

Есенгабулов Серикболат Каденович¹

техникалық ғылымдарының кандидаты, PhD,
Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
yessengabulov_sk@enu.kz, ORCID ID: 0000-0002-2281-8132

Асхатова Дильназ Ериковна^{*2}

магистрант,
Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
askhatova.dilnaz@mail.ru, ORCID ID: 0009-0001-2166-2826

Базарбаев Данияр Омарович³

философия докторы (PhD), қауымдастырылған профессор,
Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
phdd84@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-8547-5440

Жаканов Алибек Нуржанович⁴

докторант,
Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
zhakanov888@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-8747-3788

Қожас Айгуль Кенжебековна⁵

техникалық ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор,
Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Астана,
kozhas@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-5039-9529

**АВТОКЛАВТЫ ГАЗОБЕТОНДЫ БЛОКТАРЫНЫҢ ЦИКЛДІК
АТМОСФЕРАЛЫҚ ӘСЕР ЕТУ КЕЗІНДЕГІ ПАЙДАЛАНУ ЖАҒДАЙЫНДА
ЖЫЛУ ТЕХНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ТАЛДАУ**

Аңдатпа. Бұл мақалада құрылыс материалдарының пайдалану жағдайындағы жылу техникалық көрсеткіштер мен ғимараттың энергия тиімділігіне ылғалдылық режимдерінің әсері қарастырылады. Ғимараттардың жылу техникалық есептерін жүргізу кезінде құрылыс материалдарының жылу өткізгіштік коэффициенті абсолютті құрғақ күйінде қабылданып, пайдалану жағдайындағы атмосфералық әсерлері ескерілмей жатады. Осыдан материалдар мен құрылымдардың пайдалану жағдайлары ескерелетін нақтырақ есептік әдістерін қолдану қажеттілігі туындайды. Мақаланың мақсаты газобетонды блоктардың жылу техникалық сипаттамаларын нақтырақ ескеретін пайдалану жағдайындағы, λ_A и λ_B (қалыпты және жоғары ылғалдылықта) жылу өткізгіштік коэффициенттерді қолдану болып табылады, бұл ғимараттардың есептік әдістерінің сенімділігін және энергия тиімділігін арттырады. Бұл жұмыста ғимараттарды жобалау кезеңіндегі жылу техникалық есептеулерде пайдалану жағдайындағы сыртқы әсерлерге ұшыраған құрылыс материалдарының есептік жылу өткізгіштік коэффициенттерін қолдану негізделеді. Циклдік атмосфералық әсер ету кезінде құрылыс материалдарының пайдалану жағдайындағы жылу техникалық сипаттамаларына талдау және есептеу жүргізілді, пайдалану жағдайындағы ылғалдылығының жеткіліксіз ескерілуінен туындаған материалдарды пайдалану кезіндегі болжамды мәселелер қарастырылды. Зерттеу нәтижелері жылу техникалық

есептеулерінде және ғимараттардың энергия тиімділігін арттыру әдістерін жетілдіруде қолданылуы мүмкін.

Кілт сөздер. ұсақ даналы қабырға материалдары, автоклавты газобетонды блок, атмосфералық әсер, ылғалдылық режимдері, пайдалану жағдайындағы ылғалдылық, жылу өткізгіштік коэффициенттері, жылу техникалық есеп.

Есенгабулов Серикболат Каденович¹

кандидат технических наук, PhD,

Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан,
yessengabulov_sk@enu.kz, ORCID ID: 0000-0002-2281-8132

Асхатова Дильназ Ериковна^{*2}

магистрант,

Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Казахстан, Астана,
askhatova.dilnaz@mail.ru, ORCID ID: 0009-0001-2166-2826

Базарбаев Данияр Омарович³

доктор философии (PhD), ассоциированный профессор,

Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан,
phdd84@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-8547-5440

Жаканов Алибек Нуржанович⁴

докторант,

Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан,
zhakanov888@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-8747-3788

Кожас Айгуль Кенжебековна⁵

кандидат технических наук, ассоциированный профессор,

Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан,
kozhas@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-5039-9529

**АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
АВТОКЛАВНЫХ ГАЗОБЕТОННЫХ БЛОКОВ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ
АТМОСФЕРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ**

Аннотация. В данной статье рассматривается влияние влажностных режимов на эксплуатационные теплотехнические характеристики строительных материалов и на энергоэффективность здания. В настоящее время при выполнении теплотехнического расчета зданий зачастую принимается расчетный коэффициент теплопроводности строительных материалов в абсолютно сухом состоянии, которое не учитывает атмосферные влияния во время эксплуатации. В связи с этим возникает необходимость перехода к более точным методам расчета, где учитывается эксплуатационное увлажнение материалов и конструкций. Целью данной статьи является учет коэффициентов теплопроводности λ_A и λ_B (при нормальной и повышенной влажности) для более точного расчета теплотехнических характеристик газобетонного блока, тем самым позволит повысить достоверность расчета и энергоэффективность здания. В этой работе при проектировании зданий по выполнению теплотехнических расчетов обоснована принятия расчетных коэффициентов теплопроводности строительных

материалов в эксплуатационных условиях, где они подверглись различным воздействиям извне. Проведен анализ и расчет эксплуатационных теплотехнических характеристик строительных материалов при циклическом атмосферном воздействии, рассмотрены возможные проблемы при использовании материалов, вызванные недостаточным учетом эксплуатационной влажности. Результаты исследования могут быть использованы при теплотехнических расчетах и совершенствования методик по повышению энергоэффективности зданий.

Ключевые слова: мелкоштучные стеновые материалы, автоклавный газобетонный блок, атмосферное воздействие, влажностные режимы, эксплуатационная влажность, коэффициенты теплопроводности, теплотехнический расчет.

