



**Ж.К. Алдажуманов*, Е.Н. Мясоедова, Д.В. Мясоедов, К.С. Зарыкбаева,
А.Е. Сатыбалдинова**
Шәкәрім университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка 20А көш
*e-mail: aldazhumanov.zhan@yandex.kz

СЕМЕЙ ҚАЛАСЫНДАҒЫ ТҰРҒЫН ҮЙДІҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ АУДИТІ

Аңдатпа: Мақалада Семей қаласындағы көпқабатты тұрғын үйге жүргізілген энергетикалық аудиттің нәтижелері келтірілген. Зерттеу нысаны ретінде Физкультура көшесінде орналасқан панельді тұрғын үй таңдалды, себебі оның жылу тұтынуы ұқсас ғимараттарға қарағанда жоғары және қасбеттерінде жылу шығынының көрінетін белгілері байқалады. Жұмыстың мақсаты – ғимараттың қоршаушы құрылымдарындағы жылу шығындарын термография әдісімен анықтап, жылуэнергетикалық тиімділікті арттыруға бағытталған техникалық және ұйымдастырушылық іс-шараларды негіздеу.

Әдіс ретінде инфрақызыл термография (Easir-9 жылу бейнегішінің көмегімен), жылутехникалық есептеулер және жылу энергиясының жылдық шығынын бағалаудың нормативтік тәсілдері қолданылды. Өлшеулер жүргізу кезінде сыртқы және ішкі ауа температурасы, эмиссия коэффициенті, қашықтық пен аспаптың негізгі метрологиялық сипаттамалары ескерілді. Нәтижесінде панель түйіспелерінде, терезе ойықтарында, цоколь аймағында және кіреберіс тораптарында «суық көпірлердің» шоғырланған аймақтары анықталды, олар жалпы жылу шығындарының елеулі үлесін құрайды.

Ұсынылған энергия үнемдеу іс-шараларына қасбеттерді жылу оқшаулау, жылыту жүйесін гидравликалық теңгерімдеу, радиаторлық терморегуляторларды орнату және жылу энергиясын есепке алу құралдарын енгізу жатады. Экономикалық бағалау бұл шараларды іске асыру кезінде жылу энергиясын тұтынуды шамамен 15-20%-ға дейін қысқартуға және тұрғын үй иелері үшін қызмет көрсету шығындарын азайтуға мүмкіндік беретінін көрсетті. Жұмыстың практикалық маңыздылығы нақты тұрғын үй қоры үшін қолдануға болатын кешенді тәсіл ұсынуымен, сондай-ақ Семей қаласының және Қазақстан Республикасының басқа да қалаларының ұқсас ғимараттары үшін әдістемелік негіз қалыптастыруымен сипатталады.

Түйін сөздер: энергоаудит, энергия үнемдеу, жылулық бейнелеу талдауы, жылу оқшаулау, жылыту жүйесін автоматтандыру.

Кіріспе

Тұрғын үйге энергетикалық тексеру жүргізудің мақсаты, кез келген басқа объект сияқты, энергия ресурстарын пайдалануды оңтайландыру, үй иелерінің ТЭР шығындарын азайту болып табылады. Ғимараттар мен кәсіпорындардың энергия аудиті объектіні сертификаттау және оған энергия тиімділігі класын беру үшін қажет энергия үнемдеу әлеуетін сипаттайтын әзірленетін іс-шаралар кешенінен тұрады.

Тұрғын үйді энергетикалық зерттеу құрылымына кіретін тармақтар:

- пайдаланылатын энергетикалық ресурстардың көлемі туралы объективті деректер алу;
- аспаптық өлшеулер жүргізу (термовизиялық түсірілім, микроклимат параметрлерін өлшеу, жеткізу-жылыту және сору желдету параметрлерін өлшеу, жарық деңгейін өлшеу, электр энергиясының сапасын өлшеу және т. б.);
- ғимаратты тұрғызуда қолданылатын конструкциялар материалдарының сапасын бағалау;

- энергия тұтынуды есепке алу, бақылау және басқару жүйелерінің жай-күйін бағалау;
- отын-энергетикалық ресурстарды тұтыну теңгерімін жасау;
- энергетикалық ресурстарды пайдалану тиімділігін талдау;
- зерттелетін ғимараттың энергия тиімділігі класын беру;
- ТЭР пайдалану тиімділігін арттыруға бағытталған жұмыстарды жүргізу бойынша ұсыныстар мен іс-шараларды әзірлеу;

- негізгі ұсынымдарды баяндай отырып, есептілікті қалыптастыру, көрсеткіштерді цифрлық салыстыру және ұсынылған шаралардың нақты негіздемесі;

- энергетикалық паспорт жасау.

Соңғы жылдары Қазақстан Республикасында энергия тиімділігі мен энергия үнемдеуді арттыру мәселесі мемлекеттік деңгейде басым бағыттардың бірі ретінде қарастырылуда. Тұрғын және қоғамдық ғимараттардың жылу техникалық көрсеткіштеріне қойылатын талаптар қолданыстағы құрылыс нормаларында, соның ішінде СН РК 2.04-07-2022 «Тепловая защита зданий» (ҚР ҚН 2.04-07-2022 «Ғимараттардың жылу қорғанысы») құжатында айқындалған [1]. Энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттырудың жалпы құқықтық және ұйымдастырушылық негіздері Қазақстан Республикасының 2012 жылғы 13 қаңтардағы № 541-IV «Энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру туралы» Заңында белгіленген [2]. Ішкі микроклимат параметрлері мен жайлылық жағдайлары ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» стандартымен регламенттеледі [3]. Энергетикалық аудитті жүргізу тәртібі мен энергия үнемдеу әлеуетін бағалау әдістері халықаралық ISO 50002:2014 «Energy audits - Requirements with guidance for use» стандартының талаптарымен үйлесімді тәсілдерге негізделуі тиіс [4]. Осы нормативтік базаға қарамастан, қолданыстағы тұрғын үй қорының едәуір бөлігі жылу қорғау сипаттамалары төмен және жылу энергиясын артық тұтынады, бұл мақсатты энергетикалық аудит жүргізуді қажет етеді.

Тұрғын үйлердің нақты жағдайын бағалау кезінде объектінің түріне, дизайн ерекшеліктеріне, құбырсым жүйелерінің жағдайына, пайдаланылған құрылыс және жылу оқшаулағыш материалдарға, мүмкін проблемалық аймақтарға назар аударылады. Тексеру барысында алынған сенімді деректер негізінде бірінші кезекте энергия ресурстарын ұтымды пайдалануға бағытталған іс-шаралар қабылданады. Нәтижесінде, ұсынылған шараларды сақтап, тұрғын үйдің энергия тиімділігі көрсеткіштері артады, әрбір пәтер иесінің және жалпы тұрғын үйдің энергия ресурстарын пайдалану шығындары қысқарады.

