



СӘУЛЕТ ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫС
АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО
ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

СӘУЛЕТ ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫС
АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО
ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

DOI 10.51885/1561-4212_2025_2_212
MFTAA 67.29.03

С.К. Есенгабулов¹, М.С. Кожамет², Е.Б. Жаркенов³, Е.Н. Абаканов⁴, М. Жанкелді⁵

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан

¹E-mail: serik-y@mail.ru*

²E-mail: meiram_kms@mail.ru

³E-mail: berdenovich@gmail.com

⁴E-mail: eldos_abakanov@mail.ru

⁵E-mail: meirzhankeldi@gmail.com

ЖАРЫҚӨТКІЗГІШ ҚҰРЫЛЫМДАРДЫҢ ЖЫЛУ СИПАТТАМАЛАРЫН БАҒАЛАУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ

ОЦЕНКА И АНАЛИЗ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

EVALUATION AND ANALYSIS OF THERMAL CHARACTERISTICS OF TRANSPARENT STRUCTURES

Аңдатпа. Бұл мақалада Қазақстандағы тұрғын үй секторындағы ғимараттардың энергия тиімділігін арттыру мәселелері жан-жақты қарастырылады. Қазіргі таңда республика бойынша қолданыстағы ғимараттардың басым көпшілігі, әсіресе өткен ғасырдың ортасында салынған тұрғын үйлер, жоғары жылу шығындары және төмен энергия тиімділік кластарымен сипатталады. Мұндай жағдай жыл сайынғы коммуналдық шығындардың артуына және жылу энергиясының айтарлықтай ысырап болуына алып келеді. Осыған орай, ғимараттардың сыртқы қоршау элементтерінің, оның ішінде жарық өткізгіш құрылымдардың, әсіресе терезелердің, жылу техникалық сипаттамаларын жақсарту – өзекті міндетке айналып отыр.

Мақалада 1968 жылы салынған типтік бес қабатты тұрғын үй мысалында жарық өткізгіш құрылымдардың әртүрлі нұсқаларының техникалық-экономикалық тиімділігі бағаланған. Зерттеу барысында ғимараттың жылу тұтыну көрсеткіштері, инфильтрациялық ауа алмасу, күн радиациясынан түсетін жылу көлемі және тұрмыстық жылу көздері ескеріліп, нақты инженерлік есептеулер жүргізілген. Заманауи энергия тиімді терезелерді қолдану арқылы ғимараттағы жылу энергиясының шығынын екі есеге дейін азайтуға болатындығы анықталды. Ескі терезелердің орнына жаңа, көп камералы профильдер мен энергия үнемдейтін шыны пакеттерден жасалған терезелерді орнату нәтижесінде инвестициялардың өтелу мерзімі орта есеппен 5-11 жыл аралығында болады.

Сонымен қатар, жаңадан салынатын ғимараттарда нормативтік талаптардан да жоғары деңгейдегі терезелерді қолдану арқылы қосымша 12 %-ға дейін энергия үнемдеуге қол жеткізуге болады. Бұл жағдайда өтелу мерзімі небәрі 1-2,8 жылды құрайды.

Мақала нәтижелері Қазақстанда құрылыс саласында энергия тиімді материалдар мен шешімдерді кеңінен қолдану қажеттілігін дәлелдей отырып, мемлекеттік стандарттарды жаңартуға, қалалық инфрақұрылымды жаңғыртуға және қоршаған ортаға келетін әсерді азайтуға бағытталған нақты ғылыми негіз ұсынады.

Түйін сөздер: жарық өткізгіш құрылымдар, энергия тиімділігі, жылу бөлу, жылу шығыны, инвестициялардың өтелу мерзімі.

Аннотация. В статье всесторонне рассматриваются вопросы повышения энергоэффективности зданий в жилищном секторе Казахстана. В настоящее время большинство существующих зданий в стране, особенно построенные в середине прошлого века, характеризуются высокими теплопотерями и низким классом энергоэффективности. Это приводит к увеличению коммунальных расходов и значительным потерям тепловой энергии в отопительный сезон. В связи с этим актуальной задачей является улучшение теплотехнических характеристик наружных ограждающих конструкций, в частности светопрозрачных элементов – окон и дверей.

В качестве объекта исследования был выбран типовой пятиэтажный жилой дом, построенный в 1968 году в городе Астана. Выполнено сравнение четырех вариантов оконных конструкций: от устаревших до современных энергоэффективных. Проведены подробные инженерные расчеты, включающие анализ теплопотерь, инфильтрации воздуха, поступления солнечной радиации и внутренних тепловыделений. Установлено, что замена старых окон на современные энергосберегающие с многокамерными профилями и теплоизоляционными стеклопакетами позволяет снизить потребление тепловой энергии в 2 раза. Срок окупаемости таких инвестиций составляет от 5 до 11 лет.

Для вновь строящихся зданий внедрение усиленных энергосберегающих оконных систем обеспечивает дополнительную экономию энергии до 12 % при сроке окупаемости от 1 до 2,8 лет. Авторы подчеркивают, что для достижения высокого уровня энергоэффективности требуется комплексный подход: утепление стен, полов, крыш и внедрение автоматизированных систем управления отоплением.

Полученные результаты подтверждают необходимость обновления нормативных требований, популяризации современных строительных решений и развития устойчивой городской инфраструктуры в Казахстане. Исследование представляет научно обоснованный вклад в формирование энергоэффективной строительной политики. Ключевые слова: светопрозрачные конструкций, энергоэффективность, тепловыделение, теплопотери, срок окупаемости инвестиций.

Ключевые слова: светопрозрачные конструкций, энергоэффективность, тепловыделение, теплопотери, срок окупаемости инвестиций.

Abstract. This article presents a comprehensive analysis of energy efficiency challenges in Kazakhstan's residential building sector. A significant number of existing buildings, particularly those constructed during the Soviet era, suffer from substantial heat loss and exhibit low energy efficiency classifications. This results in increased heating costs and energy waste, especially during the cold season. As such, improving the thermal performance of building envelope components – especially translucent structures such as windows – has become an urgent priority.

The study focuses on a typical five-story apartment building constructed in 1968 in Astana. Four window structure scenarios were analyzed, ranging from outdated wooden frames to modern energy-efficient designs. Detailed engineering calculations were performed, taking into account thermal losses, air infiltration, solar heat gain, and internal heat emissions. Findings show that replacing old windows with modern, multi-chamber PVC profiles and insulated glazing units can reduce heating energy consumption by up to 50%. The estimated investment payback period for such upgrades ranges from 5 to 11 years.

For newly constructed buildings, the integration of high-performance energy-efficient windows provides an additional 12% reduction in heating demand, with a payback period between 1 and 2.8 years. The authors also emphasize the importance of a comprehensive approach to improving energy performance, including insulation of floors, walls, and roofs, along with automated heating control systems.

The results provide strong technical and economic justification for updating Kazakhstan's building codes and promoting the widespread adoption of energy-efficient materials and technologies. This research contributes a well-substantiated scientific basis for future sustainable development in the construction sector and supports national efforts to enhance environmental responsibility and reduce energy dependency.

Keywords: translucent structures, energy efficiency, heat dissipation, heat loss, the payback period of investments.

Кіріспе. Энергия тиімді ғимарат – бұл жайлы микроклиматты қамтамасыз ету үшін энергия шығынын барынша азайту мақсатында архитектуралық, конструктивтік және инженерлік шешімдерді қамтитын ғимарат. Энергия тиімді ғимараттардың міндеті тек энергияны үнемдеумен шектелмей, адам өміріне қолайлы жағдай жасау және ғимарат ішіндегі денсаулыққа қолайлы микроклиматты сақтау болып табылады (Қазақстан Республикасының 2012 жылғы 13 қаңтардағы №541-IV Заңы; МЕМСТ 30494-201;

Есенгабулов, 2009; Есенгабулов, Дәстенова, 2024). Сыртқы климаттың ғимараттың жылулық теңгеріміне әсерін оңтайландыру үшін ғимараттың пішінін, көлемдік-жоспарлау және конструктивтік шешімдерін, күнге бағытталуын дұрыс таңдау, ішкі жылу бөлуі мен күн радиациясынан жылу түсуін пайдалану, жылыту жүйесін автоматты түрде реттеу ғана емес, сондай-ақ ғимараттарды шынылау кезінде сыртқы жарық өткізгіш құрылымдарды, атап айтқанда: терезелерді, балкон есіктерін, витриналар, витраждар мен шамдарды (бұдан әрі – терезелер) тиімді таңдап, оларды ұтымды орналастыру өте маңызды (Есенгабулов, Қожахмет, Сабитов, 2024; Есенгабулов, Жаркенов, Қожахмет, Нұрбаева, Джексембаева, 2024).

