

FTAMP 67.11.03

Г.К. Тайманова¹ – негізгі автор, ©
А.М. Максұтханова², Ш.С. Оспанова³,
М.С. Таженова⁴, К.Т. Әділхан⁵



¹Техн. ғылым канд., доцент, ^{2,4}Аға оқытушы, ³PhD, аға оқытушы,
⁵Магистрант

ORCID

¹<https://orcid.org/0000-0003-4015-0372> ²<https://orcid.org/0000-0001-7703-4610>

³<https://orcid.org/0000-0001-6902-7154> ⁴<https://orcid.org/0009-0005-8977-6845>

⁵<https://orcid.org/0009-0006-2594-0471>



^{1,2,3,4,5} Ал-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті,



Алматы, Қазақстан



⁵adilkanovak@gmail.com

<https://doi.org/10.55956/KQKY1524>

ҚАБЫРҒА КОНСТРУКЦИЯСЫНДАҒЫ ҚАБАТ ҚАЛЫҢДЫҒЫ МЕН ЖЫЛУӨТКІЗГІШТІК КОЭФФИЦИЕНТІНІҢ ЖЫЛУ КЕДЕРГІСІНЕ ӘСЕРІН ТАЛДАУ

Аңдатпа. Қазіргі құрылыс саласында энергия тиімділігін арттыру мен жылу үнемдеу мәселесі ерекше маңызға ие. Энергияның шамадан тыс шығыны көбінесе ғимараттардың сыртқы қоршау құрылымдарының жеткіліксіз жылу техникалық қасиеттерімен байланысты. Осыған байланысты қабырға конструкцияларының құрылымдық параметрлерін оңтайландыру – заманауи құрылыс инженериясының өзекті бағыттарының бірі болып табылады. Мақалада қабаттардың қалыңдығы мен жылуөткізгіштік коэффициентінің әртүрлі комбинациялары қарастырылып, олардың қабырғаның жалпы термиялық кедергісіне және температуралық өрісіне әсер ету ерекшеліктері зерттелді. Зерттеу барысында қабаттардың геометриялық және физикалық сипаттамалары арасындағы өзара байланыс талданды, олардың жылу сақтау тиімділігіне әсер ету заңдылықтары айқындалды. Сонымен қатар, жылу оқшаулағыш қабатты орналастырудың конструкцияның энергия тиімділігіне ықпалы сипатталды. Жұмыс нәтижелері Қазақстан Республикасының қолданыстағы құрылыс нормаларына сүйене отырып алынған және оларды жобалау тәжірибесінде, сонымен қатар энергия үнемдеу және жылу тиімділігі бойынша жаңа инженерлік шешімдерді әзірлеуде қолдануға болады.

Тірек сөздер: қабырға конструкциясы, жылу техникалық талдау, энергия тиімділігі, жылуөткізгіштік коэффициенті, қабат қалыңдығы, жылу оқшаулау, құрылыс материалдары.



Тайманова, Г.К. Қабырға конструкциясындағы қабат қалыңдығы мен жылуөткізгіштік коэффициентінің жылу кедергісіне әсерін талдау [Мәтін] / Г.К. Тайманова, А.М. Максұтханова, Ш.С. Оспанова, М.С. Таженова, К.Т. Әділхан // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2026. – №3(93). – Б.343-351. <https://doi.org/10.55956/KQKY1524>

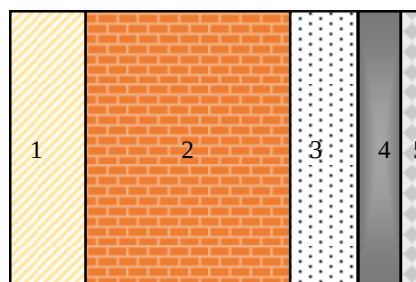
Кіріспе. Энергия үнемдейтін ғимараттарды жобалаудың заманауи тәсілдері, әсіресе қатал климаттық жағдайларда, қоршау элементтерінің дизайнын мұқият талдауды талап етеді. Қабырға құрылымының жылу

өнімділігін анықтайтын негізгі факторлардың бірі - оның қабаттарының қалыңдығы мен жылу өткізгіштігінің таралуы. Бұл параметрлер қабырға ішіндегі температура өрісіне, жылу кедергісіне және жылу оқшаулағыш материалдардың тиімділігіне тікелей әсер етеді [1].