Энергия аудиті қазірдің өзінде салынған ғимараттарда энергияны үнемдеуге ықпал етеді. Тиісті тексеру және оның негізінде ұсынылатын шараларды енгізу тұтынылатын энергияның айтарлықтай төмендеуіне әкелуі керек. Алайда, іс жүзінде бұл әрдайым бола бермейді. Мұны растау нақты объектілерді энергия аудитінің нәтижелерін зерттеу болды, энергия аудиторларының жүйелік қателіктерін анықтауға мүмкіндік берді. Нашар орындалған аудит біз қалағандай жоғары емес үнемдеуге немесе оның мүлдем болмауына, кейбір жағдайларда тіпті энергия шығындарының өсуіне, мағынасыз инвестициялауға әкеледі. Бұл үй иелерінің наразылығын және жалпы энергия үнемдеу идеясының беделін түсіреді [5, 6].

Ұсынылып отырған жұмыстың ғылыми жаңалығы төмендегідей:

- Семей қаласындағы типтік панельді тұрғын үйге инфрақызыл термографияны, жылу техникалық есептеулерді және энергия тұтынудың экономикалық талдауын біріктіретін кешенді әдістеме қолданылды.

- Термографиялық түсірілім нәтижелері негізінде панель түйіспелері, терезе ойықтары, цоколь және кіреберіс аймақтары үшін «суық көпірлердің» типтік конфигурациялары мен олардың жылу шығындарына ықпалы жүйелендірілді.

- Қоршау конструкцияларын жылу оқшаулау, жылыту жүйесін гидравликалық теңгерімдеу және жылу энергиясын есепке алу құралдарын енгізу сияқты іс-шаралар үшін нақты ғимаратқа бейімделген энергия үнемдеу алгоритмі ұсынылды.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы Семей қаласының тұрғын үй қоры жағдайында қолдануға болатын энергетикалық аудитті ұйымдастырудың және энергия үнемдеу іс-шараларын таңдаудың қолданбалы алгоритмін ұсынуымен, сондай-ақ алынған нәтижелерді Қазақстанның басқа өңірлеріндегі ұқсас ғимараттарға бейімдеу мүмкіндігімен сипатталады.

Осыған байланысты зерттеудің мақсаты – Семей қаласындағы типтік панельді тұрғын үйге энергетикалық аудит жүргізу арқылы оның жылу энергетикалық жай-күйін бағалау және энергия тиімділігін арттыруға бағытталған техникалық және ұйымдастырушылық іс-шаралар кешенін негіздеу.

Материалдар мен әдістері

Зерттеу объектісі ретінде Семей қаласының Физкультурная көшесінде орналасқан көпқабатты кірпіш тұрғын үй таңдалды (мекенжайы: Физкультурная көшесі, № 9/7). Ғимарат 2007 жылы салынған, жалпы қабат саны – 9, подъезд саны – 2, пәтерлер саны – 72.

Сыртқы қабырғалары кірпіштен жасалған, жобалық қалыңдығы – 380 мм. Қабырға кірпіштің жылу оқшаулағыш қабаты пенополистиролден ПСБ-С материалынан (тығыздығы 30 кг/м³, есептік жылуөткізгіштігі $\lambda = 0,04$ Вт/(м·°C)) тұрады. Межпанельдік жіктер цемент-құмды ерітіндімен толтырылған, олардың бастапқы герметизациясына салу кезінде мастика/герметик түріндегі битумді мастика қолданылған.

Терезелер бастапқыда ағаш қаңқалы біркамерлі әйнекпен орындалған, кейіннен олардың бір бөлігі ПВХ профильді екікамерлі әйнекпакеттерге ауыстырылған. Жертөле және шатыр жабдығының конструкциялары стандартты панельді тұрғын үйге тән шешімдермен сипатталады.

Зерттеу барысында ғимараттың қасбеттері мен ішкі беттеріндегі температуралық өрістерді бағалау үшін инфрақызыл термография әдісі қолданылды. Өлшеулер портативті EasIR-9 типті жылу бейнегішпен жүргізілді (1-сурет), оның негізгі техникалық сипаттамалары 1-кестеде келтірілген [7-9].



Сурет 1 – Easir-9 Тепловизоры

Термограммалар сыртқы ауаның орташа температурасы -16°C, ал ішкі ауа температурасы +22...+24°C болған кезде алынды. Түсірілім кезінде аспаптың оптикалық осі зерттелетін бетке шамамен перпендикуляр бағытталды, түсіру қашықтығы 5-15 м аралығында өзгерді. Қоршау конструкциялары материалдары үшін эмиссия коэффициенті ретінде сыланған бетон және боялған панельдерге сәйкес $\varepsilon = 0,90-0,94$ мәндері қабылданды.

Әрбір қасбет пен торап (панель түйіспелері, терезе ойықтары, цоколь аймағы, кіреберіс жерлері) үшін бірнеше термограмма түсіріліп, кейіннен арнайы бағдарламалық қамтамасыз ету көмегімен талданды. Термограммаларда локалды температура максимумдары мен минимумдары, сондай-ақ «суық көпірлердің» сызықтық аймақтары анықталды. Осы мәліметтер негізінде қоршаушы құрылымдардағы жылу ағындарының жоғарылау аймақтары сапалық және жартылай сандық түрде бағаланды.

EasIR-9 жылу бейнегішінің негізгі техникалық сипаттамалары 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1 – Техникалық сипаттама

Детектор түрі	Салқындалатын FPA микроболо-метр (384x288 пиксель, 25 нм)
Жылу сезімталдығы	$\leq 0,08$ °C тан 30 °C дейін
Температура диапазоны	-20 °C ÷ 250 °C
Дәлдік	Өлшенген мәннің ± 2 °C немесе ± 2 %
Файл форматы	JPG
Дауыстық аннотация	60 секундқа дейін жазу
Жұмыс уақыты	2 сағаттан астам
Жұмыс температурасы	0 °C ÷ 50 °C
Сақтау температурасы	- 20 °C ÷ 60 °C
Ылғалдылық	Жұмыс және сақтау кезінде 10 % = 95%, конденсациясыз

Термограммалар сыртқы ауаның орташа температурасы -16°C, ал ішкі ауа температурасы +22...+24°C болған кезде алынды. Түсірілім алдында аспап өндіруші ұсынымдарына сәйкес калибрленді, қоршаған орта температурасы мен салыстырмалы ылғалдылығы енгізілді. Түсірілім кезінде жылу бейнегіштің оптикалық осі зерттелетін бетке шамамен перпендикуляр бағытталды, түсіру қашықтығы 5-15 м аралығында өзгерді.

