



XҒТАР 67.15.55

<https://doi.org/10.32523/2616-7263-2024-147-2-8-23>

Ғылыми мақала

Қоршау құрылымдарындағы жылу өткізгіш қосындылары

Мусабаев Т.^{ID}, Есенгабулов С.^{ID}, Жаркенова Г.*^{ID}, Жаркенов Е.^{ID},
Темиргалиева А.^{ID}

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

(E-mail: uralsk_gulnur88@mail.ru)

Аңдатпа. Ғимараттың жылу шығынын азайту және нормативтік құжаттардың талаптарын қанағаттандыру мақсатында соңғы жылдары құрылыста көп қабатты қоршау құрылымдары соның ішінде құрылымның ішіне жылу оқшаулағыш қабатын орналастыру кеңінен қолданылады. Экономикалық пайымдаулардың әсерінен ғимарат қабаттарының негізгі түрлерінің бірі қабаттар арасында тиімді оқшаулаумен кірпішпен қапталған ұялы бетон блок қалау болды. Қоршау құрылымдарының қолданыстағы түрлерін модернизациялауды және көптеген жаңа құрылымдардың пайда болуын ескере отырып, мұндай құрылымдардың термофизикалық қасиеттерін (негізінен термиялық қорғаныс) дұрыс анықтау туралы мәселе туындады.

Температура біркелкі бөлінеді, өйткені құрылымның беткі қабатына таралатын жылу бөлмеге қараған кезде олардың мәндерін теңестіруге көмектеседі. Алайда, температура өрісінің бұрмалану аймағының ұзындығы артады (кедергі болуына байланысты). Керісінше, температураның төмендеуі (қоршаудың қысқа ұзындығына дейін созылады) құрылымның жылы бетінде орналасқан қосындылар мен қосындылар арқылы тікбұрышты болып, айтарлықтай және көрнекті болады.

Әр түрлі типтегі жылу өткізгіш қосындылар аймағындағы температураның таралуының осындай ерекшеліктері панельдік қабырғаларға арналған тиісті жобалық шешімдері бар ғимараттарды пайдалану тәжірибесімен расталады. Егер панельдердің буындарындағы қабырғалар жылы жағынан жылу өткізгіш қорғаныш және әрлеу қабатымен жабылған болса, қабырғаның ішкі бетіндегі температураның таралуы біркелкі болады; жеткілікті қалың және жылу өткізгіш қабат болмаған кезде буын маңындағы температураның айқын төмендеуі байқалады.

Түйін сөздер: Қоршау құрылымдары, жылу өткізгіш.

Түсті 20.02.2023 Жөнделді 12.05.2024 Мақұлданды 01.04.2024 Онлайн қолжетімді 30.06.2024

* хат-хабар үшін автор

1. Кіріспе

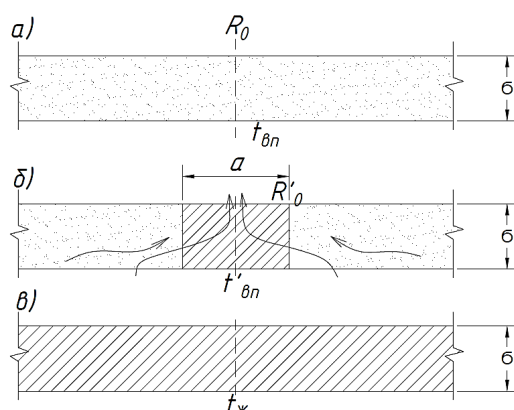
Мақаланың өзектілігі: жергілікті температура бөлмеге қарайтын біркелкі емес қоршау құрылымының бетінде төмендейді, сол себепті материалдың негізгі бөлігіне қарағанда жылу өткізгіштігі салыстырмалы түрде жоғары материалдардан жасалған құрылымдық қосындылары бар конденсацияның пайда болуына әкелуі мүмкін, сондықтан бұл қиындық толықтай зерттелуді қажет етеді[1]. Мұндай жылу өткізгіш қоспалар бетон, темірбетон немесе болат қаңқалардың элементтері болып табылады; темірбетонды қабатты панельдерде – оқшауланбаған рамалар мен контурлы қатайтқыштар[2]; оқшауланған, қуыс және толтырылған тас конструкцияларында - тас қалау қатарларын біріктіру, бос материалдардың немесе оқшаулаудың жекелеген учаскелері арасындағы тығыз материалдың қосындылары, төмен жылу өткізгіш материалдардың тастарын немесе плиталарын төсеу кезінде қолданылатын ауыр ерітінділердің тігістері арқылы жүзеге асады[3].