Yessengabulov Serikbolat Kadenovich¹

candidate of engineering sciences, PhD,

L.N.Gumilyov Eurasia National University, Astana, Kazakhstan,
yessengabulov_sk@enu.kz, ORCID ID: 0000-0002-2281-8132

Askhatova Dilnaz Erikovna*²

master's student,

L.N.Gumilyov Eurasia National University, Astana, Kazakhstan,
askhatova.dilnaz@mail.ru, ORCID ID: 0009-0001-2166-2826

Bazarbayev Daniyar Omarovich³

doctor of Philosophy (PhD), associate professor,

L.N.Gumilyov Eurasia National University, Astana, Kazakhstan,
phdd84@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-8547-5440

Zhakanov Alibek Nurzhanovich⁴

doctoral student,

L.N.Gumilyov Eurasia National University, Astana, Kazakhstan,
zhakanov888@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-8747-3788

Kozhas Aigul Kenjebekovna⁵

candidate of engineering sciences, associate professor,

L.N.Gumilyov Eurasia National University, Astana, Kazakhstan,
kozhas@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-5039-9529

**ANALYSIS OF THE OPERATIONAL THERMAL PROPERTIES OF
AUTOCLAVED AERATED CONCRETE BLOCKS UNDER CYCLIC
ATMOSPHERIC EXPOSURE**

Abstract. This article examines the influence of humidity conditions on the operational thermal characteristics of building materials and on the energy efficiency of buildings. Currently, when performing thermal engineering calculations of buildings, the calculated coefficient of thermal conductivity of building materials in an absolutely dry state is often assumed, which does not take into account atmospheric influences during operation. In this regard, there is a need to switch to more accurate calculation methods, which take into account the operational moisture content of materials and structures. The purpose of this article is to take into account the thermal conductivity coefficients λ_A and λ_B (at normal and high humidity)

for a more accurate calculation of the thermal characteristics of the aerated concrete block, thereby increasing the reliability of the calculation and energy efficiency of the building. In this work, when designing buildings for performing thermal engineering calculations, the use of calculated thermal conductivity coefficients of building materials in operating conditions, where they were exposed to various external influences, is justified. The analysis and calculation of the operational thermal characteristics of building materials under cyclic atmospheric exposure is carried out, possible problems with the use of materials caused by insufficient consideration of operational humidity are considered. The results of the study can be used in thermal engineering calculations and improvement of methods for improving the energy efficiency of buildings.

Key words: small-piece wall materials, autoclaved aerated concrete block, atmospheric exposure, humidity conditions, operational humidity, thermal conductivity coefficients, thermal engineering calculation.

Кіріспе. Қазіргі уақытта сыртқы қоршау құрылымдарын құру үшін ең көп қолданылатын материалдардың бірі – ұсақ даналы қабырға материалдары болып табылады. Құрылыста өзінің жеңілдігі мен құрылыс жұмыстарын жеделдету мақсатында ұсақ даналы қабырға материалдарын кеңінен қолданылады. Қазақстанда ұсақ даналы қабырға материалдарының өндірісі белсенді дамып келеді.

Ұсақ даналы материалдардан жасалған қоршау құрылымдары пайдалану жағдайында тұрақты температура, ылғалдылық, атмосфералық қысым сияқты атмосфералық факторларға ұшырайды. Ғимараттардың энергия тиімділігін және жылу техникалық есептеулерде құрылыс материалдар мен бұйымдардың жылу өткізгіштігі – негізгі жылу техникалық көрсеткіш болып табылады [5].

Ұсақ бөлшектелген қабырға материалдарының құрылыс салынғаннан кейінгі пайдалану жағдайында артықшылықтарымен қатар бірқатар кемшіліктері де бар. Қыс мезгілінде, әсіресе қатал климаттық аймақтарда құрылыс материалдары мен бұйымдардың пайдалану жағдайындағы көрсеткіштері өзгеруі мүмкін. Бұл жағдайға көбінесе ұялы бетондар, яғни автоклавты газобетонды блоктар сияқты жоғары кеуекті материалдарға қатысты [1, 2, 3, 4].

Тәжирибе көрсеткендей, жобалаушылар ғимараттардың сыртқы қоршау құрылымдарының жылу техникалық көрсеткіштерін есептеуде негізінде жылуоқшаулағыш қабаттардың тек қалыңдығын анықтаумен шектеледі [6], құрылыс материалдары мен бұйымдарының абсолютті құрғақ күйіне сәйкес келетін λ_0 есептік жылу өткізгіштік коэффициентін қабылдайды. Бұл әдіс құрылыс материалдары мен құрылымдарына пайдалану жағдайында әсер ететін атмосфералық әсерлер, маусымдық ылғалдылықтың өзгеруі, құрылымдардың температуралық жылу өткізгіштік қосылыстар және т.б. факторлар ескерілмейді. Мемлекеттік нормативтік құжаттарда [7, 10] қоршау құрылымдарының жылу техникалық сипаттамаларын есептеу кезінде температура мен ылғалдылық жағдайларын ескеру маңыздылығы атап көрсетілгенімен, көп жағдайда ескерілмей жатады.

Материалдарды ылғалдылық әсерлерінен қорғау – құрылыстың өзекті мәселелердің бірі [8]. Құрылыс қоршау құрылымдарының шектен тыс ылғалдануы пайдалану жағдайындағы қасиеттеріне айтарлықтай кері әсер етеді, бұзылуына алып келеді. Біріншіден, жылуоқшаулау қасиеттері төмендейді, бұл құрылыс материалдарының ылғалдылық ұлғаюы кезінде жылу өткізгіштіктің жоғарлауымен тікелей байланысты. Ғимараттардың сыртқы қоршау құрылымдарының қабатында және ішкі бетінде ылғалдың жиналуы – құрылыс материалдарының таттануына, ылғалға және

аязға төзімділігінің азайуына, сонымен қатар, үй-жайлардың микроклиматының нашарлауына, аллергиялық аурулардың көзі болып табылатын зен саңырауқұлақтарының пайда болуына алып келеді. Сонымен қатар, қоршау құрылымдарының құрамындағы ылғалды құрылыс материалдары коррозияға, ылғалға және аязға төзімсіздігінен, биологиялық процесстерге байланысты тез бұзылып, құрылымдардың және жалпы ғимараттардың ұзақ мерзімділігін төмендетеді.