Қоршау конструкциялары материалдары үшін эмиссивтік қабілет коэффициенті ретінде сыланған бетон және боялған панельдерге сәйкес $\varepsilon = 0,90-0,94$ мәндері қабылданды. Әрбір қасбет пен торап (панель түйіспелері, терезе ойықтары, цоколь аймағы, кіреберіс жерлері) үшін бірнеше термограмма түсіріліп, кейіннен арнайы бағдарламалық қамтамасыз ету көмегімен талданды.

Өлшеу қателіктерін бағалау. Жылу бейнегішпен алынған температуралық мәліметтердің нақтылығы аспаптың өзіндік қателігіне, эмиссия коэффициентін таңдауға және түсіру жағдайларына тәуелді. EasIR-9 құрылғысы үшін өндіруші температураны өлшеудің негізгі қателігін $\pm 2^{\circ}\text{C}$ немесе көрсетілген мәннің $\pm 2\%$ шамасында көрсетеді. Эмиссия коэффициентін таңдаудағы белгісіздік ($\pm 0,02-0,03$) сәуле шығару температурасының есептелген мәніне қосымша жүйелік қателік енгізеді, ол тәжірибелік бағалаулар бойынша $\pm 0,5...1,0^{\circ}\text{C}$ шамасында болуы мүмкін. Жеке факторлардың әсерін ескеріп, бір нүктеде температураны өлшеудің жиынтық кеңейтілген белгісіздігін шамамен $\pm 2,5...3,0^{\circ}\text{C}$ деп бағалауға болады.

Нәтижелерді интерпретациялау кезінде абсолюттік температура мәндерімен қатар, зерттелетін ақаулы аймақ пен фон беткейлері арасындағы ΔT салыстырмалы температура айырмашылығына ерекше назар аударылды.

Нәтижелер және талқылау

Қоршау конструкцияларын жылулық бейнелеу әдісімен талдау

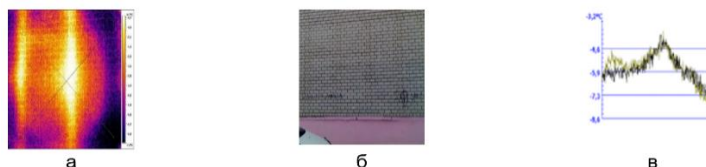
Термографиялық әдіспен қоршау конструкцияларына талдау жүргізілді. Зерттеу нысандары ретінде изоляция алдындағы ғимарат таңдалды. Алдын ала оқшауланған ғимарат ретінде Семей қаласының Физкультурная көшесіндегі 9/7 тұрғын үйі алынды.

Зерттеудің мақсаты зерттелетін объектінің қоршау конструкцияларының энергия тиімділігін талдау болып табылады.

Термовизиялық тексеру жүргізу үшін Easir-9 тепловизоры пайдаланылды. Алынған суреттерді талдау үшін launch Guide IrAnalyser бағдарламасы қолданылды.

Түсірілім таңертеңгі сағат тоғыздан бастап жауын-шашын, ашық күн шуақты ауа-райы, тұман және дұрыс талдауға кедергі келтіретін басқа да табиғи құбылыстар болмаған кезде жүргізілді. Термографиялау сырты теріс және іші оң температурада жүргізілді. Сыртқы түсірілім -16°C температурада, ішкі түсірілім 24°C температурада жүргізілді.

Термографиялық түсірілім нәтижелері 2-7-суреттерде келтірілген. Әрбір суретте ғимараттың нақты фотосуретімен қатар, сол аймақтың инфрақызыл кескіні және таңдалған сызық бойындағы температураның өзгеру графигі көрсетілген. Бұл жылу ағындарының таралуын және «суық көпірлердің» орналасуын визуалды түрде талдауға мүмкіндік береді [10-13].



а – термографиялық сурет; б – нақты көрініс; в – сызық бойынша температура графигі

Сурет 2 – № 11 термографиялық сурет



а – термографиялық сурет; б – нақты көрініс; в – сызық бойынша температура графигі.

Сурет 3 – № 12 термографиялық сурет



а – термографиялық сурет; б – нақты көрініс; в – сызық бойынша температура графигі

Сурет 4 – № 13 термографиялық сурет



а – термографиялық сурет; б – нақты көрініс; в – сызық бойынша температура графигі
Сурет 5 – № 14 термографиялық сурет



а – термографиялық сурет; б – нақты көрініс; в – сызық бойынша температура графигі
Сурет 6 – № 15 термографиялық сурет



а – термографиялық сурет; б – нақты көрініс; в – сызық бойынша температура графигі
Сурет 7 – № 16 термографиялық сурет

Солтүстік қасбет бойынша жүргізілген түсірілімдер панельдердің тік және көлденең түйіспелерінде, сондай-ақ панельдер мен терезе қораптары түйіскен жерлерінде температура өрістерінің айтарлықтай біртектілігін көрсетті. Инфрақызыл суреттерде бұл аймақтар қоршау конструкциясының фондық беткейлеріне қарағанда басқа түске боялған және изотермалардың тығыздалуымен сипатталады, бұл жылу ағынының артуын және жылу шығындарының жоғарылығын білдіреді.

Терезе ойықтары аймағында, әсіресе терезе үстіндегі және бүйір жақтауларындағы белдемдерде «суық көпірлердің» айқын аймақтары байқалады. Бұл бастапқыда орнатылған терезе блоктарының жеткіліксіз жылуоқшаулағыш қасиеттерімен, монтаждық жіктердің герметизациясының нашарлауымен және қаптама материалдарының тозуымен түсіндіріледі. Цоколь аймағында да панельдер түйіспелерінің маңында және қаптама бұзылған орындарда температура өрісінің өзгеруі байқалып, жылу шығындарының шоғырланған учаскелері қалыптасады.

Кіреберіс тораптары мен баспалдақ алаңдарына жақын учаскелерде ішкі жылы ауа ағынының инфильтрациясы мен эксфильтрациясы салдарынан жергілікті қызып тұрған немесе салқындаған аймақтар тіркеледі. Бұл тұрғын емес үй-жайлардың есік-терезе толтыруларының, тамбурлардың және желдету арналарын оқшаулаудың жеткіліксіздігін көрсетеді.

Жалпы алғанда, 2-7-суреттерде ұсынылған термографиялық материалдар қасбеттерде, терезе ойықтарында, цоколь бөлігінде және инженерлік тораптар аймағында «суық көпірлердің» кеңінен таралғанын, ал алдын ала жылу оқшауланбаған ғимаратта қоршау конструкциялары арқылы жылу шығындарының елеулі екенін айқын көрсетеді. Бұл нәтижелер қасбеттерді қосымша жылу оқшаулау, монтаждық жіктерді қайта герметизациялау және терезе блоктарын ауыстыру немесе жақсарту қажеттігін негіздейді.