Жұмыстың жаңалығы мен практикалық маңыздылығы: жылу өткізгіш қосындылары бар құрылымның бір проекциясындағы температураның таралуын Лапласстың дифференциалдық теңдеуінің сандық шешіміне негізделген жоғарыда қысқаша сипатталған тегіс температуралық өрісті құру арқылы орнатуға болатындығында[4]. Алайда, ең қарапайым түрдегі жылу өткізгіш қосындылар үшін, қоршау құрылымының бүкіл қалыңдығын немесе оның жартысын кесіп өткенде, құрылымның жылуды қорғайтын қасиеттерінің жеткіліктілігін бағалауға мүмкіндік беретін шамамен инженерлік есептеулер бар[5]. Осындай инженерлік есептеу әдістерін дамытуға темірбетон қаңқасының элементтерімен қиылысқан қоршау құрылымдарының екі өлшемді температуралық өрістерінің көптеген құрылыстары негіз болды. Осы құрылыстардың нәтижелерін жалпылау келесідей жүргізілді[6].

2. Әдістер

Егер қабырға бетіндегі температура мәндерін қарастыратын болсақ: а) құрылымның жылу өткізгіш қосылымынан алыс қимасы бойымен, $t_{к.б.}$ және б) жылу өткізгіш кірмесі бойымен, $t^{к.б.}$. в) жылу өткізгіш қоспа материалынан толығымен жасалған, $t_{ж}$ – бұл анық болатыны 1-суретте көрсетілген.

$$t_{к.б.} \quad t^{к.б.} \quad t_{ж} \quad (1)$$



1 сурет. Қабырғалық құрылымдарды жобалау схемалары: а – жылу өткізбейтін қоспасыз; б – жылу өткізгіш байланысы бар; в – толығымен жылу өткізгіш материалдан жасалған

Температуралық өрістерді кескіндеудің нәтижелері көрсеткендей, $t'^{к.б}$ мән негізінен қосылу енінің қабырға қалыңдығына қатынасына байланысты болады $\frac{a}{\delta}$; бұл арақатынас неғұрлым аз болса, $t'^{к.б}$ соғұрлым жоғары және $t_{к.б}$ мәнге жақын болады. $a=0$ мынадай шекте $t'^{к.б} = t_{к.б}$ мынадай теңдік болады.. Керісінше, $\frac{a}{\delta}$ арақатынасы неғұрлым көп болса, $t'^{к.б}$ соғұрлым аз және $t_{ж}$ мәніне жақын болады. $\frac{a}{\delta} \gg 2$ жеткілікті үлкен қатынасы болған кезде $t'^{к.б} = t_{ж}$ мынадай теңдік болады.

Қабырға беті мен кірістіру беті арасындағы температура айырмашылығы $t_{к.б} - t'^{к.б}$ – бұл $t_{к.б} - t_{ж}$ айырмашылықтың белгілі бір бөлігі – , яғни

$$t_{к.б} - t'^{к.б} = \eta (t_{к.б} - t_{ж}) \quad (2)$$

Мұндағы η – жылу өткізгіш қосылысқа жылу ағынының интенсивтілігін сипаттайтын температуралық айырмашылықтардың $\left(\frac{t_{к.б} - t'^{к.б}}{t_{к.б} - t_{к.б}}$ -ге тең) өлшемсіз қатынасын білдіретін коэффициент және оның геометриялық пішініне, қабырғадағы орналасуына және $\frac{a}{\delta}$ қатынасына байланысты.

Жылу өткізгіш қосындылардың ең типтік түрлері үшін коэффициенттің мәні 1-кестеге сәйкес алынады.