Қазақстандағы көпшілік ғимараттардың энергия тиімділік деңгейі төмен (ҚРҰҚ 2013 жыл 29 тамыз №904; ҚРҰҚ 2014 жыл 28 маусымдағы № 728). Қазіргі таңда Қазақстандағы тұрғын үй секторы жылу энергиясының 40 % астамын тұтынады. Сарапшылардың бағалауы бойынша, ғимараттардың шамамен 70 %-дың жылу техникалық сипаттамалары қазіргі талаптарға сай келмейді. Орташа алғанда, зерттелген үйлердің жылу энергиясын тұтыну көрсеткіші жылына 1 м² үшін 270 кВт·сағ құрайды. Осыған байланысты, Қазақстанда ғимараттарды күрделі жөндеуден өткізу кезінде жылу энергиясын тұтынуды кемінде 30 %-ға төмендету қажет (Белый, 2015).

Қазіргі уақытта Қазақстанда ескі тұрғын үй қорын күрделі жөндеуден өткізумен қатар, тұрғын үйлер мен әлеуметтік нысандардың (мектептер, ауруханалар, емханалар) типтік жобалары әзірленуде. Бұл бастама құрылыс құнының негізсіз өсуіне жол бермеуге және барлық өңірлерде стандартталған жобаларды пайдалану арқылы бюджеттік қаражатты тиімді жұмсауға бағытталған. Бұл Қазақстанда энергия тиімді құрылыс құрылымдарын өнеркәсіптік ауқымда енгізуге, оның ішінде жарық өткізгіш құрылымдарды зауыт жағдайында 100 % дайын күйінде өндіруге мүмкіндік бар екенін көрсетеді. Бұл ретте энергия тиімді терезелерді таңдаудағы басты талаптардың бірі – терезе жақтауларын ені 70 мм-ден асатын 5 камералы және одан көп заманауи металлпластикалық профильдер мен энергия үнемдейтін шынылардан жасалған екі немесе үш қабатты шыныпакеттер болуы тиіс (Есенгабулов, 2015).

Қазіргі таңда еліміздің құрылыс саласында еденнен төбеге дейін немесе қабырғаның үлкен немесе барлық аумағына қойылып жатқан «Панорамалық терезелер» немесе «Француз терезелері» деп аталатын терезе блоктарын кеңінен қолданыла бастады. Осы сияқты және басқа да қазіргі уақытта қолданыста бар жарық өткізгіш құрылымдар арқылы айтарлықтай жылу жоғалатындықтан олар жылуоқшауланған қабырғаларды алмастыра алмайтынын, сәйкесінше, ғимараттардың энергия тиімділік класы айтарлықтай төмендейтінін, сонымен қатар ғимараттарды пайдалану кезінде тұрғындардың үйді жылытуға кететін коммуналдық төлемдердің артатынын ескере кету керек. Жарық өткізгіш құрылымдар арқылы тұрғын үй ғимараттарын жылыту кезеңінде жылу энергиясының едәуір бөлігі жоғалатынын ескере отырып, жаңа ғимараттарды салу, терможаңғырту және қолданыстағы ғимараттарды қайта жаңарту кезінде осы құрылымдардың жылу беруіне келтірілген кедергілер мәнін жоғарылату үшін жаңа талаптарды белгілеу қажет.

Осыған байланысты, Қазақстанда терезелердің энергия тиімділігіне қойылатын талаптарды күшейтудің артықшылықтары мен кемшіліктерін, сондай-ақ оның техникалық және экономикалық салдарын (жобаның қымбаттауы және т.б.) шартты тұрғын үйлердің жобалары негізінде талдау өзекті мәселе болып табылады.

Зерттеу әдістемесі. Ғимараттардың энергия тиімділігін және терезелерге қойылатын жоғары талаптарды енгізудің экономикалық әсерін бағалау үшін жұмыс жасалған 2015 жылы қолданыста болған нормативтік құжаттарға қолданылды (ҚР ҚН 2.04-21-2004; МҚЕ 24-01-2011). Жылыту мен желдетуге жұмсалатын меншікті жылу тұтыну көрсеткіші

бойынша ғимараттардың энергия тиімділігін бағалау және талдау мына әдістемелер бойынша анықталды (АВОК, 2011; Есенғабулов, Қожахмет, Сабитов, 2024; Белый, 2015).

Ғимараттардың энергия тиімділігі жылыту мен желдетуге жұмсалатын меншікті жылу тұтыну көрсеткіші бойынша бағаланды. Бұл көрсеткіш әртүрлі ғимараттарды өзара және нормативтік талаптармен салыстыруға мүмкіндік береді.

Сыртқы қоршау құрылымдарының жылу өткізгіштікке қарсылығына қойылатын талаптар құрылыс жүргізілетін аймақтың қысқы кезеңдегі градус-тәуліктерінің санына (D_d , °C·тәулік) байланысты белгіленеді. Қысқы кезеңдегі градус-тәуліктер саны келесі формула бойынша есептелді:

$$D_d = (t_{int} - t_{ht})z_{ht} \quad (1)$$

мұнда: t_{int} – ғимараттың жылыту кезеңіндегі орташа ішкі температура, °C; t_{ht} – жылыту кезеңіндегі орташа сыртқы температура, °C; z_{ht} – жылыту кезеңінің ұзақтығы, тәулік.

Сыртқы қоршау құрылымдары арқылы жылу шығындары мына формуламен анықталды:

$$Q_{tr}^y = 0,024D \sum_i \frac{1}{R_i} A_i n \quad (2)$$

мұнда: R_i – сыртқы қоршау құрылымдарының жылу өткізгіштікке қарсылығы, м²·°C/Вт; A_i – сыртқы қоршау құрылымдарының ауданы, м²; n – сыртқы ауаға қатысты қоршау құрылымдарының орналасуын ескеретін түзету коэффициенті.

Ескі ағаш терезелердің ауа өткізгіштікке қарсылығы мына формуламен анықталды:

$$R_{a.F} = 0,57 \cdot (1/10)^{2/3}, \text{ м}^2 \cdot \text{сағ/кг}$$

Минималды қажетті инфильтрация мөлшері (кг/сағ) мына формула бойынша есептелді:

$$G_{inf}^{мин} = 3,6A_{r\text{ ср}} + G_{загр.кв} \beta_{Fi} \left(\frac{A_{F.кyx}}{A_{F.кв}} \right) \quad (3)$$

мұнда: $A_{r\text{ ср}}$ – ғимараттағы бір пәтердің орташа тұрғын алаңы, м²; $G_{загр.кв}$ – жабық терезелер кезіндегі инфильтрация мөлшері, кг/ч; β_{Fi} – ғимараттың нақты сипаттамаларына байланысты коэффициент. $A_{F.кв}$ – ғимарат бойынша бір пәтердегі терезелер мен балкон есіктерінің орташа ауданы, м²; $A_{F.кyx}$ – ғимарат бойынша бір ас үйдегі терезелердің орташа ауданы, м².

Пәтердегі орташа инфильтрация көлемі келесі формуламен есептелді:

$$G_{inf\text{ кв}} = G_{загр\text{ кв}} \beta_{Fi} \beta_N \quad (4)$$

мұнда: β_N – терезе элементтерін ашу арқылы инфильтрацияны желдету нормасына дейін арттыру коэффициенті.