Қоршау құрылымдарының құрғақ күйіндегі жылу өткізгіштік коэффициентті қабылдау кезінде жылу техникалық есептеулерде мүмкін болатын кемшіліктер көрсетілген:

- ғимараттарды жобалау кезінде нақты пайдалану жағдайындағы құрылымдардың стационарлық және квазистационарлық жағдайларының айырмашылығы ескерілмейтін жылу техникалық есептеулердің сәйкес келмеуі;

- жылу өткізгіш қосындылары бар құрылымның қалыңдығындағы конденсаттың жиналуын ескерілмеуі;

- материалдың ылғалдануы кезінде жылу өткізгіштіктің жоғарлауынан қоршау құрылымдарының жылу оқшаулау көрсеткіштерінің төмендеуі;

- ғимараттардың ұзақ мерзімділігінің төмендеуі – циклдік атмосфералық әсерлер материалдың құрылымын бұзады.

Жоғарыда айтылған кемшіліктер ғимараттардың энергия тиімділігін төмендетіп, пайдалану жағдайында қоршау құрылымдары арқылы қосымша жылу шығынын көбейтіп, жүккөтергіш қасиетін төмендетіп, жалпы ғимараттардың ұзақ мерзімділігіне кері әсер етеді.

Мақалада [5] берілген зерттеуде D400 маркалы құрғақ күйіндегі газобетонның жылу өткізгіштігі суға қаныққан үлгілерден 3,5 есе төмен, ал суға қаныққан түрде мұздатылған үлгілерден 4,2 есе деген қорытындыға келгенін көруге болады. D500 маркалы газобетон үшін салыстырмалы көрсеткіштер 4 және 4,2, ал маркасы D600 үлгілер үшін – 3,3 және 3,5 есе төмен. Бұл материалдың ылғалдылығы мен жылу өткізгіштігі арасындағы тікелей байланысты растайды. Автоклавты газобетонды блоктың ылғалдылығы мен жылу өткізгіштігі арасындағы аналитикалық байланыс ғимараттарды жобалау кезінде пайдалану жағдайындағы ылғалдылықты ескеру қажеттілігін көрсетеді.

Осылайша, алдыңғы зерттеулер мен нормативтік құжаттар жылу техникалық есептеулер кезінде автоклавты газобетонды блоктың пайдалану жағдайындағы ылғалдануын ескеру қажеттілігін растайды. Бұл есептеулердің дәлдігін жоғарлатуға, есептік шешімдерді оңтайландыруға және Қазақстандағы ғимараттардың энергия тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Мақалада [1] жазық элементтер бойынша қабырғаның қалыңдығындағы кеуектердегі ылғалдың, температураның және ауаның салыстырмалы ылғалдың таралуына талдау жасалды. Бірақ, ылғалдың материалға барлық мүмкін әсерін толық ескеру және есепке алу үшін бұл жеткіліксіз. Есептеуде міндетті түрде сызықтық элементтер, яғни құрылыс материалдары, бұйымдары мен құрылымдарының арасындағы барлық жіктерді, қабырғалардың тірек қаңқа элементтерімен түйісу орындарын және нүктелік элементтер – жылу оқшаулағыштар мен витраждарды бекітуге қажет дюбельдерді, қасбеттің сыртқы әрлеуіне арналған кронштейндерді, арматуралық байланыстарды ескеру қажет [7,10].

Пайдалану жағдайында сыртқы қоршау құрылымдарының қадыңдығындағы құрылыс материалдары, әсіресе жылу оқшаулағыш және кеуекті құрылымдар су буының ауысуынан ылғалға ұшырайды. Ылғалдану, әдетте мүмкін конденсация аймақтарында, шық нүктесінің изотермасының қиылысуында және жылу өткізгіш қосындылар

аймақтарында орналасады, бұл жағдайды құрылымның жылу беру кедергісінің жергілікті төмендеуі байқалады. Бұл аймақтарда ылғалдың жиналуы материалдың жылу физикалық қасиеттерінің төмендеуіне, жылу беру шығындарының жоғарлауына және пайдалану жағдайындағы қоршау элементтерінің беріктігінің төмендеуіне алып келеді [2,3,4,6].

Жобалаушылар қоршау құрылымдарының жылу техникалық көрсеткіштерін анықтауда тек жазық элементтермен (негізгі құрылымдық қабаттар) шектеледі. Ал есептеулерде жылу өткізгіш қосындылар, яғни сызықтық және нүктелік элементтер ескерілмейді, бірақ бұл элементтерсіз ғимараттар салынбайды. Соның салдарынан, ғимараттарды пайдалану жағдайында пәтерлердің жайлылық жылу ауа температурасы 24 °С-тан жоғары болғанда ғана қамтамасыз етіледі (ал нормативті ауа температурасы 18-21°С). Мысалы, Астана қаласының климаттық аймағында ішкі температураның 1 °С-қа артық қызуы 4-5 % жылу шығынына алып келеді [10].