Кесте 1. Жылу өткізгіш қосындылардың ең типтік түрлері үшін коэффициенттің мәні

| Жылуөткізгіштің формасы мен орналасуы | а δ қатынасына байланысты η мәні | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0,02 | 0,02 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,5 |
| Төртбұрыш арқылы | 0,12 | 0,24 | 0,38 | 0,55 | 0,74 | 0,83 | 0,87 | 0,90 | 0,95 |

| | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | | | | | | | |
| Жылу өткізгіш қабаттар арқылы | 0,07 | 0,15 | 0,26 | 0,42 | 0,62 | 0,73 | 0,81 | 0,85 | 0,94 |
| | | | | | | | | | |
| Жылы беттен қоршаудың қалыңдығының жартысына дейін тереңдетілген | 0,25 | 0,50 | 0,96 | 1,26 | 1,27 | 1,21 | 1,16 | 1,10 | 1 |
| | | | | | | | | | |
| Жылы беттен қоршаудың қалыңдығының жартысына дейін тереңдетілген, бірақ алде қайда суық беттен | 0,04 | 0,10 | 0,17 | 0,32 | 0,50 | 0,62 | 0,71 | 0,77 | 0,89 |
| | | | | | | | | | |

$t_{к.б.} = t_i - \frac{t_i - t_c}{R_0} R_i$ өрнегінен құрылымдардың бетіндегі температура үшін біз

мынаны аламыз:

$$t_{к.б.} - t_{ж.} = R_i \frac{t_i - t_c}{R'_к} - \frac{t_i - t_c}{R_0} \quad (3)$$

мұнда R_0 және $R'_к$ – құрылымның жылу берілуіне және жылу өткізгішті қосу кедергісі. Алынған өрнекті (2) теңдеуге қойып, түрлендіруден кейін мынаны аламыз:

$$t_{к.б.} - t'_{к.б.} = \eta R_i \frac{(R_0 - R'_к) (t_i - t_c)}{R_0 R'_к} \quad (4)$$

Қоршау құрылымы арқылы өтетін жылу ағыны Q , онда жылу өткізбейтін қосындылар болмаған жағдайда $Q = \frac{t_i - t_c}{R_0}$ өрнекпен, ал $R_i Q$ туынды $t_i - t_{к.б.}$ температура

айырмашылығымен өрнектелуі мүмкін екенін ескере отырып, және осы өрнектерді (4) -ге ауыстыру арқылы төмендегі өрнекті аламыз:

$$t_{к.б.} - t'_{к.б.} = \eta R_i \frac{(R_0 - R'_к) (t_i - t_c)}{R_0 R'_к} \quad (4)$$

Сонымен, өлшемсіз қатынасты белгілеп $\frac{t_{к.б.} - t'_{к.б.}}{t_i - t'_{к.б.}} = \theta$, төмендегі өрнекті аламыз,

$$\frac{R_0 - R'_к}{R'_к} = \frac{t_{к.б.} - t'_{к.б.}}{t_i - t'_{к.б.}} \eta = \frac{\theta}{\eta}$$

$R'_к$ үшін нәтиже қарапайым теңдеумен өрнектеледі:

$$R'_к = \frac{R_0 \eta}{\theta + \eta} \text{ град}^* \text{ м}^2 * \text{ сағ/ккал} \quad (5)$$

Беткейдің ең қауіпті аймағында конденсация пайда болуына қарсы жобаланған құрылымның сенімділігін сипаттайтын өлшемсіз симплексті θ енгізу есептеу өрнегін жеңілдетуге мүмкіндік береді [7].

(5) теңдеу кірістірудің ішкі бетіндегі рұқсат етілген шекті температура $t'_{к.б.}$ шық нүктесінің температурасына $t_{шық}$ тең болса, жылу өткізгіш қосылатын жерде жобаланатын қоршау құрылымының жылу берілуіне қажетті қарсылықты есептеуге мүмкіндік береді.

(5) формулаға енгізілген өлшемсіз мөлшер θ бөлмедегі ауаның температурасы t_i мен ылғалдылығына ϕ_i сондай-ақ құрылымның оқшаулану дәрежесіне байланысты [7]. Мұндай дәрежені жобада қабылданған жылу беру кедергісінің оның қажетті

мәніне қатынасы ретінде көрсетуге болады (яғни $\frac{R_0}{R_0^n}$). Басқаша айтқанда

$\theta = f(t_i; \phi_i; \frac{R_0}{R_0^n})$. Әр түрлі мақсаттағы үй-жайдайындағы қоршаулардың мәні θ 2-кестеде

көрсетілген.