Нәтижесінде, алдын-ала оқшауланбаған ғимаратта үлкен жылу шығыны бар деген қорытынды жасауға болады. Жылу қорғауды арттыру шарасы ретінде жылу оқшаулағыш материалмен оқшаулау таңдалды. Ең тиімдісін таңдау үшін жылу оқшаулағыш материалдарды эксперименттік зерттеу жүргізіледі [14-17].

Энергия үнемдеу технологиялары туралы жалпы мағлұмат

Жалпы энергия үнемдеу ұғымы қай салада болмасын еліміздегі актуальді мәселелердің бірі. Энергия үнемдеу шаралары әр түрлі болуы мүмкін. Энергия қолданудың эффективтілігін арттыру үшін ең оңтайлы әдіс – заманауи энергия үнемдеу технологияларды пайдалану.

Энергия үнемдеу технологиялары тек белгіленген энергетикалық шығындарды ғана азайтып қоймайды, сонымен қатар экологиялық жағынан да тиімді. Ғимараттарда энергия үнемдеудегі негізгі шаралар мақсатында жылыту аспаптарына автоматикалық реттегіштер орнату болып табылады.

Желдету жүйесін қолдану, яғни жылу энергиясын қайта қолдану функциясы болса, біршама энергия үнемдеуге мүмкіндік береді.

Жылыту жүйесін жаңғырту: жылыту жүйесінің тіреушелерін баланстау, жылыту жүйесінің көтеруші және түсіруші құбырларының термостатты вентильдерін монтаждау. Бұл іс-шара жылутасымалдағыштың жылыту жүйесінің көтеруші және түсіруші құбырлары арасындағы параметрлерін ретке келтіреді.

Қоршау конструкцияларын энергия үнемдеу тұрғысынан жаңғырту үшін әртүрлі жылу оқшаулағыш материалдардың нұсқалары қарастырылды (минералды мақта плиталары, пенополистирол, сұйық керамикалық жабындар және т.б.). Зерттелетін тұрғын үй үшін «Изоллат-1» типті сұйық жылуоқшаулағыш жабындыны қолдану ұсынылды, себебі ол жұмыс жағдайлары мен монтаждау ерекшеліктері бойынша бірқатар артықшылықтарға ие.

Өндіруші деректеріне сәйкес, «Изоллат» жабындысының есептік жылуөткізгіштігі $\lambda \approx 0,002-0,007 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$ диапазонында жатады, ал 1 мм жабын минералды мақтаның 40-50 мм қабатына баламалы жылутехникалық әсер береді. Мұндай жабындыны панельді қасбет бетіне жұқа қабатпен жағу арқылы қосымша жылу кедергісін қамтамасыз етуге және ғимараттың геометриялық өлшемдерін іс жүзінде өзгертпей архитектуралық келбетін сақтауға болады. Сонымен қатар, сұйық жылу оқшаулағыш материалдың қолданылуы қасбеттің күрделі қайта жоспарлануын талап етпей, қолданыстағы қасбет жөндеу жұмыстарымен біріктіруге мүмкіндік береді.

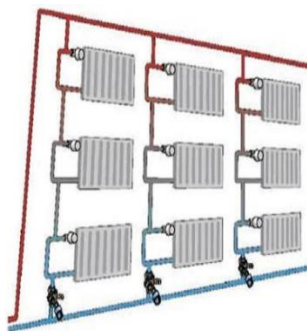
Қолданыстағы СН РК 2.04-07-2022 «Ғимараттардың жылу қорғанысы» талаптарына сәйкес сыртқы қабырғалардың жиынтық жылу кедергісі $R_{\text{қажет}}$ мәнінен төмен болмауы тиіс. Жобалық және нақты деректер негізінде сыртқы қабырғаның бастапқы жылу кедергісі $R = 4,3 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$, ал «Изоллат-1» жабындысының $\delta_{\text{из}}$ қабатын енгізгеннен кейінгі қосымша жылу кедергісі өрнегі бойынша бағаланды.

Теңестіруші клапандарды қолдану

Кез-келген жылыту жүйесі міндетті түрде гидравликалық реттелуі тиіс. Жылыту жүйесінің гидравликалық реттелуі – жүйенің тұйықталған бөліктері бойымен әрбір радиатор және әрбір контур арқылы жылутасымалдағыштың қажетті көлемі өтетіндей қайта бөлінуі.

Айналымдық контурлар бір-бірімен өзара байланысты, бұл теңгеру барысында қиындық туғызады: бір контурда судың шығыны азайғанда, қысым құламасы салдарынан басқа контурда су шығыны артып кетеді және керісінше. Сондықтан күрделі автоматикамен жабдықталған, бірақ гидравликалық теңгерілмеген жүйелерде де әр түрлі жағымсыз жағдайлар туындауы мүмкін. Мысалы радиаторлардың немесе контурдың біреуі қажетті шығынды алмаса, ал басқа радиатор немесе контур арқылы шығын белгіленгеннен көп болса, бірінші бөлменің температурасы жоғары, ал екінші бөлменікі жеткіліксіз болады [18].

Гидравликалық реттеу мәселесін теңестіруші клапандардың көмегімен шешуге болады (8 сурет). Бұл клапандар жылыту жүйесінің жатық тармақтарында немесе тіреушелерінде қысым құламасын реттеу мақсатында, жылутасымалдағыштың тұрақты шығынын қамтамасыз ету үшін қолданылады. Қазіргі кездегі теңестіруші клапандардың каталог бойынша көп қабатты ғимараттардың жылыту жүйесіне ең көп талап етілетіні автоматтандырылған түрі.



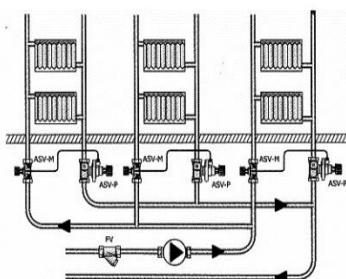
Сурет 8 – Теңестіруші клапандарды монтаждау мысалы

Danfoss маркалы автоматтандырылған теңестіруші клапандар сериясы: ASV-P, ASV-PV. ASV-P және ASV-PV клапандары (9-сурет) екі құбырлы, автоматтандырылған радиаторлық термореттегіші бар көлденең орналасқан жылыту жүйесіндегі тіреуішке орнатылады (10-сурет). Бұл термореттегіштің оптимальді режимде жұмыс істеуін қарастырады.

Автоматтандырылмаған теңестіруші клапан вентиль типтес болады. Ол автоматтандырылған реттеуші қондырғылар істен шыққан кезде дроссельдік диафрагмамен құбырлы желілерді реттейді. Danfoss маркалы автоматтандырылмаған теңестіруші клапандар сериясы: MSV-I, MSV-M, USV-I, MSV-C, MSV-F2.