Материалдың жылу физикалық қасиеттерін анықтау – бұл материалға жылулық әсер беріп, оның ішінде жылу ағынын тудыру болып табылады. Екі түрлі әдіс болады: стационарлы және квацистационарлы (стационарлы емес) [9,11,12,13]. Стационарлы жағдай – ылғалдылық пен жылу ағыны уақыт бойынша өзгермейді, ішкі және сыртқы температура өзгеріссіз қалады. Есептеулерде тұрақты құрғақ күйіндегі жылу өткізгіштік коэффициент λ_0 қолданылады, бұл жағдайда жылу ағыны бір бағытта болады. Ал, квазистационарлық жағдай – температура мен ылғалдылықтың өзгерісі ескеріледі, ғимараттағы ішкі және сыртқы температура ауысып тұрады. Есептеулерде температура мен ылғалдылықты ескеретін ауыстырмалы жылу өткізгіштік коэффициенттер қолданылады, қалыпты λ_A және жоғары ылғалдылық λ_B кезінде. Квазистационарлық жағдайлар температура мен ылғалдылықтың өзгерісін ескеруге мүмкіндік береді, бұл ғимараттардың энергия тиімділігіне маңызды фактор болып табылады,

Қазіргі уақытта жобалау кезеңінде жылу өткізгіштік пен жылулық кедергіні анықтағанда МЕМСТ 7076 [11] сәйкес стационарлы жылу режимінде өлшеу әдісі қолданылады. Әдістің мәні – бір қалыңдықтағы жазық үлгі арқылы өтетін, беткі жақтарына перпендикуляр бағытталған стационарлы режимдегі жылу ағынын жасау, бұл жылу ағының тығыздығын анықтау. Дегенмен, бұл әдіс стационарлы емес жағдайда құрылыс материалдары мен бұйымдарының жылу өткізгіштіктің ылғалдың жиналуына байланысты өзгеруін, маусымдық және температуралық ауытқуларын ескермейді [11].

Газобетонды блоктың жылу өткізгіштігін анықтайтын тиімді әдісі – МЕМСТ 30256 сәйкес цилиндрлік зондтың көмегімен жылу өткізгіштікті анықтау әдісі [12].

Зерттеу материалдары мен әдістері. Пайдалану жағдайында (пайдалану жағдайындағы ылғалдылық w_3 , %), жылу техникалық сапа коэффициентін қолданып, құрылыс материалдары мен бұйымдарының мақсаты бойынша есептік жылу техникалық көрсеткіштері әдісі бойынша [13] жылу өткізгіштік λ_3 , Вт/(м×°С) 5,1 формула бойынша анықталады.

$$\lambda_3 = \lambda_0(1 + \eta \cdot w_3)$$

мұндағы, λ_0 – құрғақ күйдегі материалдың жылу өткізгіштік коэффициенті, Вт/(м×°С), МЕМСТ 7076 [11] әдісімен анықталды;

η – жылу техникалық сапа коэффициенті, 1/%;

w_3 – материалдың пайдалану ылғалдылығы, %.

Материалдар мен бұйымдардың А және Б пайдалану жағдайындағы жылу өткізгіштік (есептік жылу өткізгіштік) λ_A мен λ_B , Вт/(м×°С) құрылыс материалдары мен бұйымдарының есептік жылу техникалық көрсеткіштерін тағайындау әдістемесіне сәйкес анықталады [13].

Зерттеу барысында D500 тығыздығы автоклавты газобетонды блоктардан цилиндрлік үлгілер жасалды. Алты өндірушінің үлгілері диаметрі 100 мм, биіктігі 200 мм болатын цилиндрлік пішінді стандартты геомертриялық өлшемдерге сәйкес жасалды.

Үлгілер материалдарды пайдалану жағдайларына сәйкес келетін табиғи ылғалдылықта зертханалық сынақтан өтті. Сынақтар келесі кезеңдерді қамтитын [13] әдістемеге сәйкес жүргізілді: үлгілерді белгіленген ылғалдылық күйіне дейін дайындау, сондай-ақ жылу өткізгіштік коэффициентін өлшеу. Жылу өткізгіштігін анықтау үлгінің қалыңдығы арқылы жылу ағынының тығыздығы мен температура градиентін тіркеуді қамтамасыз ететін ИТП-МГ «Зонд» құралын (сурет 1) қолдану арқылы тәжірибелік жолмен жүзеге асырылды.

Материалдарды пайдалану талаптарына сәйкес үлгілер табиғи ылғалдылықта зертханалық сынақтардан өтті. Сынақтар әдіс [13] бойынша орындалды, келесі кезеңдері: берілген ылғалдылықта үлгілерді дайындау, жылу өткізгіштік коэффициентті анықтау. Жылу өткізгіштік коэффициенттер – жылу ағынының тығыздығын және үлгінің қалыңдығы арқылы температура градиентін ескеретін, ИТП-МГ «Зонд» (сурет 1) құрылғысын қолданатын әдіспен анықталды.



Сурет 1 – ИТП-МГ «Зонд»

Зерттеу барысында құрылыс материалдарының жылу сипаттамаларына және оларды анықтау әдістеріне қойылатын талаптарды ескеретін қолданыстағы нормативтік құжаттар қолданылды. Нормативтік құжаттардың негізгісі – әртүрлі пайдалану жағдайларында материалдардың жылу өткізгіштік коэффициентінің есептік және келтірілген мәндерінің нормаларын белгілейтін ҚР ЕЖ 2.04-107-2022 «Ғимараттардың жылу қорғанысы» [10] және зертханалық сынақ әдістемесін және нормаланған жағдайларда жылу өткізгіштік коэффициентін (λ) анықтау тәртібін реттейтін МЕМСТ 31359-2007 «Автоклавты қатайтылған ұялы бетондар. Техникалық шарттар» Мемлекетаралық стандарт [14].