Кесте 2. Әр түрлі мақсаттағы үй-жайдайындағы қоршаулардың мәні θ

| | | | | | | | |
|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Ғимараттар немесе бөлмелер және олардағы ауа ылғалдылығы | $\frac{R_0}{R_0^n}$ қатынасына байланысты алынған θ мәні | | | | | | |
| | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1,8 | 2,1 |

| | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|
| $t_i = 18^\circ$ болған кездегі 55% ылғалдылығы бар тұрғын үйлер | 0,40 | 0,53 | 0,68 | 0,82 | 1,10 | 1,54 | 1,9 |
| $t_i = 18^\circ$ болған кездегі 50% ылғалдылығы бар қоғамдық және қызметтік үй- жайлар | 0,50 | 0,64 | 0,81 | 0,95 | 1,24 | 1,72 | 2,1 |
| $t_i = 15^\circ$ болған кездегі 60% ылғалдылығы бар өндірістік орындар | 0,03 | 0,13 | 0,22 | 0,33 | 0,54 | 0,84 | 1,1 |
| $t_i = 15^\circ$ болған кездегі 45% ылғалдылығы бар өндірістік орындар | 0,31 | 0,44 | 0,57 | 0,71 | 0,97 | 1,4 | 1,83 |
| $t_i = 18^\circ$ болған кездегі 75% ылғалдылығы бар өндірістік орындар | 0,00 | 0,10 | 0,18 | 0,29 | 0,50 | 0,80 | 1,10 |

Жылу өткізгіш қосындылардың ішкі бетіндегі температураны есептеу өрнегін (5) формуланы түрлендіру арқылы визуалды және қолдануға ыңғайлы түрге келтіруге болады [8].

$\frac{R_0}{R'_k} = \beta$ көрсету арқылы, төмендегі мәнді аламыз:

$$\beta = \frac{\theta + \eta}{\eta} = \frac{t_{к.б} - t'_{к.б}}{t_i - t_{к.б}} + \eta$$

бұнда $t'_{к.б}$ анықтау арқылы, төмендегі теңдеуді табамыз:

$$t'_{к.б} = t_{к.б} - \eta(\beta - 1)(t_i - t_{к.б}) \quad (6)$$

3. Талқылаулар мен нәтижелер

Осы өрнектен қоршаудың қалыпты оқшауланған қималары бетіндегі температурамен салыстырғанда жылу өткізгіш қосылыстың бетіндегі температураның төмендеуі геометриялық өлшемдерге, қосудың пішіні мен орналасуына байланысты болады (η мәні бойынша сипатталады), сондай-ақ құрылымның оқшаулау дәрежесі бойынша (β және $t_i - t_{к.б}$) мәндер бойынша бағаланады) [9].

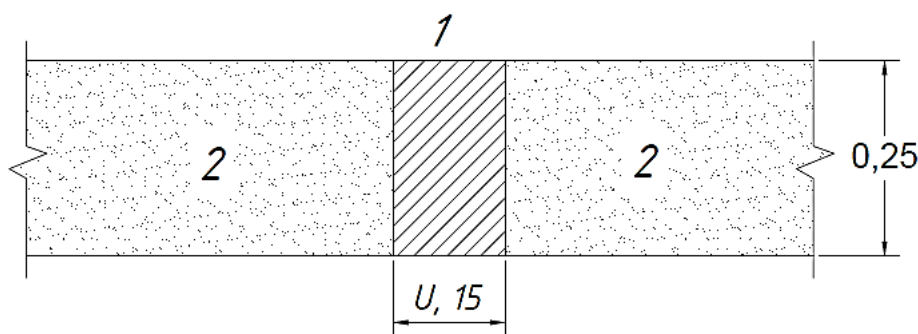
Формула (5) бойынша алынған нәтижелер толығырақ күрделі формуланы (6) қолданған есептеу мәліметтерімен сәйкес келеді [10], бұл жылу өткізгіш қосындылардағы қоршаудың ішкі беті температурасының бөлмедегі ауа t_i температурасына тәуелділігін анықтайды:

$$t'_{к.б} = t_i - \frac{R'_k + \eta(R_0 - R'_k)}{R'_k R_0} R_i(t_i - t_c)$$

Ең кіші мәндер η құрылымның беттеріндегі жылу өткізгіш қабаттармен қосындыларға, әсіресе қоршаудың суық сыртқы бөлігінде орналасқан қосылыстарға сәйкес келетіндіктен, құрылымның бөлмеге қараған бетіндегі температураның төмендеуі осы түрлердің қосындылары болған кезде ең кішкентай болады [11], [12].