Сурет 9 – Екіқұбырлы жылыту жүйесі үшін ASV-PV және ASV-M типті теңестіруші клапандар



Сурет 10 – Жылыту жүйесінде теңестіруші клапанды әр тіреуішке қойған кездегі сұлбасы

Радиаторлы термореттегіштерді қолдану

Радиаторлы термореттегіш (11 сурет) – жылытылатын бөлменің ауа температурасын индивидуальді реттеп, бірқалыпты деңгейде ұстайтын қондырғы. Қондырғы екі негізгі бөліктен тұрады: клапан және термостатикалық бөлік. Бұл екі бөлік қосымша энергия шығынын талап етпейді. Термостатикалық бөлігі сұйық элементтен, жетектен, реттеуіштен тұрады. Бөлмедегі температураның өзгеруі келесі фактілерге байланысты:

- сыртқы ауа температурасы;
- желдету және күн сәулесі;

қосымша жылу көздері: адамдар, құбыр желісіндегі ыстық су, қосымша тұрмыстық және т.б.



Сурет 11 – Радиаторлы термореттегіш

Жұмыс істеу принципі

Негізгі сезімтал элемент жұмыстық заты – сильфон. Қондырғы бөлмедегі температураның өзгерісіне байланысты көлемін өзгертеді. Бұл көрсеткіш термостатикалық клапанның штогына беріледі, жылыту қондырғысындағы жылутасғыштың берілісін реттейді, қуатын өзгертеді.

Герметикалық газоконденсаттық сильфон, термосезімтал затпен толтырылған, ішкі беті жылжымалы гофрирдан жасалған жабық сыйымдылық. Сальник жұқа, бірақ нық шток тотықпайтын болаттан жасалған [19].

Аталған қондырғыны қолдану барысында ғимаратты жылытуға жұмсалатын жылу энергиясының 15%-ын үнемдеуге болады.

Экономикалық есептеулер

Бір ғимарат үшін жылудың және жылытудың жылдық шығыны мына кейіптеме бойынша анықталады:

$$Q_{\text{ж}} = q_0 * a * K_t * V_c (t_{\text{ауа}} - t_{\text{орт.ж}}) * Z_{\text{ж}} * 24, \text{ Гкал/жыл} \quad (1)$$

q_0 – ғимараттың меншікті жылулық сипаттамасы, 0,27ккал/м³·сағ·°C;

a – сыртқы ауаның шоғырлану (инфильтрация) еселеуіші = 1,05;

K_t – сыртқы ауаның есептік температурасының өзгерісін ескеретін еселеуіш = 1,08;

V_c – сыртқы өлшемі бойынша ғимараттың көлемі, 20000м³;

$t_{\text{ауа}}$ – ғимарат ішіндегі ауаның температурасы, 18°C;

$t_{\text{орт.ж}}$ – жылыту кезеңіндегі сыртқы ауаның орташа температурасы (ғимарат бойынша);

$Z_{\text{ж}}$ – жылыту кезеңінің ұзақтығы, тәулік(ғимарат бойынша); 24 – бір тәуліктегі сағат саны.

$$Q_{\text{ж}} = 0,27 \cdot 1,05 \cdot 1,08 \cdot 15036 \cdot (18 - (-2,1)) \cdot 167 \cdot 24 = 370,880 \text{ Гкал/жыл}$$

Ыстық сумен қамдау кезіндегі жылудың жылдық шығыны:

$$Q_{\text{ыс.су}} = M * C * (t_{\text{ыс.су}} - t_{\text{с.су.ж}}) * Z_{\text{ж}} * 0,8 + M * C * (t_{\text{ыс.су}} - t_{\text{с.су.к}}) * Z_{\text{к}} = 180 * 1,0 * \quad (2)$$

$$(65 - 15) * (365 - 201) * 0,8 + 180 * 1,0 * (65 - 5) * 201 = 2,8 \text{ Гкал/адам*жыл}$$

$M_{\text{ыс.су}}$ – ыстық судың тәуліктік шығыны, бір адамға тәулігіне 180 литрден деп есептеледі;

C – судың салыстырмалы жылу сыйымдылығы = 1,0ккал/кг; $t_{\text{ыс.су}}$ –ыстық су температурасы = 65°C;

$t_{\text{с.су.к}}, t_{\text{с.су.ж}}$ – қыс (жылыту) және жаз кезеңдеріндегі суық су температурасы, 5 және 15°C;

$Z_{\text{ж}}, Z_{\text{к}}$ – қыс және жаз кезеңдерінің ұзақтығы, тәулік. $Q_{\text{ыс.су}}^{\text{жыл}} = 2,8 \cdot 216 = 604,8 \text{ Гкал/жыл}$

Бұл ғимарат 1999 жылы салынғандықтан энергоүнемділігі салыстырмалы төмен болады. Қоршау конструкцияларына жүргізілген жылу техникалық есеп бойынша сыртқы қабырғалардың жылуоқшаулануы нормаға сәйкес емес екендігі анықталды.

Сыртқы қабырғалардың келтірілген нақтылы термиялық кедергісі:

$$R_0^{\text{факт}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_{\text{бет}}}{\lambda_{\text{бет}}} + \frac{\delta_{\text{шт}}}{\lambda_{\text{шт}}} + \frac{\delta_{\text{шт}}}{\lambda_{\text{шт}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,4}{0,85} + \frac{0,04}{0,08} + \frac{0,02}{0,16} + \frac{1}{23} = 1,4 \frac{\text{м}^2 * \text{°C}}{\text{Вт}} \quad (3)$$

Санитарлы–гигиеналық және жайлылық жағдайларға сәйкес ЖМГТ = 3356тәу °C үшін сыртқы қабырғаның жылу таратуға келтірілген кедергісінің нақты мәні есептеледі:

$$R_{\text{req}} = \alpha * D_a + b = 0,00045 * 3356 + 1,9 = 2,57 \frac{\text{м}^2 * \text{°C}}{\text{Вт}}$$

Ғимараттың жалпы жылу жоғалтуы:

$$Q_{\text{факт}} = \frac{(t_{\text{іш}} - t_{\text{сырт}}) * A_{\text{ст}}}{R_0^{\text{факт}}} = \frac{(18 + 2,1)}{1,4} * 5120 = 190360 \text{ Вт} \quad (4)$$

$t_{\text{іш}}, t_{\text{сырт}}$ – бөлме ішіндегі және жылыту кезеңіндегі сыртқы ауаның орташа температурасы, ($t_{\text{іш}}=18 \text{ °C}$, $t_{\text{сырт}} = 2,1 \text{ °C}$)

Семей қаласы үшін жылыту кезеңінің ұзақтығы 167 күн. Жылытуда ғимараттың жалпы жылу жоғалтуы:

$$Q'_{\text{факт}} = Q_{\text{факт}} * T_{\text{жыл}} * 24 \quad (5)$$

$$Q'_{\text{факт}} = 190360 * 167 * 24 = 762963 \text{ кВт*сағ/жыл}$$

Сыртқы қоршаушы қабырғалардың келтірілген термиялық кедергісін арттыруда жылуоқшаулау ұсынылады. Сондықтан жылуоқшаулағыштың түрін және қалыңдығын анықтаймыз.