Тұрғын үйдегі инфильтрацияланған ауаның шығыны келесі формуламен анықталды:

$$G_{inf} = G_{inf.F.кв} K_{кв} + (0,57 - 0,00172t_{ext}^m) G_{inf.F.ллу} N \quad (5)$$

мұнда: $K_{кв}$ – ғимараттағы пәтерлер саны; $G_{inf.F.ллу}$ – баспалдақ және лифт холлындағы инфильтрация көлемі, кг/ч; N – ғимараттың қабат саны. $G_{inf.F.кв}$ – ғимарат бойынша бір пәтердің терезелері арқылы инфильтрацияның орташа мөлшері.

Қосымша инфильтрация коэффициенті келесі формуламен анықталды:

$$k_v = \frac{G_{inf}}{3,6A_{r\text{ ср}} K_{кв}} = \frac{G_{inf}}{3,6A_r} \quad (6)$$

Ғимараттың жылу шығынын желдету аумағы алмасуынан инфильтрацияны ескере отырып, жылыту кезеңінде (кВт·сағ) келесі формула бойынша анықтайды:

Жылыту кезеңіндегі желдету мен инфильтрация есебінен жылу шығыны келесі формуламен есептелді:

$$Q_{inf}^y = 6,7 \cdot 10^{-3} (L_v K_v + L_{v.o}) c_v P_a^{ht} D_d \quad (7)$$

мұнда: L_v – ғимараттағы пәтерлердегі ауа алмасу, м³/ч; K_v – қосымша инфильтрация

коэффициенті; C_v – ауаның меншікті жылу сыйымдылығы, кДж/(кг·°C); P – жылыту маусымындағы инфильтрацияланған ауаның орташа тығыздығы, кг/м³.

Тұрмыстық жылу шығарындылары келесі формуламен есептелді:

$$Q_{inf}^y = 0,024 q_{inf} Z_{inf} A_r \quad (8)$$

мұнда: q_{inf} – тұрмыстық жылу шығарындыларының меншікті мөлшері, Вт/м²; A_r – тұрғын бөлмелердің ауданы, м².

Күн радиациясынан терезелер арқылы жылу түсімі келесі формула бойынша анықталды:

$$Q_5^y = \tau_F k_F \sum_{k=1}^8 A_{F.kB} I_k \quad (9)$$

мұнда: τ_F – терезе әйнегі арқылы күн радиациясының өту коэффициенті; K_F – көлеңкелеу коэффициенті; $A_{F.kB}$ – терезелердің жалпы ауданы, м²; I_k – жылу беру кезеңіндегі терезеге түсетін орташа күн радиациясы, кВт·ч/м².

Жылыту кезеңінде ғимараттың жылыту мен желдетуге жұмсалатын жылу энергиясы келесі формуламен анықталды:

$$Q_h^y = [Q_{tr}^y + Q_{inf}^y - (Q_{int}^y + Q_5^y) v \zeta] \beta_h \quad (10)$$

мұнда: Q_{tr}^y – ғимараттың сыртқы қоршау құрылымдары арқылы жылу шығыны, жылыту кезеңінде (кВт·сағ); Q_{inf}^y – ғимараттың жылу шығыны желдету аумағы алмасуынан инфильтрацияны ескере отырып, жылыту кезеңінде (кВт·сағ); Q_{int}^y – пәтерлер мен қоғамдық мақсаттағы орындардағы тұрмыстық жылу түсімдері, жылыту кезеңінде (кВт·сағ); Q_{in5}^y – күн радиациясынан сыртқы жарық өткізетін қоршау құрылымдары арқылы келетін жылу түсімдері, қасбеттердің бағдарын ескере отырып, жылыту кезеңінде (кВт·сағ); v – жылу түсімдерінің бөлме жылу шығындарынан артып кету кезеңдерінде пайдалануын төмендету коэффициенті; η – жылыту жүйесіне жылу беру мөлшерін автоматты реттеу жүйелерінің тиімділік коэффициенті; β_h – жылыту жүйесінің қосымша жылу тұтынуын ескеретін коэффициент.

Меншікті жылу энергиясын тұтыну келесі формуламен есептелді:

$$q_h^y = \frac{Q_h^y}{A_h} \quad (11)$$

мұнда $A_h^{\text{мин}}$ – ғимараттың жалпы пайдалы ауданы, м².

Терезелердің энергия тиімділігінің жоғары талаптарын енгізудің экономикалық әсері келесі факторлар есебінен энергия тұтынудың төмендеуіне қол жеткізіледі: Терезе блоктарының жылу қарсылығын арттыру және жылу шығынын азайту; Ауа өткізгіштік коэффициентін арттыру, нәтижесінде терезе саңылауларынан инфильтрация арқылы кіретін сыртқы ауаны жылытуға жұмсалатын энергия азаяды; Қызмет ету мерзімінің ұлғаюы және пайдалану шығындарының болмауы.

Жылу энергиясы мен отынды үнемдеуді есептеу төменде келтірілген әдістеме бойынша жүргізіледі.

Терезелер арқылы жылу шығындарын өтеуге жұмсалатын жылу энергиясын анықтау, Гкал

$$Q = Q_{от} + Q_{и} \quad (12)$$

Жылу шығындарын өтеуге жұмсалатын негізгі жылдық жылу энергиясы, Гкал:

$$Q_{от} = F_o / R_t \cdot (t_{вн} - t_n) \cdot n \cdot T_{от} \cdot 10^{-6} \quad (13)$$

мұнда: F_o – терезе саңылауларының ауданы, м²; R_t – терезе саңылауларының қоршаушы құрылымдарының жылу өткізгіштікке қарсылығы, м²·°C/Вт; $t_{вн}$, t_n – ішкі және сыртқы ауаның есептік температурасы, °C; n – терезе құрылымдарының сыртқы ауамен

байланысын ескеретін коэффициент; $T_{от}$ – жылыту маусымының ұзақтығы, тәулік.

Инфильтрация арқылы келетін сыртқы ауаны жылытуға жұмсалатын қосымша жылдық жылу энергиясы, Гкал:

$$Q_{и} = 0,24 \cdot A \cdot G \cdot F_o \cdot (t_{вн} - t_{н}) \cdot T_{от} \cdot 10^{-6} \quad (14)$$

мұнда: A – қарсы жылу ағынының әсерін ескеретін коэффициент, терезелер мен балкон есіктері үшін: бөлек жақтаулары бар терезелерде $A=0,8$; жұптасқан жақтаулары бар терезелерде $A = 1,0$; F_o – терезе саңылауларының қоршау құрылымдарының ауданы, m^2 ; $t_{вн}$, $t_{н}$ – ішкі және сыртқы ауаның есептік температуралары, $^{\circ}C$; $T_{от}$ – жылыту кезеңінің ұзақтығы, тәулік; G – тұрғын және қоғамдық ғимараттарға инфильтрация арқылы енетін ауаның мөлшері, $kg/(m^2 \cdot сағ)$

$$G = \Delta P / R_{и} \quad (15)$$

мұнда: $R_{и}$ – терезе блоктарының ауа өткізгіштікке қарсылығы, $m^2 \cdot сағ \cdot Па / кг$; ΔP – терезенің ішкі және сыртқы беттері арасындағы ауа қысымының айырмашылығы, Па.

Ауа қысымының айырмашылығы келесі формуламен анықталды:

$$\Delta P = 0,55 \cdot H \cdot (p_{н} - p_{в}) + 0,03 \cdot p_{н} \cdot V_{ср}^2 \quad (16)$$

мұнда: H – ғимараттың жер бетінен карниздің жоғарғы бөлігіне дейінгі биіктігі, м; $V_{ср}^2$ – қаңтардың румбалар бойынша ең жоғары орташа жел жылдамдығы, м/с; $p_{н}$, $p_{в}$ – сыртқы және ішкі ауаның меншікті салмағы, H/m^3 .