ҚР ЕЖ 2.04-107-2022 [10], МЕМСТ 31359-2007 [14] бойынша қабылданған, ИТП-МГ «Зонд» құралының көмегімен тәжірибелік жолмен алынған және әдістеме [13] арқылы есептелген автоклавты газбетондардың жылу өткізгіштік коэффициенттерінің мәндері 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1 – Автоклавты газобетондардың нормативтік, стандарттық, нақты және есептік жылу техникалық көрсеткіштері

Атауы	Тығыздығы, ρ_0 , кг/м ³	Жылу өткізгіштік коэффициенттер, Вт/(м ² С)		
		λ_0	λ_A	λ_B
ҚР ЕЖ 2.04-107-2022 бойынша	500	0,125	0,18	0,205
МЕМСТ 31359-2007 бойынша	500	0,12	0,141	0,147
Үлгі 1	500	0,131	$\frac{0,161}{0,131}$	$\frac{0,164}{0,131}$
Үлгі 2	500	0,129	$\frac{0,157}{0,129}$	$\frac{0,161}{0,129}$
Үлгі 3	500	0,122	$\frac{0,159}{0,122}$	$\frac{0,163}{0,122}$
Үлгі 4	500	0,127	$\frac{0,153}{0,127}$	$\frac{0,164}{0,127}$
Үлгі 5	500	0,116	$\frac{0,149}{0,116}$	$\frac{0,153}{0,116}$
Үлгі 6	500	0,147	$\frac{0,160}{0,147}$	$\frac{0,167}{0,147}$
Орташа мәні	500	0,129	$\frac{0,156}{0,129}$	$\frac{0,162}{0,129}$

Ескерту: алымда-нақты мән; бөлгіште-есептік мән

Зерттелетін үлгілердің нақты эксперименттік мән және ҚР ЕЖ 2.04-107-2022 [10], МЕМСТ 31359-2007 [14] бойынша қабылданған (λ_0) құрғақ күйіндегі жылу өткізгіштік коэффициент мәндері 2-кестеде көрсетілген.

Кесте 2 – Құрғақ күйдегі жылу өткізгіштік коэффициенттері мен зерттелетін үлгілер үшін нақты эксперименттік мәндер

Үлгі	Құрғақ күйіндегі жылу өткізгіштік коэффициенті, λ_0			Мәндердің айырмашылығы, %	
	нақты мән	ҚР ЕЖ	МЕМСТ	нақты мен ҚР ЕЖ	нақты мен МЕМСТ
Үлгі 1	0,131	0,125	0,12	-4,8	-9,2
Үлгі 2	0,129			-3,2	-7,5
Үлгі 3	0,122			2,4	-1,7
Үлгі 4	0,122			2,4	-1,7
Үлгі 5	0,116			7,2	3,3
Үлгі 6	0,147			-17,6	-22,5
Орташа мәні	0,128	0,125	0,12	-2,4	-6,7

Үлгілердің ҚР ЕЖ 2.04-107-2022 [10] бойынша, нақты және есептік мәндерінің жылу өткізгіштік коэффициенттерінің арасындағы айырмашылық 3-кестеде келтірілген

Кесте 3 – Үлгілердің ҚР ЕЖ 2.04-107-2022 [10] бойынша, нақты және есептік мәндері

Үлгі	Жылу өткізгіштік коэффициенті пайдалану жағдайы үшін λ_A			Мәндердің айырмашылығы, %		Жылу өткізгіштік коэффициенті пайдалану жағдайы үшін λ_B			Мәндердің айырмашылығы, %	
	ҚР ЕЖ	нақты	есептік	ҚР ЕЖ/нақты	ҚР ЕЖ/есептік	ҚР ЕЖ	нақты	есептік	ҚР ЕЖ/нақты	ҚР ЕЖ/есептік
Үлгі 1	0,18	0,161	0,131	10,6	27,2	0,205	0,164	0,131	20,0	36,1
Үлгі 2		0,157	0,129	12,8	28,3		0,161	0,129	21,5	37,1
Үлгі 3		0,159	0,122	11,7	32,2		0,163	0,122	20,5	40,5
Үлгі 4		0,153	0,127	15,0	29,4		0,164	0,127	20,0	38,0
Үлгі 5		0,149	0,116	17,2	35,6		0,153	0,116	25,4	43,4
Үлгі 6		0,160	0,147	11,1	18,3		0,167	0,147	18,5	28,3
Орташа мәні		0,156	0,129				0,162	0,129		
				13,3	28,3				21,0	37,1

Үлгілердің МЕМСТ 31359-2007 [14] бойынша, нақты және есептік мәндерінің жылу өткізгіштік коэффициенттерінің арасындағы айырмашылық 4-кестеде келтірілген.

Кесте 4 – Үлгілердің МЕМСТ 31359-2007 [14] бойынша, нақты және есептік мәндері

Үлгі	Жылу өткізгіштік коэффициенті пайдалану жағдайы үшін λ_A			Мәндердің айырмашылығы, %		Жылу өткізгіштік коэффициенті пайдалану жағдайы үшін λ_B			Мәндердің айырмашылығы, %	
	МЕМСТ	нақты	есептік	МЕМСТ / нақты	МЕМСТ / есептік	МЕМСТ	нақты	есептік	МЕМСТ / нақты	МЕМСТ / есептік
Үлгі 1	0,141	0,161	0,131	-14,2	7,1	0,147	0,164	0,131	-11,6	10,9
Үлгі 2		0,157	0,129	-11,3	8,5		0,161	0,129	-9,5	12,2
Үлгі 3		0,159	0,122	-12,8	13,5		0,163	0,122	-10,9	17,0
Үлгі 4		0,153	0,127	-8,5	9,9		0,164	0,127	-11,6	13,6
Үлгі 5		0,149	0,116	-5,7	17,7		0,153	0,116	-4,1	21,1
Үлгі 6		0,160	0,147	-13,5	-4,3		0,167	0,147	-13,6	0,0
Орташа мәні		0,156	0,129				0,162	0,129		
				-10,6	8,5				-10,2	12,2