$R_{\text{req}} = 2,57 \frac{\text{м}^2 * \text{°C}}{\text{Вт}}$ болғанда нормативтік жылу анықтаймыз:

$$Q'_{\text{норм}} = \frac{(18 + 2,1)}{2,57} * 5120 * 167 * 24 = 417783 \text{ кВт} * \frac{\text{сағ}}{\text{жыл}} = 360 \text{ Гкал/жыл}$$

Жылдық қаржылық үнемдеу:

$$\Delta C = \Delta Q \cdot T = 360 \frac{\text{Гкал}}{\text{жыл}} \cdot \frac{5711 \text{ тг}}{\text{Гкал}} = 1834890 \text{ тг/жыл}$$

Жылуоқшаулағышты орнату үшін кететін капиталды шығындар жылуоқшаулағыштың құнынан, проект бағасынан, құрылыс-монтаждау жұмыстарынан тұрады. Жылуоқшаулағыш ретінде Изоллат-1 жылуоқшаулағыш бояуы таңдалды (кесте 2, 3) [10].

Кесте 2 – Жылуоқшаулағыштың бағасы

Изоллат-1 бояуының шығыны, 1 м ² -қа 1 мм (2 қабат), л	1 л бағасы	1 м ² -ға 1 мм қалыңдыққа жұмсалатын қаражат, тг	Жалпы жұмсалатын қаражат, тг
0,7	1950	1365	7353800

Кесте 3 – Жұмыс ақысына кететін шығындар

Мамандық	Саны, адам	Енгізу мерзімі, ай	Айлық еңбекақысы, теңге	Барлығы, теңге
Инженер-жобалаушы	1	1	100000	100000
Құрылысшылар	5	1	90000	450000
Барлығы $\Delta C_{\text{жалпы}}$				550000

Аударылымдарды есептегендегі еңбекақы:

$$C_{\text{өнд.е.а}} = \left(C_{\text{жалпы}} - C_{\text{жалпы}} \frac{N_{\text{зейн.қоры}}}{100} \right) \frac{N_{\text{әлеу.қаж}}}{100} + C_{\text{жалпы}} \quad (6)$$

Қорытынды

Жүргізілген энергетикалық аудиттің нәтижелері Семей қаласындағы зерттелген көпқабатты панельді тұрғын үйдің жылуэнергетикалық жай-күйі қанағаттанарлықсыз екенін көрсетті. Инфрақызыл термография панель түйіспелерінде, терезе ойықтарында, цоколь бөлігінде және инженерлік тораптар аймағында «суық көпірлердің» шоғырланған аймақтарын айқын көрсетті, бұл қоршаушы құрылымдар арқылы жылу шығындарының артуына әкеледі.

Жылутехникалық және энергетикалық есептеулерді талдау нәтижесінде қасбеттерді қосымша жылу оқшаулау, жылыту жүйесін гидравликалық теңгерімдеу, радиаторлық терморегуляторларды орнату және жылу энергиясын есепке алу жүйесін енгізу сияқты кешенді энергия үнемдеу іс-шаралары ұсынылды. Алдын ала экономикалық бағалау бұл шараларды іске асыру жылу энергиясын тұтынуды шамамен 15-20%-ға дейін қысқартуға және тұрғындардың пайдалану шығындарын едәуір төмендетуге мүмкіндік беретінін көрсетті.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы нақты тұрғын үйді мысалға ала отырып, панельді ғимараттарға арналған энергетикалық аудит пен энергия үнемдеу іс-шараларын негіздеудің қолданбалы алгоритмін ұсынуында. Ұсынылған тәсіл тұрғын үй қорын басқарушы ұйымдарға, жобалаушыларға және жергілікті атқарушы органдарға жылу шығындарын азайту, жылуэнергетикалық ресурстарды үнемді пайдалану және тұрғындардың жайлылығын арттыру жөніндегі шешімдерді әзірлеуде пайдалануға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, инфрақызыл термографияны нормативтік талаптарға (ҚР ҚНЖЕ, ГОСТ, ISO) сәйкес жылутехникалық есептеулермен үйлестіре отырып қолдану тұрғын үй қорының энергия тиімділігін арттыру бағытындағы шешімдерді негіздеу үшін тиімді құрал болып табылады. Алынған әдістемелік тәсілдер мен нәтижелер Семей қаласының ғана емес, Қазақстанның басқа да өңірлеріндегі ұқсас ғимараттарға энергетикалық аудит жүргізу тәжірибесінде қолданылуы мүмкін.

Әдебиеттер тізімі

1. СН РК 2.04-07-2022. Тепловая защита зданий (ҚР ҚН 2.04-07-2022 «Ғимараттардың жылу қорғанысы») [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=35669805&doc_id2=31741316#pos=1;-16&sel_link=1009335515 (дата обращения: 01.12.2025).
2. Қазақстан Республикасының 2012 жылғы 13 қаңтардағы № 541-IV «Энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру туралы» Заңы (өзгертулері мен толықтыруларымен) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/Z1200000541> (дата обращения: 01.12.2025).

3. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31335849 (дата обращения: 01.12.2025).
4. ISO 50002:2014. «Аудит в области энергетики. Требования и руководство по его проведению» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=38306545 (дата обращения: 01.12.2025).
5. Республика Казахстан. РК 1.04-101-2012. Обследование и оценка технического состояния зданий и сооружений. – Астана: KAZGOR, 2015.
6. Романенко Е.Ю. Повышение энергетической эффективности ограждающих конструкций – путь повышения эффективности эксплуатации зданий и сооружений / Е.Ю. Романенко // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 4. – С. 255-260.
7. Теремов Д.Н. Обследование зданий и сооружений / Д.Н. Теремов, Д.Н. Лазарев, Д.В. Зорин // Инновационная наука. – 2016. – № 4. – С. 174-176.
8. Морозов А.А. Обзор методик наблюдения за деформациями при инструментальном обследовании зданий и сооружений / А.А. Морозов, Л.А. Грибкова, В.Л. Шаповалов // Научные труды КубГТУ. – 2016. – № 8. – С. 64-74.
9. К вопросу обследования технического состояния гражданских зданий / Л.А. Сулейманова и др. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 7. – С. 32-36.
10. Krarti M. Energy Audit of Building Systems: An Engineering Approach / M. Krarti // 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2020. 658 p.
11. Capehart B.L. Guide to Energy Management / B.L. Capehart, W.C. Turner, W.J. Kennedy // 8th ed. Lilburn: Fairmont Press, 2016. – 630 p.
12. Thumann A. Handbook of Energy Audits / A. Thumann, W.J. Younger, T. Niehus // 9th ed. Lilburn: Fairmont Press, 2020. – 460 p.
13. Rossiter A.P. Energy Management and Efficiency for the Process Industries / A.P. Rossiter // Hoboken: Wiley, 2015. – 400 p.
14. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). Procedures for Commercial Building Energy Audits. 2nd ed. Atlanta: ASHRAE, 2011. – 162 p.
15. International Organization for Standardization (ISO). ISO 50002:2014. Energy audits – Requirements with guidance for use. Geneva: ISO, 2014. – 22 p.
16. Shapiro I.M. Energy Audits and Improvements for Commercial Buildings / I.M. Shapiro // Hoboken: Wiley, 2016. – 384 p.
17. Wulfinghoff D.R. Energy Efficiency Manual / D.R. Wulfinghoff // Energy Institute Press, 2000. – 1512 p.
18. Doty S. Commercial Energy Auditing Reference Handbook / S. Doty // 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2016. – 1102 p.
19. International Organization for Standardization (ISO). ISO/DIS 50002-1. Energy audits – Part 1: General requirements with guidance for use. Geneva: ISO, 2024.