Энергия тиімді терезе блоктарын енгізудің жылдық жылу үнемдеу мөлшері, Гкал:

$$\Delta Q = Q_{сущ} - Q_{зам} \quad (17)$$

мұнда: $Q_{сущ}$ – ауыстыруға жататын қолданыстағы терезе құрылымдарының жылдық жылу шығыны, Гкал; $Q_{зам}$ – жаңа, энергия тиімді терезе құрылымдарының жылдық жылу шығыны, Гкал.

Жылу энергиясын тұтынудың төмендеуінен отын үнемдеу шартты отын тоннасында (бұдан әрі – ш.о.т.) мына формула бойынша анықталды:

$$\Delta \mathcal{E}_T = \Delta Q \cdot (1 + k_{пот}/100) \cdot b_{тэ} \cdot 10^{-3} \quad (18)$$

мұнда: ΔQ – ғимараттың қоршаушы құрылымдары арқылы жылу шығынын азайту нәтижесінде үнемделген жылу энергиясы, Гкал; $b_{тэ}$ – жылу энергиясын өндіруге жұмсалатын меншікті отын шығыны ($200 \text{ кг ш.о.т./Гкал}$); $k_{пот}^{тэ}$ – қолданыстағы жылу желілеріндегі жылу шығыны коэффициенті.

Инвестициялық шығындардың жалпы сомасын есептеу, мың теңге:

$$K = C_m + 0,1 \times C_{смп} + 0,5 \times C_m \quad (19)$$

мұнда: K – жалпы капиталдық салымдар, мың теңге; C_m – материалдардың құны, мың теңге; $C_{смп}$ – құрылыс-монтаж жұмыстарының құны (материал құнының 50%-ы; жобалау жұмыстарының құны құрылыс-монтаж жұмыстарының 10%-ы деп қабылданды).

Энергия тиімділігі шарасының өзін-өзі өтеу мерзімін есептеу, жыл:

$$T_{ок} = K / (\Delta \mathcal{E}_T \cdot C_{топл}) \quad (20)$$

мұнда: $\Delta \mathcal{E}_T$ – энергия тиімділігін арттыру арқылы үнемделген отын мөлшері, ш.о.т.; $C_{топл}$ – 1 ш.о.т. құны, мың теңге.

Бұл есептеулер терезе құрылымдарының энергия тиімділігін арттыру арқылы жылу энергиясын үнемдеудің нақты экономикалық әсерін анықтауға мүмкіндік береді.

Зерттеу нысаны. Шартты ғимарат ретінде Астана қаласында 1968 жылы салынған типтік «Хрущев» ғимараты деп аталып кеткен 5-қабатты тұрғын үйдің көлемді-жоспарлау шешімі өзгеріссіз қабылданды. Есептеуге қажетті мәндер 2015 жылда қолданыста болған нормативтік құжаттарға сай қабылданды (ҚР ҚН 2.04-21-2004).

Климаттық деректер: Астана қаласының сыртқы ауаның есептік температурасы $-35^{\circ}C$;

желдің орташа жылдамдығы – 5,9 м/с; сыртқы ауаның орташа температурасы –8,1 °С; жылыту кезеңінің ұзақтығы – 216 күн; ішкі ауаның орташа температурасы +21 °С.

Нысанның жалпы деректері және геометриялық параметрлері: ғимараттағы қабаттар саны – 5; ғимараттың бағдарлары – шығыс-батыс; ғимараттағы пәтерлер саны – 90; ғимараттың жылытылатын бөлігінің құрылыс көлемі – 12215 м³; пәтерлердің жалпы ауданы – 4887 м²; жазғы үй-жайлары жоқ пәтерлердің ауданы – 4797 м²; ғимараттың пәтерлеріндегі тұрғын бөлмелердің ауданы – 3039 м²; ас үйдің еден ауданы 1848 м²; сыртқы қабырғалар ауданы – 2302 м², жертөле жабыны ауданы – 1209 м², жаппа ауданы – 1209 м², сыртқы есіктер: ауданы – 12 м², пәтерлердің терезе беттерінің ауданы – 616 м², оның ішінде асүйлердегі терезелердің ауданы – 463 м²; баспалдақ-лифт тораб терезелерінің ауданы – 40,3 м², тұрғындардың есептік саны 270 адам; ғимараттың биіктігі – 14 м; қабаттың биіктігі – 2,5 м; термостатсыз және кіріске авторегуляциясыз жүйе – 0,5. Пәтерлердің терезелері мен әртүрлі бағыттағы кіріктірілген тұрғын емес қабат беттерінің ауданы: солтүстік пен оңтүстікке – 17 м²; шығысқа – 286,6 м²; батысқа – 295,2 м². Әртүрлі бағыттағы терезелер үшін күн радиациясының қарқындылығы: солтүстікке – 248 кВт·сағ/м²; шығысқа және батысқа – 406 кВт·сағ/м²; оңтүстікке – 687 кВт·сағ/м².

Ғимараттың сыртқы қоршау құрылымдарының жылу техникалық деректері: сыртқы қабырғалардың берілген жылу беру кедергісі – 0,66 м²·°С/Вт; жертөле жабыны үшін – 1,69 м²·°С/Вт; жаппа – 1,63 м²·°С/Вт; сыртқы есіктер – 0,42 м²·°С/Вт, $\tau = 0,7$, $k = 0,6$; терезелердің ауа өткізуге кедергісі – 0,1 м² · сағ / кг, $k = 0,62$, $\tau = 0,75$.

Қаралып отырған тұрғын үйді жылыту кезеңінде жылытуға және желдетуге жұмсалатын жылу энергиясының нормаланатын (базалық) үлестік сипаттамасы талапқа сәйкес $q_{\text{нreq}} = 0,359 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ немесе 135,4 кВт·сағ/м² аспауы тиіс.

Астана қаласы үшін жылыту кезеңінің градус-тәулік шамасы:

$$Q_{\text{tr}}^y = 0,024 D d \sum_i \frac{1}{R} A_i n = 908817,6 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$$

Жарық өткізгіш құрылымдардың жылу сипаттамаларын бағалау және талдау нәтижелерін толыққанды салыстыру мақсатында бастапқы деректер, климаттық және геометриялық параметрлер жоғарыда көрсетілгендей, ал жарық өткізгіш құрылымдардың түрлері мен жылу параметрлері төменде көрсетілгендей қабылданды:

1) Қазіргі кезде елімізде негізгі тұрғын үй қорын құрайтын өткен ғасырда салынған, күрделі жөндеуден өтпеген ескі ғимараттардың жарық өткізгіш құрылымдарын заманауи энергетикалық тиімді жарықөткізгіш құрылымдармен ауыстыру әсерін анықтау (1 мен 2-нұсқалар).

2) Жаңадан жобаланатын және салынатын ғимараттардың жарық өткізгіш құрылымдарының орнына заманауи энергетикалық тиімді жарық өткізгіш құрылымдарын қабылдау әсерін анықтау.

Осы мақсаттарға жету үшін есептеу кезінде келесідей талаптар мен нұсқалар қабылданды:

1-нұсқа (тұрғын үй қорын құрайтын күрделі жөндеуден өтпеген ғимараттарға арналған қолданыстағы шешім). Бұл нұсқада бағалау және талдау үшін сыртқы қабырғалардың, жабындар мен жаппалардың жылу техникалық көрсеткіштері 2000 жылдарға дейін қолданыста болған кеңес дәуірінің нормативтік мәндеріне сай қабылданды. Ескі ғимараттарға орнатылған, қазіргі талаптарға сай келмейтін жарық өткізгіш құрылымдардың есептеу кезінде қабылданған сипаттамалары: $R_F = 0,42 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; $k = 0,6$; $\tau = 0,7$.

2-нұсқа (ұсынылған шешім). Бұл нұсқада сыртқы қабырғалардың, жабындар мен жаппалардың жылу техникалық көрсеткіштері 1-нұсқадағыдай қабылданып, тек

жарықөткізгіш құрылымдарды ауыстырумен шектелді. Ескі ғимараттарға орнатылған, қазіргі талаптарға сай келмейтін жарық өткізгіш құрылымдардың орнына қайта орнатуға ұсынылған заманауи энергия тиімді жарықөткізгіш құрылымдардың жылутехникалық талабына сай қабылданған сипаттамалары: $R_F = 1,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; $k = 0,68$; $\tau = 0,8$.