Жылу өткізгішті [13,14] қосуға арналған жылу берілуге қажетті кедергі R'_k қосудың формасы мен орналасуына байланысты (бұл бөлменің өлшемімен η және температура-ылғалдылығымен мәнімен θ сипатталады) [15].

(5) өрнектен $\theta=0$ және кез келген мүмкін болатын (0-ден 1-ге дейінгі аралықта) мәндер η , $R'_o = R_o$; демек, ылғалды бөлмелерді қоршайтын және жылу қорғау қасиеттері стандарттардың минималды талаптарымен шектелген құрылымдар үшін кез-келген геометриялық пішін мен өлшемдердің жылу өткізгіш қосындыларының болуына жол берілмейді. Ылғал бөлмелердің қоршауында жылу өткізгіш қосындылардың пайда болу мүмкіндігі жылу өткізгіштігі стандартталған мәндерден едәуір асатын құрылымдар үшін ғана пайда болады [16].



Сурет 2. Темірбетон қаңқасының элементі бар пенобетон тастардан жасалған қабырға құрылысы: 1 – темірбетон қаңқасы; 2 – көбік бетонды қалау

Жабық үй-жайдайындағы ауа ылғалдылығы төмендеген сайын және құрылымдардың оқшаулану дәрежесі жоғарылаған сайын жылу өткізгіш қосындылары бар қоршауларды пайдалану мүмкіндігі артады.

Атап айтқанда, жылу өткізгіштігі төмен, бірақ стандартты өлшемдері бар жеңіл бетон бұйымдарын пайдалану құрғақ өндірістік үй-жайлардың сыртқы қабырғаларының жоғары оқшаулауын қамтамасыз ете алады және ені шектеулі рамалық элементтері бар қоршау құрылымдарын пайдалануға мүмкіндік береді.

Есептеу 1: Өндірістік бөлменің қаңқалық қабырғасын құрғақ режиммен толтыру үшін қалыңдығы 0,25 м көбік бетон блоктары қолданылды [21].

Сыртқы ауаның есептік температурасы -30° , ішкі ауа $+15^{\circ}$. Салыстырмалы ылғалдылық 45% есептелген. Бетон қаңқа элементінің қимасы $0,25 * 0,15$ м.

Соңғысының элементтері қабырғаның бүкіл қалыңдығын қиып өтетін етіп рамамен бір жазықтықта блоктармен толтыруды жүзеге асыруға болатындығын анықтау қажет (2-сурет).

$$\frac{a}{\delta} = \frac{0,15}{0,25} = 0,60; \text{ 1 кесте бойынша } \eta = 0,83.$$

Пенобетонды блоктардан жасалған қабырғаны толтырудың жылу беруіне төзімділік:

$$R_0 = 0,133 + \frac{0,25}{0,22} + 0,05 = 1,31 \text{ град}^* \text{ м}^2 * \text{сағ/ккал}$$

Мұнда 0,22 көбік бетонының жылу өткізгіштік коэффициенті – массасы 800 кг / м³ және құрғақ жұмыс жағдайында.

Бұл жылу бер кедергісі көрсетілген мәннен асып түседі 0,62 град* м²* сағ/ккал

шамамен 2,1 есе (яғни $\frac{R_0}{R_0^H} = \frac{1,31}{0,62} = 2,1$). Бұл шамада мына қатынас $\frac{R_0}{R_0^H}$ θ мәні 1,83 тең

(2 кесте) және жылу өткізгіш қосылым үшін құрылымның жылу беруіне қажетті кедергі:

$$R'_K = \frac{R_0 \eta}{\theta + \eta} = \frac{1,31 \cdot 0,83}{1,83 + 0,83} = 0,41 \text{ град}^* \text{ м}^2 * \text{сағ/ккал}$$

Бетон жақтау элементінің жылу берілуіне нақты кедергі (құрғақ жұмыс жағдайында кірпіш қиыршық таспен бетон ккал / м * сағ * градус):

$$R'_K = 0,133 + \frac{0,25}{0,80} + 0,05 = 0,49 \text{ град}^* \text{ м}^2 * \text{сағ/ккал},$$

шамамен қажеттіге тең.