Бұл зерттеудің мақсаты - қабырға құрылымындағы қалыңдық пен жылу өткізгіштік коэффициенттерінің әртүрлі комбинацияларын жүйелі түрде зерттеу, сонымен қатар қабаттардың жалпы қалыңдығын және санын сақтау [2]. Талдау сызықтық, қуаттық, логарифмдік және экспоненциалды тәуелділіктерді қоса алғанда, біркелкі және айнымалы параметрлерді бөлу схемаларын қарастырады. Өлшенген орташа температура мен жалпы жылу кедергісін есептеу негізінде алынған жылу өнімділік сипаттамаларын салыстырмалы бағалауға ерекше назар аударылады. Алынған нәтижелер құрылым үшін ең тиімді қабаттау схемаларын анықтауға мүмкіндік береді, бұл оңтайлы температура жағдайларын және минималды жылу шығынын қамтамасыз етеді, оларды ғимараттардың жылу физикасында жаңа шешімдерді әзірлеуде пайдалануға болады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу объектісі – бес қабатты қабырға конструкциясы болып табылады (1-сурет).

1. Гипсті сылақ
2. Керамикалық қатты кірпіш
3. Жылу оқшаулағыш материал
4. Цемент-құмды ерітінді
5. Керамикалық плитка



Сурет 1. Зерттеу объектісі

Бұл талдауды жүргізудің негізгі қағидалары келесідей болды:

– қабырға құрылымындағы қабаттардың қалыңдығы мен жылу өткізгіштігінің оның жылу өнімділігіне әсері жеке қабаттар мен пайдаланылатын материалдар санаттары арасындағы байланыстарды ескермей талданады [3];

– қабырға құрылымындағы қабаттардың жалпы саны, сондай-ақ олардың жалпы қалыңдығы бекітілген.

Зерттеу барысында қабырға құрылымындағы қабат қалыңдығының комбинациялары 1-кестеде көрсетілген:

Кесте 1

Қабат қалыңдығының комбинация нұсқалары

№	Комбинация нұсқалары	Қабат қалыңдығын оның индексіне байланысты анықтауға арналған өрнек, δ_s (s)
1	2	3
1	Қабат қалыңдығының мәндері бастапқы мәндерге ұқсас;	-
2	Қабат қалыңдығының бірдей болуы (құрылым қабаттарындағы бірдей қалыңдық мәні);	$\frac{\sum_{\varepsilon=1}^E \delta_{\varepsilon}}{E}$

1-кестенің жалғасы

1	2	3
3	Қабат қалыңдығының оның сериялық нөміріне сызықтық тәуелділігінің артуы;	$0,0317 \cdot s + 0,0313$
4	Қабат қалыңдығының оның сериялық нөміріне дәрежелік заңға тәуелділігінің артуы;	$0,0115 \cdot s^2$
5	Қабат қалыңдығының оның сериялық нөміріне логарифмдік тәуелділігінің артуы;	$0,1299 \cdot \ln(s) + 0,002$
6	Қабат қалыңдығының оның сериялық нөміріне экспоненциалды тәуелділігінің артуы;	$0,0027 \cdot e^s$
7	Қабат қалыңдығының оның сериялық нөміріне сызықтық тәуелділігінің төмендеуі;	$-0,0315 \cdot s + 0,2208$
8	Қабат қалыңдығының оның сериялық нөміріне дәрежелік заңға тәуелділігінің төмендеуі;	$0,4315 \cdot s^2$
9	Қабат қалыңдығының оның сериялық нөміріне логарифмдік тәуелділігінің төмендеуі	$-0,117 \cdot \ln(s) + 0,23832$
10	Қабат қалыңдығының оның сериялық нөміріне экспоненциалды тәуелділігінің төмендеуі.	$1,08874 \cdot e^{-0,997 \cdot s}$