3-нұсқа (жаңадан жобаланып салынатын ғимараттарға арналған қолданыстағы шешім). Бұл нұсқада сыртқы қабырғалардың, жабындар мен жаппалардың жылутехникалық көрсеткіштері есеп жүргізілген 2015 жылғы нормативтік мәндерге сай қабылданды. Шартты ғимараттың жарықөткізгіш құрылымдарының есептеу кезінде қабылданған сипаттамалары: $R_F = 0,62 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, $k = 0,48$; $\tau = 0,8$.

4-нұсқа (ұсынылған шешім). Бұл нұсқада сыртқы қабырғалардың, жабындар мен жаппалардың берілген жылу беру кедергісілері 3-нұсқадағыдай қабылданды. Жаңадан жобаланып салынатын ғимараттарға ұсынылған заманауи энергия тиімді жарықөткізгіш құрылымдардың күшейтілген жылутехникалық талабына сай қабылданған жылутехникалық сипаттамалары: $R_F = 1,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; $k = 0,68$; $\tau = 0,8$.

Нәтижелер және оларды талқылау. Шартты тұрғын үйдің энергия тиімділігін бағалау және талдау үшін жылыту мен желдетуге арналған жылу тұтынудың нақты көрсеткіші жоғарыда көрсетілген әдістеме бойынша орындалып нәтижелері мен талқылау төменде көрсетілді.

1-нұсқа бойынша. Жылыту кезеңінде сыртқы қоршау құрылымдары арқылы ғимараттың жылу шығыны:

$$Q_{\text{тр}}^y = 0,024D \sum_i \frac{1}{R} A_i n = 908817,6 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}.$$

Ескі терезелердің ауа өткізуге кедергісі:

$$R_{a.F} = 0,57 \cdot \left(\frac{1}{10}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,1 \text{ м}^2 \cdot \text{сағ}/\text{кг}.$$

$t_{ht} = -8,1^\circ\text{C}$ және $v = 5,9 \text{ м}/\text{с}$ кезінде бір пәтер үшін жабық терезелердегі пәтердегі инфильтрацияның минималды қажетті мөлшері $G_{\text{загр.кв}} = 175 \text{ кг}/\text{сағ}$:

$$G_{inf}^{\text{мин}} = 3,6A_{r \text{ ср}} + G_{\text{загр.кв}} \beta_{Fi} \left(\frac{A_{F.kyx}}{A_{F.кв}}\right) = 300,7 \text{ кг}/\text{сағ}.$$

$$3 \text{ м}/\text{с} \text{ және } G_i^{\text{мин}}/G_{\text{загр.кв}} \cdot \beta_H \text{ болған кезде} = 1,3 \text{ м}^2 \cdot \text{сағ}/\text{кг}.$$

Бір пәтердің терезелері арқылы инфильтрацияның орташа мәні (ғимарат бойынша):

$$G_{inf \text{ кв}} = G_{\text{загр кв}} \beta_{Fi} \beta_H = 309,8 \text{ кг}/\text{сағ}$$

$$G_{inf \text{ ллу}} = 93 \text{ кг} / \text{сағ кезінде } A_{F.ллу} = 1,7 \text{ м}^2.$$

Тұрғын ғимараттағы ауа ағыны:

$$G_{inf} = G_{inf.кв} K_{кв} + (0,57 - 0,00172 t_{ht}) G_{inf.ллу} (N - 1) N' = 29461,4 \text{ кг} \cdot \text{сағ}$$

Пәтерлердегі ауаның қажетті ауа алмасуымен салыстырғанда қосымша инфильтрациясын ескеретін коэффициент:

$$k_v = \frac{G_{inf}}{3,6A_{r \text{ ср}} K_{кв}} = \frac{G_{inf}}{3,6A_r} = 2,7$$

Жылыту кезеңіндегі инфильтрацияны ескергендегі желдету ауа алмасуы есебінен ғимараттың жылу шығыны:

$$Q_{inf}^y = 6,7 \cdot 10^{-3} (L_v K_v + L_{v.o}) c_v P_a^{ht} D_a = 1306063 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$$

Тұрмыстық жылу ағындарының үлестік шамасын ескере отырып, тұрмыстық жылу бөлу ($q_{int} = 17 \text{ Вт}/\text{м}^2$ кезінде):

$$Q_{inf}^y = 0,024q_{inf}Z_{inf}A_r = 267821 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$$

Ескі терезелер арқылы күн радиациясынан жылу түсуінің үлестік сипаттамасы:

$$Q_5^y = \tau_F k_F \sum_{k=1}^8 A_{F,KB} I_k = 109717,8 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$$

Жылыту кезеңіндегі ғимаратты жылытуға және желдетуге арналған жылу энергиясының мөлшері тек орталық жылу торабында жылу беруді автоматты реттеу болған кезде ($\zeta = 0,5$):

$$Q_h^y = [Q_{tr}^y + Q_{inf}^y - (Q_{int}^y + Q_5^y)v\zeta]\beta_h = 2321502,1 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$$

Ескі терезелері бар шартты тұрғын үйді жылытуға және желдетуге жылу энергиясының мөлшерін есептеу нәтижесінде жылу энергиясының меншікті шығыны тең болады:

$$q_h^y = \frac{Q_h^y}{A_h} = 483,9 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}/\text{м}^2$$

Демек, ескі терезелері бар және күрделі жөндеуден өтпеген шартты тұрғын үй энергия үнемдеу талаптарына сәйкес келмейді.

2-нұсқа бойынша: Бұл нұсқада сыртқы қабырғалардың, жабындар мен жаппалардың берілген жылу беру кедергісі 1-нұсқадаға сай. Шартты ғимараттың ескі жарықөткізгіш құрылымдарын заманауи энергия тиімді жарықөткізгіш құрылымдарға ауыстыру іс-шараларын орындау кезінде, желдету және орнату режимінде ашуға мүмкіндік беретін айналмалы-жиналмалы механизмін ескеру қажет.

Бұл ретте жылыту кезеңінде сыртқы қоршау құрылымдары арқылы ғимараттың жылу шығыны:

$$Q_{tr}^y = 0,024D_d \sum_i \frac{1}{R_i} A_i n = 669754,9 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}.$$

Ғимараттың ескі терезелерін ауыстыру есебінен сыртқы қоршау құрылымдары арқылы жылу шығынын азайту 239062,6 кВт·сағ немесе 26,3% құрайды.

Жылыту кезеңіндегі инфильтрацияны ескере отырып, желдету ауа алмасуы есебінен ғимараттың жылу шығыны.

Баспалдақ-лифт торабының терезелері мен кіреберіс есіктеріндегі сыртқы және ішкі ауа қысымының есептік айырмасы:

$$\Delta P_{ФЛЛУ} = 0,28H(\gamma_{ht} - \gamma_{int}) + 0,03\gamma_{ht}v^2 = 19,1 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{ed} = 0,55H(\gamma_{ht} - \gamma_{int}) + 0,03\gamma_{ht}v^2 = 24,3 \text{ Па}.$$

Тұрғын үй алаңының м^2 үшін 3,6 кг/сағ ауа алмасу нормасын қабылдай отырып, ғимараттың пәтерлерінде қажетті ауа алмасуы:

$$G_{inf,KB} = 10940,4 \text{ кг/сағ}.$$

Пәтерлердегі ауа алмасумен салыстырғанда ғимараттағы ауаның қосымша инфильтрациясын ескеретін кв коэффициенті:

$$k_v = \frac{G_{inf}}{3,6A_r \text{ ср} K_{KB}} = \frac{G_{inf}}{3,6A_r} = 1,0$$

Жылыту кезеңіндегі инфильтрацияны ескере отырып, желдету ауа алмасуы есебінен ғимараттың жылу шығыны:

$$Q_{inf}^y = 6,7 \cdot 10^{-3} G_{inf,KB} k_v c_v D_d = 485002,6 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}.$$

Сәйкесінше, шартты ғимараттың ескі жарықөткізгіш құрылымдарын заманауи энергия тиімді жарықөткізгіш құрылымдарға ауыстыру іс-шараларын орындау (инфильтрацияны

ескере отырып) желдету жылу шығынын 821060,4 кВт·сағ азайтады немесе пайыздық тұрғыда алғанда үнемдеу 62,9 % құрайды.