Осылайша, құрғақ бөлмелердің қабырғаларының жоғары жылу қорғаныш қасиеттерімен, қимасы шектеулі бетон қаңқасының элементтері арқылы әрдайым қабырғаның ішкі бетінде конденсация пайда болмайды.

Темірбетоннан немесе болаттан жасалған жақтаудың жылу өткізгіш элементтері көбірек жылытылатын ғимараттарда мұндай элементтерді қабырғалардың ішкі бетіне орналастыру керек, оларды тіпті құрғақ бөлмелерде құрылымға көміп тастауға болмайды.

Жеңіл қоршау құрылымдарымен, олардың қалыңдығы тиімді оқшаулауды қолдану арқылы жүзеге асырылады, қоршаудың сыртында қоршаудың орналасуы міндетті ереже болып табылады.

Жеңіл бетон тастарынан немесе блоктардан жасалған қабырғалардағы жылу өткізгіш қосылыстар буындарды толтыру үшін қолданылатын ерітіндінің жылу өткізгіштігінің жоғарылығына байланысты пайда болуы мүмкін.

Бөлшектерді ауыр ерітіндімен толтыра отырып, блоктар мен тастар арасындағы интерфизикалық есептеуді өрнек (5) арқылы жүргізуге болады.

Есептеу 2:

Сыртқы ауаның есептік температурасы $t_c = -34^0$ болатын аудандағы тұрғын үйлер үшін ұялы бетон блоктарынан қалыңдығы = 0,25 м қабырғаларды пайдалану жоспарланған. Егер түйіспелердің қалыңдығы $a = 0,015$ м болса, цемент-құмды ерітіндіден қалау жұмыстарын жүргізуге болатындығын анықтау қажет.

$$a\delta = \frac{0,015}{0,25} = 0,06; \text{ 1 кесте бойынша } \eta = 0,27.$$

Қабырғалардың жылу берілуіне кедергісі:

$$R_0 = 0,133 + \frac{0,02}{0,60} + \frac{0,25}{0,25} + \frac{0,02}{0,75} + 0,05 = 1,24 \text{ град}^* \text{ м}^2 \cdot \text{ч} / \text{ккал},$$

мұндағы 0,60; 0,25; 0,75 – ішкі текстураның жылу өткізгіштік коэффициенттері, көлемдік тығыздығы 800 кг/м³ газдалған бетон және сыртқы құрылымы.

Қабырғаның жылу берілуіне нормаланған кедергісі $R_0^H = 1,16 \text{ град}^* \text{ м}^2 \cdot \text{сағ} / \text{ккал}$.

Тігістің бойымен қабырғаның жылу алмасуына кедергісі (цемент-құмды ерітіндісінің λ0,80-ге тең):

$$R'_0 = 0,133 + \frac{0,25}{0,80} + 0,05 = 0,49 \text{ град}^* \text{ м}^2 \cdot \text{сағ} / \text{ккал},$$

Онда 5 формула бойынша:

$$R'_0 = \frac{R_0 \eta}{\theta + \eta} = \frac{1,24 \cdot 0,27}{0,49 + 0,27} = 0,44 \text{ град}^* \text{ м}^2 \cdot \text{сағ} / \text{ккал}.$$

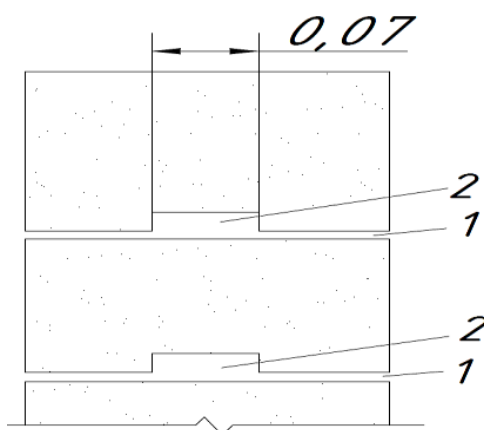
Бұндағы $\theta = 0,49$, $\frac{R_0}{R_0^H} = \frac{1,24}{1,16} = 1,07$ үшін 2 кесте бойынша интерполяциямен анықталған.