Қабырға құрылымындағы қабаттар үшін жылу өткізгіштік коэффициенті мәндерінің келесі балама комбинациялары ұсынылды:

1. қабырға құрылымы қабаттарының жалпы тізбегіндегі жылу оқшаулағыш материалдың ең қолайлы орналасуын ескере отырып, бастапқы жылу өткізгіштік коэффициентінің мәндерін пайдалану;

2. бастапқы жылу өткізгіштік коэффициентінің мәндерінің өсуі бойынша ранжирлеу (қабат индексінің өсуімен жылу өткізгіштік коэффициенті мәнінің монотонды өсуі);

3. бастапқы жылу өткізгіштік коэффициентінің мәндерінің төмендеуі бойынша ранжирлеу (қабат индексінің өсуімен жылу өткізгіштік коэффициенті мәнінің монотонды төмендеуі).

Қабырға құрылымындағы қабат қалыңдығы мәндерінің әрбір комбинациясы үшін қабаттар үшін жылу өткізгіштік коэффициенті мәндерінің әрбір комбинациясы үшін айнымалы қосымша жобалау сипаттамалары есептелді.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Есептеулер Қазақстан Республикасының қолданыстағы нормативтік құжаттарын ескере отырып жүргізілді: ҚР ҚН 2.04-03-2011 «Құрылыс жылу техникасы» және ҚР ҚН 2.04-01-2011 «Құрылыс климатологиясы». Бұл зерттеу нәтижелерінің Қазақстанның әртүрлі климаттық аймақтарындағы құрылыс жағдайларына практикалық қолданылуын қамтамасыз етеді [4]. Есептеу нұсқалары (№ 2, 4, 5, 7–9) ұқсас нәтижелер берді және қысқаша болу үшін осы мақалада ұсынылмаған [5].

Кейінгі талдау үшін қабырға құрылымындағы қабат қалыңдығының үш сипаттамалық таралуы таңдалды:

- 1-нұсқа – бастапқы модельде қолданылған бастапқы қалыңдықтар;
- 3-нұсқа – ішкі қабаттан сыртқы қабатқа қарай сызықтық өсетін қалыңдық;

– 6-нұсқа – ішкі қабаттан сыртқы ортаға қарай экспоненциалды өсетін қалыңдық.

Қабырға конструкциясының пайдалану сенімділігін бағалау мақсатында шық нүктесінің орналасуы талданды. Есептеу кезінде ішкі ауа температурасы +20°C, салыстырмалы ылғалдылық 55% және сыртқы ауа температурасы –25°C деп қабылданды.

Талдау нәтижесінде шық нүктесінің жылу оқшаулағыш қабат аймағында орналасатыны анықталды, бұл конструкция ішінде конденсат жиналу қаупін төмендетеді және қабырға құрылымының қалыпты ылғалдық режимін қамтамасыз етеді. Үш жағдайдың барлығында ең тиімді жылу өткізгіштік таралу түрі қолданылды: 3-нұсқа, мұнда λ коэффициенті ішкі қабаттан сыртқы қабатқа қарай төмендейді. Бұл жағдайда ішкі қабаттарда жылу өткізгіштігі жоғары материалдар, ал сыртқы қабаттарда жылу өткізгіштігі төмен материалдар орналасады, нәтижесінде жылу шығыны азайып, құрылымның термиялық кедергісі артады [6].

Кесте 2

Қабаттар бойынша қалыңдық (δ) және жылуөткізгіштік коэффициенті (λ) мәндерінің сәйкестігі

Қабат саны	Материал	δ , м (1-нұсқа)	δ , м (3-нұсқа)	δ , м (6-нұсқа)	λ , Вт/(м °C)
1	Гипсті сылақ	0,01	0,07	0,21	0,35
2	Керамикалық кірпіш	0,51	0,13	0,17	0,81
3	Жылу оқшаулағыш	0,09	0,15	0,15	0,04
4	Цемент-құмды ерітінді	0,02	0,17	0,13	0,93
5	Керамикалық плитка	0,01	0,21	0,07	1,05
Термиялық кедергі R , м ² ·°C/Вт		2,94	4,49	4,77	
Құрылымның орташа температурасы T , °C		-7,0	-17,3	-16,2	

Әрбір есептік нұсқа үшін қабаттардың нақты қалыңдық мәндері δ және жылуөткізгіштік коэффициенттері λ пайдаланылды. Қалыңдықтардың өзгеруі ішкі қабаттан сыртқы қабатқа қарай әртүрлі заңдылықтар бойынша (сызықтық, экспоненциалды және бастапқы таралу) қабылданды. Қабат параметрлерінің сәйкестігі 2-кестеде көрсетілген.