Нәтижелер және талқылау. Зерттеу барысында автоклавты газобетонды блоктарының жылу өткізгіштік көрсеткіштері талданды. ҚР ЕЖ 2.04-107-2022 [10] мен МЕМСТ 31359-2007 [14] сәйкес белгілінген нормативтік, стандарттық және нақты үлгілерден алынған мәндерді, есептік көрсеткіштерді салыстыру – материалдың жылу техникалық қасиеттеріне ылғалдылық күйінің нақты әсерін бағалау мақсатында жүргізілді. Кестелерде келтірілген мәліметтер негізінде келесі нәтижелер тұжырымдалды:

- ҚР ЕЖ 2.04-107-2022 бойынша жылу өткізгіштік коэффициенттің нормативтік есептік мәндері: құрғақ күйінде $\lambda_0 = 0,125 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$, пайдалану жағдайларында $\lambda_A = 0,18 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ және $\lambda_B = 0,205 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$;

- МЕМСТ 31359-2007 стандартына сәйкес: құрғақ күйінде $\lambda_0 = 0,12 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$, пайдалану жағдайларында $\lambda_A = 0,141 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ және $\lambda_B = 0,147 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$.

- нақты үлгілерден алынған орташа мәндері: $\lambda_0 = 0,129 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$, $\lambda_A = 0,156 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ және $\lambda_B = 0,162 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$;

- ҚР ЕЖ 2.04-107-2022 талаптары бойынша абсолютті құрғақ күйде анықталған жылу өткізгіштік коэффициенттерін салыстырғанда, нақты эксперименттік мәндермен орташа ауытқуы шамамен – минус 2,4% көрсетті, ал МЕМСТ 31359-2007 стандарты бойынша орташа алшақтық – минус 6,7% жетті;

- ҚР ЕЖ 2.04-107-2022 бойынша өлшенген көрсеткіштер мен регламенттелген мәндер арасындағы айырмашылықтарды талдауда нақты орташа шамалардың А пайдалану режимдері үшін – 13,3%, ал Б пайдалану режимдері үшін – 21% артқаны анықталды;

- МЕМСТ 31359-2007 бойынша стандартты көрсеткіштер мен нақты эксперименттік орташа мәндер арасындағы алшақтық: А пайдалану жағдайлары үшін – минус 10,6%, Б пайдалану жағдайлары үшін – минус 10,2% құрады;

- есептік жылу техникалық көрсеткіштер мен ҚР ЕЖ 2.04-107-2022 бекіткен мәндерден ауытқуы едәуір айқын болып шықты: А пайдалану режимдері үшін ол орта есеппен – 28,3%, ал Б режимдері үшін – 37,1% жетті;

- МЕМСТ 31359-2007 стандартты мәндер мен есептелген параметрлерді салыстыру кезінде: А пайдалану жағдайлары үшін орташа алшақтық – 8,5%, ал Б жағдайлары үшін – 12,2% екенін көрсетті.

Қорытынды. Автоклавты газобетонды тығыздық маркасы D500 блоктары үшін жасалған зертханалық зерттеулер мен нормативтік, есептік және нақты мәндер арасындағы салыстырмалы талдау – пайдалану жағдайындағы материалдың жылу техникалық өзгерістеріне тиісті маңызды ерекшеліктерді анықтауға мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, пайдалану жағдайындағы ылғалдылық жылу өткізгіштіктің өзгерісіне айтарлықтай әсер етеді. Бұл ҚР ЕЖ 2.04-107-2022 [10] және МЕМСТ 31359-2007 [14] сәйкес нормативтік көрсеткіштерден материалдың нақты мәндерінің ауытқуын көрсетеді. Нормативтік мәндерді λ_0 , λ_A и λ_B эксперименттік деректермен салыстырғанда, орташа нақты жылу өткізгіштік коэффициенттері нормативтік көрсеткіштерден жоғары екені анықталды: А пайдалану жағдайында – 13,3%, ал Б жағдайында – 21% тең. Нормативтік пен есептік мәндерді салыстыру кезінде де ұқсас үрдісті көрсетті, мұнда айырмашылық тиісінше – 28,3% және 37,1% көрсетті. Бұл сыртқы қоршау құрылымдарын жобалау кезінде пайдалану жағдайындағы ылғалдылық пен маусымдық температуралық-ылғалдылық өзгерістерді ескеру қажеттілігін дәлелдейді.

Автоклавты газобетонды блоктардан жасалған цилиндрлік үлгілерінің жылу өткізгіштік коэффициенттері $0,116\text{--}0,147 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ аралығында, орташа мәні $0,129 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ көрсетіледі. Құрғақ күйіндегі нақты мәндер мен нормативтік және стандарттық көрсеткіштер арасындағы ауытқуы салыстырмалы түрде аз (ҚР ЕЖ 2.04-107-2022 бойынша – минус 2,4%, МЕМСТ 31359-2007 бойынша – минус 6,7%), дегенмен пайдалану шарттары ескерілген кезде бұл айырмашылықтар едәуір артады. Бұл материалдың ылғалдануға және атмосфералық әсерлердің циклдік өзгерістеріне сезімтал екенін көрсетеді.

Зерттеу нәтижелері жобалау есептеулерінде құрғақ күйіндегі жылу өткізгіштік коэффициентін (λ_0) қолдану – қоршау құрылымдарының жылу физикалық өзгерісін толықтай бағалауға мүмкіндік бермейді, әсіресе бұл маусымдық температура мен ылғалдылықтың ауытқуы байқалатын Қазақстанның климаттық жағдайларында шешуші фактор болып келеді. Автоклавты газобетонның нақты пайдалану ылғалдылығындағы жылу техникалық қасиеттерін ескеру – есептеулердің дәлдігін арттыруға, энергия тиімділігі талаптарының орындалуын қамтамасыз етуге және ғимараттардың ұзақмерзімділігі мен сенімділігін жоғарылатуға мүмкіндік береді.