References

1. SN RK 2.04-07-2022. Teplovaya zashchita zdaniy (ҚР ҚН 2.04-07-2022 «Ғимараттардың жылу қорғанысы») [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=35669805&doc_id2=31741316#pos=1;-16&sel_link=1009335515 (дата обращения: 01.12.2025). (In Russian).
2. Kazakstan Respublikasynyn 2012 zhylgy 13 kantardargy № 541-IV «Ehnergiya ynemdeu zhane ehnergiya tiimdiligin arttyru turaly» Zany (ozgertuleri men tolyktyrularymen) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/Z1200000541> (дата обращения: 01.12.2025). (In Kazakh).
3. GOST 30494-2011. Zdaniya zhilye i obshchestvennye. Parametry mikroklimata v pomeshcheniyakh [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31335849 (дата обращения: 01.12.2025). (In Russian).
4. ISO 50002:2014. «Audit v oblasti ehnergetiki. Trebovaniya i rukovodstvo po ego provedeniYU» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=38306545 (дата обращения: 01.12.2025). (In Russian).

5. Respublika Kazakhstan. RK 1.04-101-2012. Obsledovanie i otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya zdanii i sooruzhenii. – Astana: KAZGOR, 2015. (In Russian).
6. Romanenko E.YU. Povyshenie ehnergeticheskoi ehffektivnosti ograzhdayushchikh konstruksii – put' povysheniya ehffektivnosti ehkspluatatsii zdanii i sooruzhenii / E.YU. Romanenko // Inzhenernyi vestnik Dona. – 2013. – № 4. – S. 255-260. (In Russian).
7. Terebov D.N. Obsledovanie zdanii i sooruzhenii / D.N. Terebov, D.N. Lazarev, D.V. Zorin // Innovatsionnaya nauka. – 2016. – № 4. – S. 174-176. (In Russian).
8. Morozov A.A. Obzor metodik nablyudeniya za deformatsiyami pri instrumental'nom obsledovanii zdanii i sooruzhenii / A.A. Morozov, L.A. Gribkova, V.L. Shapovalov // Nauchnye trudy KuBGTU. – 2016. – № 8. – S. 64-74. (In Russian).
9. K voprosu obsledovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya grazhdanskikh zdanii / L.A. Suleimanova i dr. // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova. – 2016. – № 7. – S. 32-36. (In Russian).
10. Krarti M. Energy Audit of Building Systems: An Engineering Approach / M. Krarti // 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2020. 658 p. (In English).
11. Capehart B.L. Guide to Energy Management / B.L. Capehart, W.C. Turner, W.J. Kennedy // 8th ed. Lilburn: Fairmont Press, 2016. – 630 p. (In English).
12. Thumann A. Handbook of Energy Audits / A. Thumann, W.J. Younger, T. Niehus // 9th ed. Lilburn: Fairmont Press, 2020. – 460 p. (In English).
13. Rossiter A.P. Energy Management and Efficiency for the Process Industries / A.P. Rossiter // Hoboken: Wiley, 2015. – 400 p. (In English).
14. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). Procedures for Commercial Building Energy Audits. 2nd ed. Atlanta: ASHRAE, 2011. – 162 p. (In English).
15. International Organization for Standardization (ISO). ISO 50002:2014. Energy audits – Requirements with guidance for use. Geneva: ISO, 2014. – 22 p. (In English).
16. Shapiro I.M. Energy Audits and Improvements for Commercial Buildings / I.M. Shapiro // Hoboken: Wiley, 2016. – 384 p. (In English).
17. Wulfinghoff D.R. Energy Efficiency Manual / D.R. Wulfinghoff // Energy Institute Press, 2000. – 1512 p. (In English).
18. Doty S. Commercial Energy Auditing Reference Handbook / S. Doty // 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2016. – 1102 p. (In English).
19. International Organization for Standardization (ISO). ISO/DIS 50002-1. Energy audits – Part 1: General requirements with guidance for use. Geneva: ISO, 2024. (In English).

Ж.К. Алдажуманов*, Е.Н. Мясоедова, Д.В. Мясоедов, К.С. Зарыкбаева, А.Е. Сатыбалдинова

Шәкәрім университет,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки 20а

*e-mail: aldazhumanov.zhan@yandex.kz

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АУДИТ ЖИЛОГО ДОМА В ГОРОДЕ СЕМЕЙ

В статье приведены результаты энергетического аудита многоквартирного жилого дома в городе Семей. В качестве объекта исследования выбран панельный жилой дом, расположенный по улице Физкультура, поскольку его фактическое потребление тепловой энергии выше, чем у аналогичных зданий, и на его фасадах наблюдаются визуальные признаки повышенных теплопотерь. Цель работы заключается в определении теплопотерь через ограждающие конструкции здания методом термографии и обосновании комплекса технических и организационных мероприятий, направленных на повышение его теплоэнергетической эффективности.

В качестве методов исследования использованы инфракрасная термография (с применением тепловизора Easir-9), теплотехнические расчёты и нормативные подходы к оценке годового расхода тепловой энергии. При проведении измерений учитывались наружная и внутренняя температура воздуха, коэффициент излучательной способности, расстояние до объекта и основные метрологические характеристики прибора. В результате в зонах стыков панелей, оконных проёмов, цокольной части и инженерных узлов были выявлены области концентрации «мостиков холода», которые вносят существенный вклад в общие теплопотери здания.

Предлагаемый комплекс энергосберегающих мероприятий включает дополнительное утепление фасадов, гидравлическую балансировку системы отопления, установку радиаторных терморегуляторов и внедрение приборов учёта тепловой энергии. Экономическая оценка показала, что реализация указанных мер позволяет сократить потребление тепловой энергии примерно на 15-20 % и снизить эксплуатационные расходы для собственников жилья. Практическая значимость работы заключается в предложении комплексного подхода, который может быть использован для реального жилого фонда, а также в формировании методической основы для аналогичных зданий в городе Семей и других городах Республики Казахстан.