Есептеу әдісі ҚР ҚН 2.04-03-2011 «Ғимараттардың жылу энергетикасы» ережелеріне негізделген, оған сәйкес көп қабатты құрылымның жылу беру кедергісі жеке қабаттардың жылу кедергілерінің қосындысы ретінде анықталады:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (1)$$

мұндағы: δ_i – қабат қалыңдығы, м; λ_i – жылу өткізгіштік коэффициенті, Вт/(м·°C).

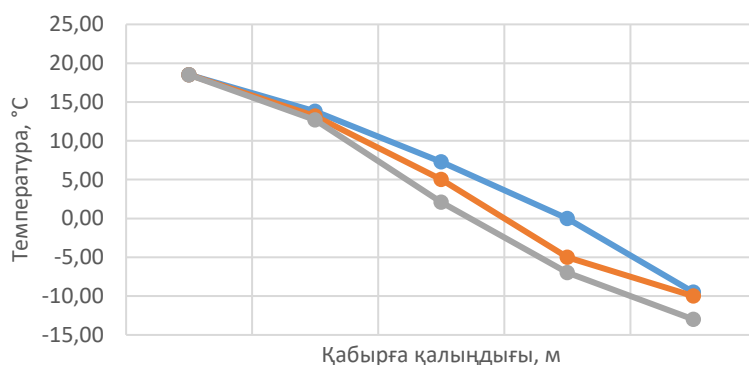
ҚР ҚН 2.04-03-2011 талаптарына сәйкес Алматы қаласы үшін сыртқы қабырға конструкциясының талап етілетін жылу беру кедергісі:

$$R_i = 2.1 - 2.5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Осы зерттеуде алынған есептік мәндер Ресеп нормативтік талаптармен салыстырылды. Есептеу нәтижелері көрсеткендей, 3 және 6-нұсқалар бойынша алынған термиялық кедергі мәндері ҚР ҚН 2.04-03-2011

нормативтік талаптарына сәйкес келеді. Әсіресе 6-нұсқа ең жоғары жылу тиімділігін көрсетті, мұнда $R = 4,77 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ мәні талап етілетін минималды деңгейден едәуір жоғары болды. Ал 1-нұсқа бойынша алынған нәтиже нормативтің төменгі шекарасына жақын болды.

Сонымен қатар, осы нұсқа құрылым ішіндегі ең жақсы температуралық режимдердің бірін көрсетті: қалың, төмен жылу өткізгіштігі бар сыртқы қабаттардың арқасында жылу тиімділігі айтарлықтай артады және жылу шығыны азайтылады. Құрылымның орташа өлшенген температурасы төмен болып қалады ($T = -16,2^\circ\text{C}$), бұл кеңістіктегі жылу ағынының тиімді сақталуын көрсетеді [7]. 3-нұсқа, сызықтық түрде артатын қалыңдығымен, аралық нәтижелер береді. Жылу кедергісі бастапқымен салыстырғанда артады ($4,49 > 2,94$), бірақ 6-нұсқаға қарағанда айтарлықтай аз. Бұл қалыңдықтың таралуы қабырға құрылымының жылу оқшаулау қасиеттеріне айтарлықтай әсер ететінін көрсетеді. Керісінше, 1-нұсқа (түпнұсқа), басқа барлық жағдайлар тең болғанда, ең төменгі R мәнін және жоғары орташа температураны көрсетеді, бұл үш шарттың ішіндегі ең нашар жылу оқшаулау өнімділігін көрсетеді [8]. Алынған мәндерге байланысты көп қабатты құрылымның қалыңдығы бойынша температураның таралуы 2-суретте көрсетілген.