Тігіс бойымен жылу беру үшін қажетті және қол жетімді кедергілер арасындағы айырмашылық шамалы (0,49-0,44 = 0,05) және тігістердің ішкі бетінде конденсацияның пайда болуы көбінесе бөлмедегі ауа ылғалдылығының, сондай-ақ цемент тасының тігістегі ылғал дәрежесі және оның жылу өткізгіштік коэффициентінің нақты мәнінің ауытқуына байланысты болады. Цемент-құмды ерітіндінің жылу өткізгіштік коэффициентінің төмендеуімен, мысалы, 0,65 ккал/м²·сағ·град дейін, бұл ұсақ кеуекті цемент тасының құрғақ күйіне сәйкес келеді, тіпті бөлмедегі ауа ылғалдылығының қысқа мерзімді жоғарылауымен конденсация ықтималдығы буындар толығымен жойылады [17].

Қосылыстардағы жеңіл бетон тастарынан және блоктардан жасалған қабырғалардың ішкі бетіндегі ылғалдың конденсациялану ықтималдығы әсіресе ылғалды климаттық аймақтарда жоғары, мұнда буынды толтыратын ерітінді атмосфералық ылғалмен ылғалдандырылуы мүмкін. Бұл жағдайда ішіндегі бос жері бар қосылыстардың орындалуы қабырғаның бүкіл қалыңдығы бойынша ылғалдың капиллярлық қозғалуына жол бермейді, мүмкін мезгіл-мезгіл суланғаннан кейін қатайтылған ерітіндінің тез кебуін қамтамасыз етеді және сонымен бірге жылудың берілуіне тігістегі құрылым кедергісін арттырады.

Қабырғаларды тұрғызу кезіндегі мұндай сындарлы әдіс буындардың қатып қалуының алдын алады, бұл әсіресе ылғалдылығы жоғары қатал климаттық аймақтар үшін өте маңызды.

Тігістердегі ішкі бос жерлер ерітіндіні жағу кезінде тастың бетіне төселген болат немесе ағаш арқалық шаблон арқылы, сондай-ақ өндіріс кезінде алынған төменгі беті профилді жеңіл бетон тастарын қолданған кезде пайда болуы мүмкін (3-сурет) [18].



Сурет 3. Ерітіндінің буындарындағы бос жерлерді алу үшін төменгі беті профильді жеңіл бетон тастары: 1-Ерітінді; 2-ауа кеңістігі

Алдыңғы мысалда қарастырылған газдалған бетон тастарынан жасалған қабырға, егер буындар қуыс болса, бөлме ылғалдылығы 60% -ға көтерілген кезде де термофизикалық талаптарды толық қанағаттандырады [19].

Шынында да, қуыс қосылыстың жылу өткізгіштігі кедергісі

$$R'_k = 0,133 + \frac{0,25 - 0,07}{0,80} + 0,20 + 0,05 = 0,61 \text{ град} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{сағ} / \text{ккал},$$

мұндағы 0,20 – ауа саңылауының жылу кедергісі. Қуыс қосылыстың жылу берілуіне кедергісінің бұл мәні ылғалдылық $\phi = 60\%$ болған кезде қажетті мәнінен асады

$$R'_k = \frac{0,24 \cdot 0,27}{0,38 + 0,27} = 0,52 \text{ град} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{сағ} / \text{ккал}$$

Шындығында, қуыс түйіспенің жылу өткізгіштігі құрғақ күйіне және цемент тасының жылу өткізгіштік коэффициентінің төменгі мәніне байланысты одан да жоғары болады [20].

Есептеу 3. Көбік бетон блоктарынан жасалған қабырғаның ішкі бетіндегі және осы қабырғаны кесіп өтетін бетон қаңқасының бетіндегі температураны, сыртқы ауа температурасы –30 ° болған кездегіні есептеңіз [21].