Ключевые слова: энергоаудит, энергосбережение, анализ тепловизионной съемки, теплоизоляция, автоматизация системы отопления.

Zh. Aldazhumanov*, E. Myassoedova, D. Myassoedov, K. Zarykbaeva, A. Satybaldinova

Shakarim University,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka St. 20a

*e-mail: aldazhumanov.zhan@yandex.kz

ENERGY AUDIT OF A RESIDENTIAL BUILDING IN THE CITY OF SEMEY

The article presents the results of an energy audit of a multi-storey residential building in the city of Semey. The object of the study is a panel residential building located on Fizkultura Street, which was selected because its heat consumption is higher than that of similar buildings and visible signs of increased heat losses are observed on its façades. The aim of the work is to determine heat losses through the building envelope using thermographic techniques and to justify a set of technical and organizational measures aimed at improving its thermal and energy efficiency.

Infrared thermography (with an Easir-9 thermal imager), heat engineering calculations and normative approaches to estimating the annual heat consumption were used as the main research methods. During the measurements, the outdoor and indoor air temperatures, surface emissivity, distance to the object and the basic metrological characteristics of the instrument were taken into account. As a result, concentrated areas of thermal bridges were identified at panel joints, window openings, the plinth zone and engineering nodes, which make a significant contribution to the total heat losses of the building.

The proposed set of energy-saving measures includes additional façade insulation, hydraulic balancing of the heating system, installation of radiator thermostatic valves and implementation of heat metering devices. The economic assessment has shown that the implementation of these measures can reduce heat consumption by approximately 15-20% and decrease operation and maintenance costs for the residents. The practical significance of the study lies in providing a comprehensive approach that can be applied to the existing housing stock, as well as in forming a methodological basis for similar buildings in Semey and other cities of the Republic of Kazakhstan.

Key words: energy audit, energy saving, thermal imaging analysis, thermal insulation, heating system automation.

Авторлар туралы мәліметтер

Жан Касенович Алдажуманов* – техника ғылымдарының магистрі, «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедрасының аға оқытушы, Шәкәрім университеті, Қазақстан; e-mail: aldazhumanov.zhan@yandex.kz. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1683-1089>.

Екатерина Николаевна Мясоедова – техника ғылымдарының магистрі, «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедрасының оқытушы, Шәкәрім университеті, Қазақстан; e-mail: Kate_white89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2142-3483>.

Дмитрий Викторович Мясоедов – техника ғылымдарының магистрі, «Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар» кафедрасының аға оқытушы, Шәкәрім университеті, Қазақстан; e-mail: dmitriy880@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3279-0994>.

Камшат Серикхановна Зарыкбаева – техника ғылымдарының магистрі, «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедрасының аға оқытушы, Шәкәрім университеті, Қазақстан; e-mail: kamshat.ru@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8115-357X>.

Айгерим Еркеновна Сатыбалдинова – техника ғылымдарының магистрі, «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедрасының оқытушы, Шәкәрім университеті, Қазақстан; e-mail: айгеримсеми@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7610-9058>.

Сведения об авторах

Жан Касенович Алдажуманов* – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика», Шәкәрім университеті, Республика Казахстан; e-mail: aldazhumanov.zhan@yandex.kz. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1683-1089>.

Екатерина Николаевна Мясоедова – магистр технических наук, преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика», Шәкәрім университеті, Республика Казахстан; e-mail: Kate_white89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2142-3483>.

Дмитрий Викторович Мясоедов – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Автоматизации и информационных технологий», Шәкәрім университет, Республика Казахстан; e-mail: dmitriy880@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3279-0994>.

Камшат Серикхановна Зарыкбаева – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика», Шәкәрім университеті, Республика Казахстан; e-mail: kamshat.ru@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8115-357X>.

Айгерим Еркеновна Сатыбалдинова – магистр технических наук, преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика», Шәкәрім университеті, Республика Казахстан; e-mail: aigerimsemei@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7610-9058>.

Information about the authors

Zhan Aldazhumanov* – Master of of technical sciences, senior lecturer «Technical physics and thermal power engineering», Shakarim University, Republic of Kazakhstan; e-mail: aldazhumanov.zhan@yandex.kz. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1683-1089>.

Ekaterina Myassoedova – Master of of technical sciences, lecturer «Technical physics and thermal power engineering», Shakarim University, Republic of Kazakhstan; e-mail: Kate_white89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2142-3483>.

Dmitry Myassoedov – Master of of technical sciences, senior lecturer «Department of Automation and Information Technologies», Shakarim University, Republic of Kazakhstan; e-mail: dmitriy880@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3279-0994>.

Kamshat Zarykbaeva – Master of of technical sciences, senior lecturer «Technical physics and thermal power engineering», Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: kamshat.ru@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8115-357X>.

Aigerim Satybalidinova – Master of of technical sciences, lecturer «Technical physics and thermal power engineering», Shakarim University, Republic of Kazakhstan; e-mail: aigerimsemei@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7610-9058>.

Редакцияға енуі 24.10.2025

Өңдеуден кейін түсуі 08.12.2025

Жариялауға қабылданды 15.12.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-1\(21\)-57](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-1(21)-57)

МРНТИ: 44.31.35



А.Қ. Садықова^{1*}, А.К. Ниязбаев², М.Ж. Хазимов^{1,2}

¹Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, 050013, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Байтурсынулы, дом 126/1

²Казахский национальный аграрный исследовательский университет, 050010, Республика Казахстан, г. Алматы, проспект Абая, дом 8

*e-mail: ai.sadykova@aes.kz

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ СОЕВОЙ ОКАРЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ТЕПЛОВОЙ ПРОЦЕСС ВИХРЕВОЙ СУШКИ

Аннотация: В работе исследованы деформационные свойства соевой окары при различной влажности с использованием структурометра СТ-2. Установлены зависимости абсолютной деформации, относительной деформации, механического напряжения и модуля упругости от содержания влаги в образцах. Абсолютная деформация изменялась от 4,33 мм при влажности 28% до 17,04 мм при 76%, а относительная деформация – от 0,072 до 0,284 в тех же условиях. Значения модуля упругости изменялись в пределах от 6815 г/см² при 28% влажности до 1729 г/см² при 76%. Показано, что при влажности 40-56 % формируется оптимальное сочетание механической стабильности частиц и интенсивности теплопередачи, что обеспечивает снижение удельных энергозатрат на 8-12 % и устойчивость теплового режима. Полученные зависимости абсолютной и относительной деформации, механического напряжения и модуля упругости позволяют

©А.Қ. Садықова, А.К. Ниязбаев, М.Ж. Хазимов, 2026