Сурет 2 . Қабат қалыңдығы мәндерінің өзгеруіне байланысты 1, 3 және 6-нұсқалар бойынша температураның таралуы

Қосымша салыстырмалы талдау ретінде бекітілген қалыңдықтағы жылу өткізгіштік таралуының әсері қарастырылды. Құрылымның жылу өнімділігін тереңірек талдау үшін біз бір геометрия нұсқасын (атап айтқанда, сызықтық өсетін таралумен сипатталатын қалыңдық нұсқасы 3) бекітуді шештік және осыған сүйене отырып, жылу өткізгіштік коэффициенттерінің λ үш түрлі таралуын қарастырдық:

1. λ_1 нұсқасы – бастапқы модельге сәйкес келетін бастапқы таралу;
2. λ_2 нұсқасы – коэффициенттердің ішкі қабаттан сыртқы қабатқа монотонды түрде өсетін таралуы;
3. λ_3 нұсқасы – коэффициенттердің ішкі қабаттан сыртқы қабатқа монотонды түрде төмендейтін таралуы.

Бұл бізге бекітілген геометриямен де қабырға құрылымында жылу оқшаулағыш және жылу өткізгіштік материалдарын орналастырудың маңызды әсерін көрсетуге мүмкіндік береді. Есептеу нәтижелері 3-кестеде көрсетілген.

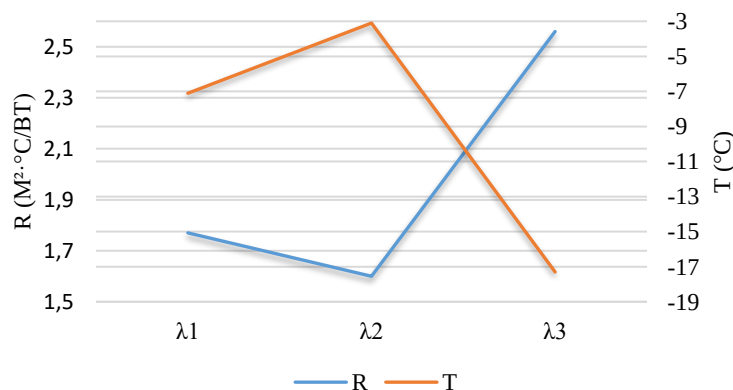
Кесте 3

Белгіленген қалыңдықтағы жылу өткізгіштіктің таралуының әсері (3-нұсқа)

Көрсеткіш	λ1 нұсқа (бастапқы бөлу)	λ2 нұсқа (λ↑) ішкіден сыртқыға)	λ3 нұсқа (λ↓) сыртқыдан ішкіге)
Қабаттардың қалыңдығы, м	$\delta_1 = 0.07$	$\delta_1 = 0.07$	$\delta_1 = 0.07$
	$\delta_2 = 0.13$	$\delta_2 = 0.13$	$\delta_2 = 0.13$
	$\delta_3 = 0.15$	$\delta_3 = 0.15$	$\delta_3 = 0.15$
	$\delta_4 = 0.17$	$\delta_4 = 0.17$	$\delta_4 = 0.17$
	$\delta_5 = 0.21$	$\delta_5 = 0.21$	$\delta_5 = 0.21$
λ коэффициенттері, Вт/(м·°C)	$\lambda_1 = 0.35$	$\lambda_1 = 0.04$	$\lambda_1 = 1.05$
	$\lambda_2 = 0.81$	$\lambda_2 = 0.35$	$\lambda_2 = 0.93$
	$\lambda_3 = 0.04$	$\lambda_3 = 0.81$	$\lambda_3 = 0.81$
	$\lambda_4 = 0.93$	$\lambda_4 = 0.93$	$\lambda_4 = 0.35$
	$\lambda_5 = 1.05$	$\lambda_5 = 1.05$	$\lambda_5 = 0.04$
Термиялық кедергі R, м²·°C/Вт	4,49	2,69	6,13
Орташа температура, T, °C	-7.1	-3.1	-17.3
Жылу тиімділігі	Орташа	Төмен (сыртқы қабаттар арқылы жылуды жоғалту)	Жоғары (сыртқы оқшаулау, жылуды ұстау)