Тұрмыстық жылу ағындарының үлестік шамасын ескере отырып, тұрмыстық жылу бөлу:

$$Q_{inf}^y = 0,024q_{int}z_{int}A_r = 267821 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}.$$

Күн радиациясынан жылу қабылдау:

$$Q_5^y = \tau_F k_F \sum_{k=1}^8 A_{F.kB} I_k = 128358 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}.$$

Сандық тұрғыдан алғанда, заманауи энергия тиімді терезелер арқылы күн радиациясынан жылу түсуін ескергендегі үнемдеу 18640,2 кВт / сағ немесе 14,5% құрайды.

Жылыту кезеңінде ғимаратты жылытуға және желдетуге жұмсалған жылу энергиясының мөлшері:

$$Q_h^y = [Q_{tr}^y + Q_{inf}^y - (Q_{int}^y + Q_5^y)v\zeta]\beta_h = 1114611,1 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}.$$

Сандық тұрғыдан алғанда, жылыту кезеңінде жылытуға және желдетуге жұмсалған жылу энергиясының мөлшері 1206891 кВт / сағ немесе 52% - ға азаяды.

Ескі ғимараттарға орнатылған, қазіргі талаптарға сай келмейтін жарық өткізгіш құрылымдардың орнына заманауи энергия тиімді жарықөткізгіш құрылымдарды орнатқан кездегі шартты ғимараттың жылу энергиясының нақты есептік шығыны:

$$q_h^y = \frac{Q_h^y}{A_k} = 232,4 \text{ кВт} \cdot \text{сағ} / \text{м}^2.$$

Демек, жылыту кезеңінде ескі ғимараттардың жарық өткізгіш құрылымдарын заманауи энергетикалық тиімді жарықөткізгіш құрылымдармен ауыстыру шартты тұрғын үйді жылытуға және желдетуге арналған жылу энергиясының нақты есептік шығынын 251,6 кВт·сағ/м² немесе 2 есе азайтуға мүмкіндік береді.

Ескерту: қарастырылып отырған тұрғын үйдің энергия тиімділігінің жоғары деңгейіне қол жеткізу үшін кешенді тәсіл қажет (мысалы: едендерді, қабырғаларды, шатырды оқшаулау және жылу тұтынуды реттеудің автоматтандырылған жүйелерін орнату, т.б.).

Ескі ғимараттарға орнатылған қолданыстағы талаптарға сай келмейтін жарық өткізгіш құрылымдарды заманауи энергия тиімді жарық өткізгіш құрылымдарға ауыстыру бойынша іс-шараның өтелу мерзімін анықтау (1-2 нұсқалар).

Энергия тиімді терезелер өндірісінің жалпы бағасы нарықтың барлық қатысушылары арасында бәсекелестік процесінде қалыптасады. Жоғарыда көрсетілген әдістеме арқылы терезелерді энергия тиімді нұсқаға ауыстыруға кететін іс-шараның өтелу мерзімін есептеу үшін инвестициялар мен отынның құнын білу керек.

Ескі үйлерге қойылған тиімсіз терезелер қойылған ($R_f=0,42 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, $R_a=0,1 \text{ м}^2 \cdot \text{сағ} \cdot \text{Па} / \text{кг}$; $t_{ht} = -8,1 \text{ °C}$ және $\gamma = 5,9 \text{ м} / \text{с}$ болған жағдайда) шартты тұрғын үйдің жылу энергиясын тұтынуы $Q_{tr} = 550 \text{ Гкал}$ және инфильтрация арқылы келетін сыртқы ауаны жылытуға жұмсалатын жылу энергиясының шығыны $Q_{inf} = 1320 \text{ Гкал}$. Тиісінше, 1-нұсқада шартты тұрғын үйдің жылу шығындарын өтеу үшін жылу энергиясын тұтыну $Q_{\Sigma} = 550 + 1320 = 1870 \text{ Гкал}$.

Осы үйге $R_f = 1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ тең келетін заманауи энергия тиімді терезелер қойған кездегі жылу энергиясының шығыны $Q_{tr} = 231 \text{ Гкал}$. Энергия тиімді терезе $R_a = 0,8 \div 0,9 \text{ м}^2 \cdot \text{сағ} \cdot \text{Па} / \text{кг}$ болғанда инфильтрация арқылы келетін сыртқы ауаны жылытуға жұмсалатын жылу энергиясының шығыны $Q_{inf} = 147 \text{ Гкал}$. Тиісінше, 2-нұсқада энергия тиімді терезелер қойылған шартты тұрғын үйдің жылу шығындарын өтеу үшін жылу энергиясын тұтыну $Q_{\Sigma} = 231 + 147 = 378 \text{ Гкал}$.

Осылайша, шартты тұрғын үйдің жылу энергиясын жылдық үнемдеу энергия тиімді

терезелер қолданған кезде $\Delta Q_{тз} = 1870-378 = 1492$ Гкал құрайды.

Жылу энергиясын тұтынудың төмендеуінен отын үнемдеу ($k_{пот}^{тз}=1,5$ және $b_{тз} = 200$ кг ш.о./Гкал) $\Delta \dot{Q}_t = 303$ ш.о.т.

Отынның негізгі түрі тас көмірдің тоннасы есеп жүргізілген 2015 жылғы баға бойынша 6741 теңге және энергия тиімді терезелердің орташа құны 14742555 теңге, терезе өндірушілер берген 15% жеңілдікпен 13441123 теңге деп қабылданды. Шартты тұрғын үйде заманауи энергия тиімді жарық өткізгіш құрылымдарын ауыстырудың қарапайым өтелу мерзімі $T_{ок} = K / (\Delta \dot{Q}_t \cdot C_{отын}) = 11,2$ жылға тең болады (15% жеңілдікпен – 10,2 жыл). Осы ретте көмірдің құны 50% қымбаттауы мүмкіндігін болжамдай отырып (<https://informburo.kz>) өтелу мерзімінің қысқаруын $T_{ок} = 5$ жыл деп күтуге болады.

Жоғарыда жүргізілген техникалық-экономикалық есептеу нәтижелері бойынша салынған инвестициялардың өтелу мерзімі 5÷11 жылды құрайды.

3-нұсқа (қолданыстағы шешім) бойынша.

Бұл нұсқада ғимараттың сыртқы қоршау құрылымдарының берілген жылу беру кедергілері есеп жүргізілген кездегі нормативтік мәндерге сәйкес келесідей қабылданды: сыртқы қабырғалар үшін – $R_w = 3,6$ м²·°C/Вт; терезелер мен есіктер үшін $R_F = 0,62$ м²·°C/Вт; жертөле жабыны үшін – $R_f = 4,7$ м²·°C/Вт; жабын үшін – $R_c = 5,3$ м²·°C/Вт. Жылу беру-термостаттары бар пәтердің көлденең сымдары.