Осылайша, жүргізілген талдау бойынша пайдалану ылғалдылығы – автоклавты газобетонның жылу техникалық қасиеттерін анықтауда маңызды фактор екендігін көрсетеді. Ал, қолданыстағы нормативтік көрсеткіштер аудандық климаттық жағдайлар мен зертханалық өлшеулердің нәтижелерін ескеріп, нақтылау немесе түзетулерді қажет етеді.

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, ұсынылады. Сыртқы қабырғалық құрылымдарды жобалау кезінде жылуөткізгіштіктің нормативтік λ_0 көрсеткіштерін ғана емес, сондай-ақ газобетонды блоктардың пайдалану жағдайындағы температуралық-ылғалды күйін ескеретін жылуөткізгіштік коэффициенттерді λ_A және λ_B ескеру қажет.

Ғимараттарды жобалау кезеңінде жылуөткізгіштік коэффициенттің зертханалық сынақтардан алынған мәндерін қолдану керек.

Қоршау құрылымдарына жылу техникалық есептеулеріне өзгерістер енгізу, яғни ылғалдың жиналуын, конденсат аймақтарының пайда болуын және жылу өткізгіш қосылыстардың болуын ескеру қажет.

Жоғары кеуектілігі бар автоклавты газобетонды блоктар сияқты материалдар үшін міндетті түрде квазистационарлық жағдайдағы әдісті қолдануды енгізу, бұл әдіс жылыту маусымы мен өтпелі кезеңдерінде ылғалдылық пен температура өзгерісін ескереді.

Қазақстанның аудандық климаттық ерекшеліктерін және зертханалық түрде алынған нәтижелерді ескере отырып, ҚР ЕЖ 2.04-107-2022 [10] мен МЕМСТ 31359-2007 [14] құжаттарында көрсетілген жылу өткізгіштік коэффициенттердің көрсеткіштерін нақтылау.

Сыртқы қоршау құрылымдарына қолданылатын материалдар партияларының нақты жылу өткізгіштік коэффициент пен пайдалану жағдайындағы ылғалдылықты анықтап, құрылыс алаңына жеткізілетін автоклавты газобетонды блоктардың сапасын қадағалауды күшейту.

Газобетонды блоктарды өндірушілерге тек құрғақ күйінде емес, әртүрлі ылғалдылық кезіндегі материалдың жылу техникалық көрсеткіштері туралы деректерді жобалаушыларға ұсыну қажеттілігін қарастыру.

Автоклавты газобетонды блоктардың мұздату-еріту циклдары кезінде, сондай-ақ нақты пайдалану жағдайындағы атмосфералық әсерлерінен жылу техникалық көрсеткіштердің өзгеруін зерттеуге бағытталған ғылыми зерттеулерді жалғастыру.

Мүдделер қақтығысы. Авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

Алғыс білдіру. Бұл мақала Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру шеңберінде (№BR21882278 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

1. Гринфельд Г.И., Куптараева П.Д. Кладка из автоклавного газобетона с наружным утеплением. Особенности влажностного режима в начальный период эксплуатации // Инженерно-строительный журнал, №8 – 2011.

2. Есенгабулов С.К., Дәстенова Г.Д., Серік Б.К. Энергоэффективные керамзитобетонные наружные стены с организованным воздухообменом // Құрылыс конструкцияларының өзекті мәселелері мен даму болашағы: инновациялар, модернизациялар және құрылыстағы энергия тиімділігі. Қазақстандағы Өзбекстан жылына арналған Біріккен Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының материалдар жинағы // Астана, КазГАСА, 368 бет, УДК 69 (063), ББК 38, Қ 77, ISBN 978-601-7966-21-87 – 8 желтоқсан, 2018ж.

3. Есенгабулов С.К., Дәстенова Г.Д., Серік Б.К. Керамзитобетонные наружные стены с вентиляционными устройствами // Materials of the IV International Scientific-Practical Conference «Quality Management: Search and Solutions» // Morocco, Casablanca, – 518 p., UDC 005; BBC 65.290-2; M 45; ISBN 978-601-267-251-0 November 27-29, 2018.

4. Есенгабулов С.К., Дәстенова Г.Д., Қожахмет М.С. Кеуекбетоннан жасалған сыртқы қабырға блоктарының ылғалдық режимін жоғарылату // Ғылыми-зерттеу жұмысы туралы есеп, Астана, 2024.

5. Баранова А.А., Рябков М.И., Скулин А.С. Теплопроводность автоклавного газобетона при разных температурно-влажностных состояниях. // Научная статья. УДК 666.973.6. <http://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-1-20-27>.

6. Дәстенова Г.Д. Қазіргі заманғы кеуектібетонды сыртқы қабырға блоктарының ылғалдық режимін жоғарылату (Повышение влажностного режима современных керамзитобетонных наружных стеновых блоков) тақырыбына жазылған 6M073000 «Құрылыс материалдарын, бұйымдарын және құрастырылымдарын өндіру» мамандығы бойынша техника және технологиялар магистрі дәрежесін алу үшін жазылған диссертациялық жұмыс, Астана – 2019 жыл.

7. ҚР ҚН 2.04-07-2022 «Ғимараттардың жылу қорғанысы».

8. Корниенко С.В., Ватин Н.И., Горшков А.С., Ольшевский В.Я., Пестряков И.И. Эксплуатационная влажность автоклавного газобетона в стеновых конструкциях. Строительство уникальных зданий и сооружений. ISSN 2304-6295. 8(71). 2018. 22-40. doi: 10.18720/CUBS.71.3.