Алынған нәтижелер жылу өткізгіштік пен жылу оқшаулағыш материалдардың құрылымдағы орналасу реті қабырға конструкциясының жылу техникалық тиімділігіне айтарлықтай әсер ететінін көрсетті [9]. Қалыңдықтың бірдей таралуы жағдайында (3-нұсқа) тек λ коэффициенттері әртүрлі материалдардың орналасу ретін өзгерту термиялық кедергінің едәуір өзгеруіне әкелді: R мәні 2,69-дан 6,13 м²·°C/Вт-қа дейін артты.

Ең тиімді конфигурация ретінде λ3 нұсқасы анықталды, мұнда жылу өткізгіштік коэффициенттері ішкі қабаттан сыртқы қабатқа қарай төмендейді. Бұл жағдайда сыртқы қабаттардағы төмен жылу өткізгіштік жылу ағынын бәсеңдетіп, конструкцияның жалпы жылу жоғалтуларын азайтады. Нәтижесінде λ3 нұсқасында ең жоғары термиялық кедергі мәні ($R = 6,13$ м²·°C/Вт) және ең төменгі орташа температура көрсеткіші ($T = -17,3$ °C) тіркелді, бұл конструкцияның жоғары жылу техникалық тиімділігін дәлелдейді [10]. Бұл жағдайда төмен температура мәні жылу ағынының сыртқы ортаға өтуінің бәсеңдеуін және құрылым ішінде жылудың тиімді сақталуын көрсетеді.



Сурет 3. R және T салыстыру графигі

Керісінше, $\lambda 1$ және $\lambda 2$ нұсқаларында жылу өткізгіш материалдардың сыртқы қабаттарға орналасуы термиялық кедергінің төмендеуіне және жылу жоғалтуларының артуына алып келді. Осы айырмашылықтар 3-суретте көрсетілген екі осьті графикте айқын көрініс табады.

Қорытынды. Осылайша, маңызды практикалық қорытынды жасауға болады: қоршаушы құрылымның тиімділігі оның қалыңдығы мен пішінімен ғана емес, сонымен қатар материалдардың жылу өткізгіштігіне сәйкес дұрыс орналасуымен де анықталады. Жылу өткізгіш материалдарды ішкі жағына жақынырақ, ал оқшаулағыш материалдарды сыртқы жағына орналастыру тиімдірек. Ең жақсы жылу өнімділігіне қабат қалыңдығының геометриялық түрде артуын (әсіресе экспоненциалды түрде) ішкі қабаттан сыртқы қабатқа жылу өткізгіштік коэффициенттерінің азаюымен біріктіру арқылы қол жеткізіледі.

Бұл тәсіл құрылым ішіндегі температура режимін оңтайландырады, жылу шығынын азайтады және ғимарат қаптамалары үшін заманауи энергия тиімділігі талаптарына сәйкестікті қамтамасыз етеді. Алынған нәтижелер жылу өткізгіштік коэффициенттерінің азаюымен сыртқы қабат қалыңдығының экспоненциалды өсуін пайдалану ҚР ҚН 2.04-03-2011 талаптарына сәйкес келетін жылу өткізгіштік кедергісінің мәндерін алуға мүмкіндік беретінін растайды. Сондықтан, әзірленген әдістемені құрылыс қаптамаларының заманауи энергия тиімділігі стандарттарына сәйкестігін бағалау үшін жобалау тәжірибесінде қолдануға болады. Зерттеу нәтижелері қабырға конструкцияларын жобалау кезінде қабаттардың орналасу реттілігі мен материалдардың жылу техникалық қасиеттерін оңтайландыру энергия тиімділігін арттырудың маңызды факторы екенін көрсетті.

