факторларды және тергеу объектілерінің жылу және масса трансформация процестерінің модельдерін үздіксіз бақылауға негізделген ғимараттардың энергетикалық балансын имитациялық модельдеудің жаңа тұжырымдамасы ұсынылды.

2. Температураның, ылғалдының және ауадағы көміртегі диоксиді концентрациясының үздіксіз өлшеулеріне негізделген табиғи және/немесе мәжбүрлі желдеткішпен байланысты ғимараттардың жылу шығындарын анықтаудың жаңа әдісі ұсынылған.

3. Ғимараттың ішіндегі адамдардан жылудың түсуін жанама өлшейтін жаңа әдіс ұсынылды.

4. Сымсыз сенсорлы желі негізінде ғимараттың энергетикалық зерттелуі үшін жүйенің құрамы мен құрылымы құрылды.

5. Жеке параметрлерді автоматты калибрлеу функциясы бар ғимараттар мен құрылыстарды автоматтандырылған энергетикалық зерттеуге арналған бағдарламалық өнімдер әзірленді.

6. Ашық емес қоршау конструкциялар арқылы жылу алмасуды модельдеу әдісі ұсынылды.

7. Цифрлық қосарлы негіздегі ғимараттарды энергетикалық зерттеу тұжырымдамасы ұсынылады.

8. Автоматтандырылған энергетикалық зерттеулердің толық функционалды жүйесі құрылды. Ұзақ мерзімді сынақтар мен әзірленген АПӘК көмегімен эксперименталды энергетикалық зерттеулер жүргізілді.

Жұмыстың деректілігі. Алынған нәтижелер төмендегі себептер бойынша қажетті сенімділік дәрежесіне ие:

– Салыстырмалы сараптама жүргізу кезінде және тасымалдау конструкциялары арқылы жылу беру проблемаларын шешудің әзірленген әдістері Matlab, Comsol, Labview сияқты ең дәл математикалық бағдарланған жоғары деңгейлі үлгілеу құралдарын қолданды;

– эксперименттік зерттеулердің және динамикалық сандық модельдеудің нәтижелері шағын қателіктермен сәйкес келеді.

– Жұмыстың сенімділігі тәжірибелер жүргізуге жүйелі тәсілмен, өлшеу жүйелерінің жоғары дәлдік дәрежесімен қамтамасыз етіледі.

Қорғауға шығарылатын тұжырымдар:

- әзірленген қоршаулардың жылу беруін оңайлатылған және жылдам есептеу үшін трансферлік функциялар түрінде ұсынылған әдеттегі мөлдір жабық конструкциялардың аналогтық модельдері

- Табиғи және/немесе мәжбүрлі желдеткішпен байланысты ғимараттардың жылулық ысырабын автоматты есептеу үшін әдісі мен ішкі бағдарлама;

- адамдардан жылу шығынын автоматты есептеу үшін әдісі мен ішкі бағдарлама;

- цифрлық қосарлы негіздегі ғимараттарды энергетикалық зерттеу тұжырымдамасы;

- ғимараттар мен құрылыстарды автоматтандырылған энергетикалық зерттеуге арналған жаңа құралдар ретінде әзірленген бағдарламалық өнімдері мен аппараттық құралдары.

Жұмыстың практикалық құндылығы:

- жылу энергиясын, дизайн ерекшеліктерін және жұмыс жағдайын ескере отырып, нақты ғимараттың жылу және желдету үшін нақты жылу шығынын нақты мәнін анықтаудың жаңа әдіснамасын әзірлеу;

- АПӘК-ны энергияны зерттеу құралы ретінде қолдану және олардың нәтижелерін түсіндіру;

- ғимараттарды электрмен жабдықтауды оңтайлы басқару үшін автоматтандырылған ендірілген жүйелерді құру үшін АПӘК-ның қолдану мүмкіндігі;

- қаржы шығындарын және энергетикалық зерттеулер жобаларының мерзімдерін айтарлықтай қысқартуға мүмкіндік беретін АПӘК құру.

Автордың жеке қосқан үлесі:

- Әдеби деректерді салыстырмалы түрде талдау және қорытынды жүргізу;
- Бөлменің энергетикалық балансының динамикалық имитациялық моделінің құрылуына;
- АПӘК аппараттық және бағдарламалық өнімдерін құруда;
- Алынған нәтижелерді жалпылау және өңдеу, тәжірибелік зерттеулерді жүргізу және ұйымдастыру, жоспарлау.
- жаңа техникалық шешімдерді құруда.

Зерттеу нәтижелерінің сыннан өтуі. Диссертацияның негізгі нәтижелері халықаралық ғылыми-практикалық конференциялар мен форумдарда бекітілген:

- «Экологиялық-климаттық технологиялар» CONECT 2015, Халықаралық конференциялаы (Рига, 2015);
- Когенерация, шағын электр станциялары және орталықтандырылған энергиямен жабдықтау бойынша халықаралық конференция (Банок, 2016);
- «Қазақстан-Холод 2016» 6-шы Халықаралық ғылыми-техникалық конференциясы (Алматы, 2016);
- «TE-RE-RD 2017» жылу жабдықтары, жаңартылатын энергетика және ауылдық аумақтарды дамыту жөніндегі 6-шы халықаралық конференциясы (Румыния, 2017).