Бұл ретте жылыту кезеңінде сыртқы қоршау құрылымдары арқылы кететін ғимараттың жылу шығыны:

$$Q_{tr}^y = 0,024 D_d \sum_i \frac{1}{R_i} A_i n = 303108,1 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}.$$

Жылыту кезеңіндегі инфильтрацияны ескере отырып, желдету ауа алмасуы есебінен ғимараттың жылу шығыны:

$$Q_{inf}^y = 6,7 \cdot 10^{-3} G_{inf.кв} k_v c_v D_d = 485002,6 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}.$$

Тұрмыстық жылу ағындарының үлестік шамасын ескере отырып, тұрмыстық жылу бөлу:

$$Q_{inf}^y = 0,024 q_{int} z_{int} A_r = 267821 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}.$$

Күн радиациясынан жылу қабылдау:

$$Q_5^y = \tau_F k_F \sum_{k=1}^8 A_{F.кв} I_k = 90605,7 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}.$$

Жылыту кезеңінде ғимаратты жылытуға және желдетуге жұмсалған жылу энергиясының мөлшері:

$$Q_h^y = [Q_{tr}^y + Q_{inf}^y - (Q_{int}^y + Q_5^y) \nu \zeta] \beta_h = 566547,4 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}.$$

Жаңадан жобаланып салынатын ғимараттарға 2015 жылғы нормативтік мәндерге сай (ҚРҰҚ 2012 жыл 8 желтоқсан №1117) қоршау құрылымдарын орнатқан кездегі шартты ғимараттың жылу энергиясының нақты есептік шығыны:

$$q_h^y = \frac{Q_h^y}{A_k} = 118,1 \text{ кВт} \cdot \text{сағ/м}^2.$$

4-нұсқа (ұсынылған шешім) бойынша: Бұл нұсқада сыртқы қабырғалардың, жабындар мен жаппалардың берілген жылу беру кедергісілері 3-нұсқаға сай. Шартты ғимаратқа нормаланатын жарықөткізгіш құрылымдарының орнына заманауи энергия тиімді жарықөткізгіш құрылымдарын қабылдаған кезде жылыту кезеңінде сыртқы қоршау құрылымдары арқылы ғимараттың жылу шығыны:

$$Q_{tr}^y = 0,024 D_d \sum_i \frac{1}{R_i} A_i n = 242454,9 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}.$$

Желдету жылу шығыны терезе саңылауларының төмен тығыздығымен сипатталып, 485002,6 кВт·сағ. қабылданды

Тұрмыстық жылу ағындарының үлестік шамасын ескере отырып, тұрмыстық жылу бөлу:

$$Q_{inf}^y = 0,024 q_{int} z_{int} A_r = 267821 \text{ кВт} \cdot \text{сағ.}$$

Күн радиациясынан жылу қабылдау:

$$Q_5^y = \tau_F k_F \sum_{k=1}^8 A_F I_k = 128358 \text{ кВт} \cdot \text{сағ.}$$

Сандық тұрғыдан алғанда, күн радиациясынан жылу беру есебінен үнемдеу 37752,4 кВт·сағ немесе 29,4% құрайды.

Жылыту кезеңінде ғимаратты жылытуға және желдетуге жұмсалған жылу энергиясының мөлшері:

$$Q_h^y = [Q_{tr}^y + Q_{inf}^y - (Q_{int}^y + Q_5^y) v \zeta] \beta_h = 498009,3 \text{ кВт} \cdot \text{сағ.}$$

Сандық тұрғыдан алғанда, жылыту кезеңінде ғимаратты жылытуға және желдетуге жұмсалған жылу энергиясының мөлшері 68538,1 кВт / сағ немесе 12% - ға азаяды.

Қазіргі заманғы энергия тиімді терезелерге көшкен кезде жылу энергиясының нақты есептік шығыны:

$$q_h^y = \frac{Q_h^y}{A_k} = 103,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2.$$

Сандық тұрғыдан алғанда, қазіргі заманғы энергия тиімді терезелерге көшу есебінен шартты тұрғын үйдің жылыту кезеңінде жылытуға және желдетуге арналған жылу энергиясының нақты есептік шығыны 14,3 кВт·сағ/м² немесе 12% - ға азаяды.

Ескерту: энергияны үнемдейтін терезелерде микро желдетілетін терезе жабдықтары болған кезде және ғимаратта жылу тұтынуды реттеудің автоматтандырылған жүйелерін орнатқан кезде үлкен үнемдеуге қол жеткізуге болады. Әйтпесе, пәтерлердегі тұрғындар терезелерді үнемі ашық ұстайды және пәтерлердегі температураны 18÷21°C орнына 24÷27°C шегінде ұстау қажет болады.

Жаңадан жобаланатын әрі салынатын ғимараттардың нормативті жарық өткізгіш құрылымдарының орнына заманауи энергия тиімді жарық өткізгіш құрылымдарға көшіру бойынша іс-шараның өтелу мерзімін анықтау (3-4 нұсқалар).

Нормативтік талаптарға сәйкес келетін ($R_r = 0,62 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$) терезе қойылған шартты тұрғын үйдің жылу энергиясын тұтынуы $Q_{tr} = 372 \text{ Гкал}$. Қазіргі уақытта $R_a = 0,2 \text{ м}^2 \cdot \text{сағ} \cdot \text{Па} / \text{кг}$ болған жағдайда инфильтрация арқылы түсетін сыртқы ауаны жылытуға жұмсалатын жылу энергиясының шығыны $Q_{inf} = 660 \text{ Гкал}$ құрайды.

Тиісінше, 3-нұсқада шартты тұрғын үйдің жылу шығындарын өтеу үшін жылу энергиясын тұтыну $Q_{tr} = 1032 \text{ Гкал}$.

Қазіргі заманғы энергия тиімді терезелерге көшкен кезде жылу энергиясының шығыны $Q_{tr} = 231 + 147 = 378 \text{ Гкал}$ (жоғарыдан қараңыз). Осылайша, энергия тиімді терезе енгізуден шартты тұрғын үйдің жылу энергиясын жылдық үнемдеуі 654 Гкал құрайды.

Жылу энергиясын тұтынудың төмендеуінен отын үнемдеу $\Delta \text{Эт} = 133 \text{ ш.о.т.}$

Энергия тиімді терезелерге көшу кезінде энергия тиімді терезелер құнының айырмасы ескерілді, олар есеп жүргізілген кездегі бағаларға сәйкес 2531996 теңгені құрады (15 %-ға жеңілдікті ескерсек – 2288690 теңге) деп қабылданды. Терезелердің құны терезе өндірушілерінің прайс-парақтары бойынша анықталды. Айта кететін болсақ энергия тиімді терезелер өндірісінің бағасы нарықтың барлық қатысушылары арасында бәсекелестік процесінде қалыптастырылады.

Қазақстанның жылу өндірісінде көмір стратегиялық тауар болып табылады. Тас көмірдің құны тоннасына 6741 теңге болған кезде және қазіргі заманғы энергия тиімді терезелерге көшкен кезде шартты тұрғын үйдің мысалында қарапайым өтелу мерзімі:

$$T_{\text{ок}} = K / (\Delta \dot{Q}_t \cdot C_{\text{топл}}) = 2,8 \text{ жыл (15\% жеңілдікті ескергенде – 2,5 жыл)}.$$

Жанармай/көмір бағасының өсуімен, реттеуші шаралар аясында жылу тарифтері де көтерілетіні белгілі. Осылайша, көмірдің құны 50% қымбаттаған кезде, өтелу мерзімінің қысқаруын $T_{\text{ок}} = 1$ жыл деп күтуге болады.

Қорытынды. Қаралып отырған тұрғын үйді жылыту кезеңінде жылытуға және желдетуге жұмсалатын жылу энергиясының нормаланатын (базалық) үлестік сипаттамасы талапқа сәйкес $q_{\text{н}}^{\text{req}} = 0,359 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ немесе $135,4 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}/\text{м}^2$ аспауы тиіс (ҚРҰҚ 2012 жылғы 11 қыркүйектегі №1181).

Күрделі жөндеуден өтпеген және ескі терезелері бар шартты тұрғын үйді жылытуға және желдетуге жылу энергиясының мөлшерін есептеу нәтижесінде жылу энергиясының меншікті шығыны $483,9 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}/\text{м}^2$, демек энергия үнемдеу талаптарына мүлдем сәйкес келмейді (ҚРҰҚ 2012 жыл 8 желтоқсан №1117). Осы ғимараттарға орнатылған жарық өткізгіш құрылымдардың орнына заманауи энергия тиімді жарықөткізгіш құрылымдарды орнатқан кездегі шартты ғимараттың жылу энергиясының нақты есептік шығыны $483,9 - 232,4 = 251,5 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}/\text{м}^2$ немесе 2 еседей азаяды.