Әдебиеттер тізімі

1. Стахов, А.Е. Экономико-математический анализ тепловой защиты здания [Текст] / А.Е. Стахов, В.А. Фролькис, С.Ю. Кадокова, А.А. Андреев // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – № 4 (75). – С. 107–112.
2. Schiavoni S., D'Alessandro F., Bianchi F., Asdrubali F. Insulation materials for the building sector: A review and comparative analysis // Renewable & Sustainable Energy Reviews. – 2016. – Vol. 62. – P. 988–1011.
3. Колоскова, В.В. Различные материалы, отражающие теплоизоляцию в ограждающих конструкциях [Текст] / В.В. Колоскова, А.В. Кутьева, Г.А. Степанова, Т.А. Мусориной // Ростовский научный журнал. – 2017. – № 12. – С. 379–392.
4. Аралова, Р.С. Анализ современных утеплителей наружных ограждающих конструкций здания и сооружения [Текст] / Р.С. Аралова, А.Р. Старостин // Инновационные технологии в машиностроении, образовании и экономике. – 2017. – Т. 12, № 4–5 (6). – С. 18–21.
5. Швецов, А.Е. Структура и материалы ограждающих конструкций [Текст] / А.Е. Швецов, К.А. Плешкова // AlfaBuild. – 2018. – № 1 (3). – С. 15–23.
6. Hamid A.A., Farsäter K., Wahlström A., Wallentén P. Literature review on renovation of multifamily buildings in temperate climate conditions // Energy and Buildings. – 2018. – Vol. 172. – P. 414–431.
7. Воробьева, Ю.А. Анализ снижения тепловой эффективности ограждающих конструкций здания в процессе эксплуатации [Текст] / Ю.А. Воробьева, Т.А. Васильева, А.В. Лунина, Д.М. Совпел // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2017. – № 3 (2). – С. 77–83.

8. Крышова, С.И. О фактических показателях энергоэффективности здания. Причины и пути устранения несоответствия нормативам [Текст] / С.И. Крышова // Журнал энергосбережения. – 2018. – № 4. – С. 38–45.
9. Горшков, А.С. Анализ действующих требований и методик по тепловой защите здания [Текст] / А.С. Горшков, С.В. Корниенко // Журнал энергосбережения. – 2018. – № 4. – С. 28–33.
10. Berger J., Mendes N. An innovative method for the design of high energy performance building envelopes // Applied Energy. – 2017. – No. 190. – P. 266–277.

Г.К. Тайманова¹, А.М. Максутханова¹, Ш.С.Оспанова¹,
М.С. Таженова⁴, К.Т. Әділхан¹

¹Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТОЛЩИНЫ СЛОЯ И КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НА ТЕРМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СТЕНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. В современной строительной отрасли особое значение приобретает вопрос повышения энергоэффективности и теплосбережения. Перерасход энергии зачастую связан с недостаточными теплотехническими свойствами наружных ограждающих конструкций зданий. В связи с этим оптимизация конструктивных параметров стеновых конструкций является одним из актуальных направлений современного гражданского строительства. В статье рассмотрены различные сочетания толщины слоя и коэффициента теплопроводности, изучены особенности их влияния на общее термическое сопротивление и температурное поле стены. В ходе исследования проанализирована взаимосвязь геометрических и физических характеристик слоев, а также определены закономерности их влияния на эффективность аккумулирования тепла. Кроме того, описано влияние расположения слоя теплоизоляции на энергоэффективность конструкции. Результаты работы получены на основе действующих строительных норм Республики Казахстан и могут быть использованы в проектной практике, а также при разработке новых инженерных решений по энергосбережению и повышению теплоэффективности.

Ключевые слова: стеновая конструкция, теплотехнический расчет, энергоэффективность, коэффициент теплопроводности, толщина слоя, теплоизоляция, строительные материалы.

G.K. Taimanova¹, A.M. Maksutkhanova¹, Sh.S. Ospanova¹,
M.S. Tazhenova¹, K.T. Adilkhan¹

¹Al-Farabi Kazakh National university, Almaty, Kazakhstan

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF LAYER THICKNESS AND THERMAL CONDUCTIVITY COEFFICIENT ON THERMAL RESISTANCE OF WALL STRUCTURES

Abstract. Increasing energy efficiency and heat conservation is of particular importance in the modern construction industry. Excessive energy consumption is often associated with insufficient thermal performance of building envelopes. Therefore, optimizing the design parameters of wall structures is a pressing issue in modern civil engineering. This article examines various combinations of layer thickness and thermal conductivity, exploring their impact on the overall thermal resistance and temperature field of the wall. The study analyzed the relationship between the geometric and physical

characteristics of the layers and identified patterns of their influence on heat storage efficiency. Furthermore, the influence of the thermal insulation layer placement on the energy efficiency of the structure is described. The results of this study are based on current building codes of the Republic of Kazakhstan and can be used in design practice, as well as in the development of new engineering solutions for energy conservation and improved thermal efficiency.