Басылымдар. Жұмыстың негізгі нәтижелері 10 жарияланымда көрсетілген, соның ішінде Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынатын басылымдарда ұсынған, Scopus мәліметтер базасына енетін «Journal of Engineering and Applied Sciences», «Medwell Journals» журналдарындағы 5 басылымда, 4 халықаралық ғылыми- практикалық конференция мен форумдарда жарияланған.

Зерттеу жұмысының құрылымы. Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытындыдан, қолданылған әдебиеттер тізімінен, қосымшалардан тұрады. Диссертациялық жұмыс компьютер жинағының 143 бетінен, оның ішіндегісі 86 сурет және 17 кесте, 68 формулалар, 131 атаудан құралған әдебиеттер тізімінен құралған.

Кіріспеде зерттеу жұмысының өзектілігі негізделді, зерттеу саласының жалпы сипаттамасын ұсынылды, зерттеудің мақсаты мен міндеттері айқындалды, диссертацияның ғылыми жаңалығы және практикалық маңыздылығы сипатталды, қорғалатын ережелерді белгіленді, жұмыста алынған нәтижелердің шынайылығы мен сенімділігін сипатталды.

Бірінші бөлімде ғимараттар мен құрылыстарды энергетикалық зерттеуді жүргізудің қолданыстағы технологиялары мен әдістеріне шолу жасалды және талданды. Энергетикалық аудиттің нәтижелерін өңдеу үшін қолданылатын бағдарламалық кешендер қарастырылып, талданды. Әрбір бағдарламалық пакеттің техникалық сипаттамалары, функционалдық сипаттамалары және кемшіліктері анықталды. Бұл бөлімде ғимараттың энергетикалық аудитін жүргізу үшін техникалық құралдарының

стандарттары және кеңейтілген тізімдері ұсынылған ақпараттық-өлшеуіштік кешенінің құрамы, кеңейтілген тізімдері ұсынылған. Қойылған мақсатқа сай, зерттеудің тапсырмалары туындайды.

Диссертациялық жұмыстың екінші бөлімінде динамикалық имитациялық модельдеудің жаңа тұжырымдамасының сипаттамасы және үздіксіз байқау негізінде ғимараттың энергетикалық (баланс) теңгерімінің есептеуі мен ішкі және сыртқы климаттық факторлардың кешенді әсері келтірілген. Аэродверді пайдаланып қоршаулардың ауаның өткізгіштігін бағалаудың қымбат әдісіне балама болып табылатын температурада, ылғалдылықта және ауадағы көміртегі диоксиді концентрациясын үздіксіз өлшеуге негізделген табиғи және/немесе мәжбүрлі желдеткішпен байланысты ғимараттардың жылу шығындарын анықтаудың жаңа әдісі әзірленді. Зерттеу бөлмесіндегі адамдардан жылу шығынын жанама өлшеудің жаңа әдісі әзірленді. Бұл әдіс бөлмедегі CO_2 концентрациясының өсу қарқынын ескере отырып, адамдардың санының ағымдағы мәнін анықтаудан тұрады. Сондай-ақ, ашық емес конверттеу құрылымдары арқылы жылу беруді имитациялау әдісі ұсынылып негізделген және ұсынылған әдісті пайдалану мүмкіндігі дифференциалдық теңдеулердің ең қарапайым шешімдерін жай және қол жетімді трансфер функцияларымен ауыстыру арқылы дәлелденді. Бірқатар жаңа қасиеттер мен артықшылықтарға ие бөлменің цифрлық қосарлы тұжырымдамасы құрылды.

Үшінші бөлімде LabView графикалық программалау ортасында құрылған, АПӘК үшін жұмыс алгоритмінің толық сипаттамасымен бағдарламалық өнімнің кешені келтірілген. Келтірілген диссертациялық жұмыста, құрылған бағдарламалық өнімдер, ғимараттардың энергетикалық теңгерімін есептеу әдістемесі негізінде жұмыс жасайды. Сондай-ақ, сенсорлық блоктың төрт негізгі түрінен құрастырылған сымсыз сенсорлық жүйе құрылды.

Төртінші бөлімде құрылған АПӘК (аппартты-программалық әдістемелік кешен) ССЖ(сымсыз сенсорлы желі) көмегімен алынған, бөлменің энергетикалық теңгерімінің тәжірибелік зерттеу нәтижелері көрсетілген. Ғимараттың жылу және желдету жүйелері үшін жылу энергиясын тұтынудың есептік және нақты ерекшеліктеріне салыстырмалы талдау жасалды және зерттелетін бөлменің микроклиматына баға жүргізілді. Бөлмедегі табиғи параметрлерді есепке ала отырып, бөлме ішіндегі табиғи жылуды ескеріп, жылуды үнемдеуге арналған. Бөлмедегі энергетикалық баланстың күнделікті көрсеткіштерінің динамикасын талдау нәтижелері келтірілген. Сондай-ақ, тәжірибелік зерттеулердің және объектілердің жиілігін талдау әдістерінің негізінде зерттелетін бөлмедегі цифрлық қосарлы трансфер функцияларының кэффиценттері анықталды. Тәжірибелік зерттеулердің нәтижелері бойынша құрылған динамикалық модельдің дәлдігі мен жеткіліктілігінің бағасы жүргізілді.

Қорытындыда жұмыстың негізгі нәтижелері мен диссертациялық жұмыс бойынша қорытындылар келтірілген.