9. Ройфе В.С. О нетрадиционных методах и средствах определения теплофизических свойств материалов ограждающих конструкций зданий. // СТРОИТЕЛЬНЫЕ НАУКИ – 2013.

10. ҚР ЕЖ 2.04-107-2022 «Ғимараттардың жылу қорғанысы».

11. МЕМСТ 7076-99. Құрылыс материалдары мен бұйымдары. Стационарлық жылу жағдайында жылуөткізгіштік пен жылулық кедергіні анықтау әдісі.

12. МЕМСТ 30256-94. Құрылыс материалдары мен бұйымдары. Цилиндрлік зондтың көмегімен жылуөткізгіштік анықтау әдісі.

13. Методическое пособие. // По назначению расчетных теплотехнических показателей строительных материалов и изделий. Москва, 2019.

14. МЕМСТ 31359-2007 Автоклавты қатайтылған ұялы бетондар. Техникалық шарттар.

REFERENCES

1. Grinfel'd G.I., Kuptaraeva P.D. Kladka iz avtoklavnogo gazobetona s naruzhnym utepleniem. Osobennosti vlazhnostnogo rezhima v nachal'nyj period ekspluatatsii.

[Masonry made of autoclaved aerated concrete with external insulation. Features of the humidity regime in the initial period of operation.]. // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. (2011): – №8. – (In Rus)

2. Esengabulov S.K., Dastenova G.D., Serik B.K. Energoeffektivnye keramzitobetonnye naruzhnye steny s organizovannym vozduhoobmenom. [Energy-efficient expanded clay concrete exterior walls with organized air exchange.]. // Materialy ob"edinennoj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj Godu Uzbekistana v Kazahstane. Astana: KazGASA, (2018): – 368 s. – (In Rus/Kaz)

3. Esengabulov S.K., Dastenova G.D., Serik B.K. Keramzitobetonnye naruzhnye steny s ventilyacionnymi ustrojstvami. [Expanded clay concrete exterior walls with ventilation devices.]. // Materials of the IV International Scientific-Practical Conference «Quality Management: Search and Solutions». Morocco, Casablanca, (2018): – 518 p. – (In Eng/Rus)

4. Esengabulov S.K., Dastenova G.D., Kozhahmet M.S. Keuekbetonnan zhasalghan syrtqy qabyrgha bloktarynyn ylghaldyq rezhimin zhogharylatsu. [Increasing the humidity regime of external wall blocks made of porous concrete.]. // Ghylymi-zertteu zhumysy turaly esep (Report on research work). Astana, (2024). – (In Kaz)

5. Baranova A.A., Ryabkov M.I., Skulin A.S. Teploprovodnost' avtoklavnogo gazobetona pri raznyh temperaturno-vlazhnostnyh sostoyaniyah. [Thermal conductivity of autoclaved aerated concrete under different temperature and humidity conditions.]. // Nauchnaya stat'ya. (2023). <http://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-1-20-27>. – (In Rus)

6. Dastenova G.D. Qazirgi zamanghy keuektibetondy syrtqy qabyrgha bloktarynyn ylghaldyq rezhimin zhogharylatsu. [Improving the humidity regime of modern porous concrete exterior wall blocks.]. // Master's thesis. Astana, (2019). – (In Kaz)

7. QR QN 2.04-07-2022 «Ghimarattardyn zhylu qorganysy». [Building Code of the Republic of Kazakhstan 2.04-07-2022 "Thermal protection of buildings"]. – (In Kaz/Rus)

8. Kornienko S.V., Vatin N.I., Gorshkov A.S., Ol'shevskij V.Ya., Pstryakov I.I. Ekspluatsionnaya vlazhnost' avtoklavnogo gazobetona v stenovyh konstrukciyah. [Operational humidity of autoclaved aerated concrete in wall structures.]. // Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij. (2018): – 8(71). – S. 22-40. doi: 10.18720/CUBS.71.3. – (In Rus)

9. Rojfe V.S. O netradicionnyh metodah i sredstvah opredeleniya teplofizicheskikh svojstv materialov ograzhdayushchih konstrukcij zdaniy. [On non-traditional methods and means of determining the thermophysical properties of materials for building enclosing structures.]. // Stroitel'nye nauki. (2013). – (In Rus)

10. QR EZh 2.04-107-2022 «Ghimarattardyn zhylu qorganysy». [Code of Practice of the Republic of Kazakhstan 2.04-107-2022 "Thermal protection of buildings"]. – (In Kaz/Rus)

11. MEMST 7076-99. Qurylys materialdary men bujymdary. Stacionarly zhylu zhaghajynda zhyluotkizgishtik pen zhylulyq kedergini anyqtau adisi. [GOST 7076-99. Building materials and products. Method for determining thermal conductivity and thermal resistance under steady-state thermal conditions.]. – (In Kaz/Rus)

12. MEMST 30256-94. Qurylys materialdary men bujymdary. Cilindrlik zondtyn komegimen zhyluotkizgishtik anyqtau adisi. [GOST 30256-94. Building materials and products. Method for determining thermal conductivity using a cylindrical probe.]. – (In Kaz/Rus)

13. Metodicheskoe posobie. Po naznacheniyu raschetnyh teplotekhnicheskikh pokazatelej stroitel'nyh materialov i izdelij. [Methodological guide. On the assignment of calculated thermotechnical indicators of building materials and products.]. Moskva, (2019). – (In Rus)

14. MEMST 31359-2007 Avtoklavty qatajtylghan uyaly betondar. Tehnikalyq sharttar. [GOST 31359-2007 Autoclaved aerated concrete. Technical specifications.]. – (In Kaz/Rus)