Keywords: wall structure, thermal engineering calculation, energy efficiency, thermal conductivity coefficient, layer thickness, thermal insulation, building materials.

References

1. Stakhov A.E., Frol'kis V.A., Kadokova S.Yu., Andreenko A.A. Ekonomiko-matematicheskiy analiz teplovoy zashchity zdaniya [Economic and Mathematical Analysis of the Thermal Protection of a Building] // Bulletin of Civil Engineers. – 2019. – No. 4 (75). – P. 107–112 [in Russian].
2. Schiavoni S., D'Alessandro F., Bianchi F., Asdrubali F. Insulation materials for the building sector: A review and comparative analysis // Renewable & Sustainable Energy Reviews. – 2016. – Vol. 62. – P. 988–1011.
3. Koloskova V.V., Kut'eva A.V., Stepanova G.A., Musorina T.A. Razlichnye materialy, otrazhayushchie teploizolyatsiyu v ograzhdayushchikh konstruktsiyakh [Various Materials Reflecting Thermal Insulation in Building Envelopes] // Rostovskiy nauchnyy zhurnal [Rostov Scientific Journal]. – 2017. – No. 12. – P. 379–392 [in Russian].
4. Aralova R.S., Starostin A.R. Analiz sovremennykh utepliteley naruzhnykh ograzhdayushchikh konstruktsiy zdaniya i sooruzheniya [Analysis of Modern Insulation Materials for External Building and Structure Envelopes] // Innovatsionnye tekhnologii v mashinostroenii, obrazovanii i ekonomike [Innovative Technologies in Mechanical Engineering, Education and Economics]. – 2017. – Vol. 12, No. 4–5 (6). – P. 18–21 [in Russian].
5. Shvetsov A.E., Pleshkova K.A. Struktura i materialy ograzhdayushchikh konstruktsiy [Structure and Materials of Building Envelopes] // AlfaBuild. – 2018. – No. 1 (3). – P. 15–23 [in Russian].
6. Hamid A.A., Farsäter K., Wahlström A., Wallentén P. Literature review on renovation of multifamily buildings in temperate climate conditions // Energy and Buildings. – 2018. – Vol. 172. – P. 414–431.
7. Vorob'eva Yu.A., Vasil'eva T.A., Lunina A.V., Sovpel D.M. Analiz snizheniya teplovoy effektivnosti ograzhdayushchikh konstruktsiy zdaniya v protsesse ekspluatatsii [Analysis of the Reduction in the Thermal Efficiency of Building Envelopes During Operation] // Zhilishchnoe khozyaystvo i kommunal'naya infrastruktura [Housing and kommunal Infrastructure]. – 2017. – No. 3 (2). – P. 77–83 [in Russian].
8. Kryshova S.I. O fakticheskikh pokazatelyakh energoeffektivnosti zdaniya. Prichiny i puti ustraneniya nesootvetstviya normativam [On the Actual Energy Efficiency Indicators of a Building: Causes and Ways to Eliminate Non-Compliance with Standards] // Zhurnal energosberezheniya [Energy Saving Journal]. – 2018. – No. 4. – P. 38–45 [in Russian].
9. Gorshkov A.S., Kornienko S.V. Analiz deystvuyushchikh trebovaniy i metodik po teplovoy zashchite zdaniya [Analysis of Current Requirements and Methods for the Thermal Protection of Buildings] // Zhurnal energosberezheniya [Energy Saving Journal]. – 2018. – No. 4. – P. 28–33 [in Russian].
10. Berger J., Mendes N. An innovative method for the design of high energy performance building envelopes // Applied Energy. – 2017. – No. 190. – P. 266–277.