1 мен 2 нұсқалар бойынша жүргізілген техникалық-экономикалық есептеу нәтижелері ескі жарық өткізгіш құрылымдардың орнына заманауи энергия тиімді жарықөткізгіш құрылымдарды орнатуға салынатын инвестициялардың өтелу мерзімі 5÷11 жылды құрайтынын көрсетті.

Жаңадан жобаланып салынатын ғимараттарға 2015 жылғы нормативтік мәндерге сай қоршау құрылымдарын орнатқан кездегі шартты ғимараттың жылу энергиясының нақты есептік шығыны $118,1 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}/\text{м}^2$ құрады. Осы ғимартақа қойылған жарық өткізгіш құрылымдардың орнына заманауи энергия тиімді жарықөткізгіш құрылымдарды орнатқан кездегі шартты ғимараттың жылу энергиясының нақты есептік шығыны $103,8 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}/\text{м}^2$ құрайды. Сандық тұрғыдан алғанда, заманауи энергия тиімді терезелерге көшу есебінен шартты тұрғын үйдің жылытуға және желдетуге арналған жылу энергиясының нақты есептік шығыны $14,3 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}/\text{м}^2$ немесе 12% - ға азаяды.

Жоғарыда көрсетілген 3 пен 4 нұсқаларды ескере отырып жаңадан жобаланып салынатын ғимараттарға заманауи энергия тиімді жарықөткізгіш құрылымдарға көшу жөніндегі іс-шараларға салынған инвестициялардың өтелу мерзімісалыстырмалы есептеулер жүргізген кезде техникалық-экономикалық есептеу нәтижелері бойынша 1÷2,8 жылды құрады.

Жүргізілген техникалық-экономикалық есептеу нәтижелері ескі жарық өткізгіш құрылымдардың орнына заманауи энергия тиімді жарықөткізгіш құрылымдарды орнатуға салынатын инвестициялардың өтелу мерзімі 5÷11 жылды және жаңадан жобаланып салынатын ғимараттарға заманауи энергия тиімді жарықөткізгіш құрылымдарға көшу жөніндегі іс-шараларға салынған инвестициялардың өтелу мерзімі 1÷2,8 жылды құрайтынын көрсетті.

Мүдделер қақтығысы. Авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

Алғыс білдіру. Бұл мақала Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру шеңберінде (№BR2882278 гранты, Қазақстан Республикасының құрылыс, жол-құрылыс секторының аккредиттелген қызметтерінің толық циклін көрсету бойынша құрылыс-техникалық инжинирингтік орталық құру») жарыққа шығарылды.

Ғылыми мақаланы жазу процесінде генеративті ЖИ және оның көмегімен технологияны қолдану туралы хабарлама. Бұл жұмысты дайындау кезінде авторлар генеративті ЖИ көмегін аңдатпа жазуға қолданды.

Әдебиеттер тізімі

- Қазақстан Республикасының 2012 жылғы 13 қаңтардағы №541-IV «Энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру туралы» Заңы // Qazaqstan Respublikasynyn 2012 jylgy 13 qañtardagy №541-IV «Energiya ünemdw jáne energiya tiimdiligin arttırıu turaly» Zańy
- МЕМСТ 30494-2011 Тұрғын және қоғамдық ғимараттар. Үй-жайлардағы микроклимат параметрлері // МЕМСТ 30494-2011 Turgyn jáne qoǵamdyq ǵimarattar. Úı-jajlarday mikroklimat parametrleri
- Есенбабулов С.К. (2009). Энергоэффективные наружные стены с организованным воздухообменом. Диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата технических наук // Yesengabulov S.K. (2009). Energoeffektivnye naruzhnye steny s organizovannym vozdukhoobmenom. Dissertatsionnaya rabota na soiskanie uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk
- Есенбабулов С.К., Дәстенова Г.Д. (2024). Энергоэффективные наружные стены зданий с вентиляционными устройствами, утилизирующими уходящее трансмиссионное тепло. Монография // Yesengabulov S.K., Dastanova G.D. (2024). Energoeffektivnye naruzhnye steny zdaniy s ventilyatsionnymi ustroystvami, utiliziruyushchimi ukhodyashchee transmissyonnoe teplo. Monografiya
- Есенбабулов С.К., Жаркенов Е.Б., Қожахмет М.С., Нұрбаева М.Н., Джексембаева А.Е. (2024). Киіз үй тәрізді және шаршы пішіндес ғимараттардың энергия тиімділікке әсерін салыстырмалы талдау. Д. Серікбаев атындағы ШҚТУ хабаршысы, № 3 // Yesengabulov S.K., Zharkenov E.B., Kozhakhmet M.S., Nurbayeva M.N., Dzheksembaeva A.E. (2024). Kiiz úı tárizdi jáne sharshy pishindes ǵimarattardyń energiya tiimdilikke áserin salystyrmaly taldaw. D. Serikbaev atynday SHQTU khabarsysy, № 3
- Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2013 жылғы 29 тамыздағы № 904 қаулысы // Qazaqstan Respublikasynyn Úkimetiniń 2013 jylgy 29 tamyzday № 904 qaulysy
- Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2014 жылғы 28 маусымдағы № 728 қаулысы // Qazaqstan Respublikasynyn Úkimetiniń 2014 jylgy 28 mawsymday № 728 qaulysy
- Есенбабулов С.К. (2015). Справочник «Как правильно выбрать энергоэффективные окна». ПРООН // Yesengabulov S.K. (2015). Spravochnik «Kak pravil'no vybrat' energoeffektivnye okna». PROON
- ҚР ҚН 2.04-21-2004* Азаматтық ғимараттарды энергия тұтыну және жылудан қорғау // QR QN 2.04-21-2004* Azamattıq ǵimarattardy energiya tutynu jáne jyludan qorǵaw
- МҚЕ 24-01-2011 Ғимараттарды жылудан қорғау // MQE 24-01-2011 Ǵimarattardy jyludan qorǵaw
- АВОК. (2011). Руководство по расчету теплотребления эксплуатируемых жилых зданий // AVOK. (2011). Rukovodstvo po raschetu teploptrebleniya ekspluatiruyemykh zhilykh zdaniy
- Есенбабулов С.К., Қожахмет М.С., Сабитов Е.Е. (2024). Азаматтық ғимараттарды жылу-техникалық жобалау. Оқу құралы // Yesengabulov S.K., Kozhakhmet M.S., Sabitov E.E. (2024). Azamattıq ǵimarattardy jylu-tekhnikalıy jobalaw. Oqý quraly
- Белый А. (2015). Почему выгодно строительство энергоэффективных зданий. ПРООН/ГЭФ <https://informburo.kz/novosti/otpusknaya-cena-uglya-s-shaht-ne-izmenilas-na-rynke-ugol-za-god-podorozhal-na-19.html> // Bely A. (2015). Pochemu vygodno stroitel'stvo energoeffektivnykh zdaniy. PROON/GEF <https://informburo.kz/novosti/otpusknaya-cena-uglya-s-shaht-ne-izmenilas-na-rynke-ugol-za-god-podorozhal-na-19.html>
- Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2012 жылғы 8 желтоқсандағы № 1117 қаулысы // Qazaqstan Respublikasynyn Úkimetiniń 2012 jylgy 8 zheltoksandaghy № 1117 qaulysy
- Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2012 жылғы 11 қыркүйектегі № 1181 қаулысы // Qazaqstan Respublikasynyn Úkimetiniń 2012 jylgy 11 qyrkúiektedegi № 1181 qaulysy

Information about authors

Yessengabulov Serikbolat – candidate of technical sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, E-mail: serik-y@mail.ru, ORCID: 0000-0002-2281-8132, +7 777 529 41 18

Kozhakhmet Meiram Saginbaiuly – L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, E-mail: meiram_kms@mail.ru

Zharkenov Yerkebulan Berdenovich – PhD, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, E-mail: berdenovich@gmail.com

Abakanov Yeldos – L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, E-mail: eldos_abakanov@mail.ru

Zhankeldi Meir – student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, E-mail: meirzhankeldi@gmail.com