Пенобетонды блоктардан жасалған қабырғаның жылу өткізгіштік кедергісі $R_0 = 1,50$ град·м²·сағ/ккал, ал бетонның қаңқа элементінің кедергісі $R'_k = 0,49$ град·м²·ч/ккал.

Біз қабырғаның ішкі бетіндегі температураны есептейміз:

$$t_{к.б} = t_i - \frac{t_i - t_c}{R_0} R_i = 15,0 - \frac{15,0 + 30,0}{1,50} 0,133 = 11,00^0$$

$$\beta = \frac{R_0}{R'_k} = \frac{1,50}{0,49} = 3,06; \text{ коэффициент мәні } \eta = 0,83$$

Қабырғаны толтырумен өтетін бетон қаңқасының ішкі бетіндегі температура б формула бойынша анықталады[25]:

$$t'_{к.б} = t_{к.б} - \eta(\beta - 1)(t_i - t_{к.б}) = 11,0 - 0,83(3,06 - 1)(15,0 - 11,0) = 4,20^0$$

4. Қорытынды

1. Жоғарыда келтірілген жылу өткізгіш қосындыларды термофизикалық есептеу әдістері ең қарапайым геометриялық пішіндегі жылу өткізгіш қосындылары бар және бір уақытта бір-бірінен едәуір қашықтықта орналасқан біртектес қоршау құрылымдарына жатады, бұл көрші қосылыстардың әсерін болдырмайды;

2. Жылу беру процестері туралы мақалада қарастырылады;

3. Қоршау құрылымдарының басқа түрлері және күрделі практикада немесе жылу өткізгіш қосылыстардың жақын орналасуы үшін қажет көбінесе жобалау практикасында кездесетін қарапайым есептеу формулалары жоқ.

Авторлардың қосқан үлесі:

Мусабаев Т., Есенгабулов С., Жаркенова Г. – тұжырымдама, әдістеме, ресурстар, мәліметтер жинау.

Жаркенов Е., Темиргалиева А.– талдау, визуализация, интерпретация, жазу, өңдеу.

Әдебиеттер тізімі:

1. Berardi, U., Naldi, M. Vliyanie temperaturno-zavisimoy teploprovodnosti izolyacionnyh materialov na effektivnye harakteristiki ograzhdayushchih konstrukcij. *Energiya i zdaniya*. 2017. 144(2017). Str. 262–275. DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.03.052. URL-adres: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.052>.

2. Arregi B., Garaj-Martines R., Astudil'o Dzh., Garsiya M., Ramos Dzh. K. Eksperimental'naya i chislennaya ocenka teplovyh harakteristik mnogoslownogo komponenta ograzhdayushchej konstrukcii iz biokompozitnyh materialov. *Energiya i zdaniya*. 2020. 214. S. 109846. DOI: 10.1016/j.enbuild.2020.109846. URL-adres: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109846>.

3. Peres-Bella, Dzh.M., Dominges-Ernandes, Dzh., Kano-Sun'en, E., Del' Koz-Dias, Dzh.Dzh., Al'vares Rabanal', F.P. Popravochnyj koefficient dlya approksimacii raschetnoj teploprovodnosti stroitel'nyh materialov. *Primenenie dlya ispanskih fasadov*. *Energiya i zdaniya*. 2015. 88. S. 153–164. DOI: 10.1016/j.enbuild.2014.12.005.

4. Gorshkov A.S., Rymkevich P.P. Diagrammnyj metod opisaniya processa nestacionarnogo teploobmena. *ZHurnal grazhdanskogo stroitel'stva*. 2015. 60(8). Str. 68–82. DOI: 10.5862/MCE.60.8.

5. Damfeu, J.C., Meukam, P., Jannot, Y., Wati, E. Modelirovanie i eksperimental'noe opredelenie teplovyh svojstv mestnyh vlazhnyh stroitel'nyh materialov. *Energiya i zdaniya*. 2017. 135. S. 109–118. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.11.022. URL-adres: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.11.022>.

6. Amaral, K., Visente, R., Ferrejra, V.M., Silva, T. Penopoliuretany s mikroinkapsulirovannym materialom s fazovym perekhodom: sravnitel'nyj analiz podhodov k harakteristike teploprovodnosti.

Energiya i zdaniya. 2017. 153. S. 392–402. DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.08.019. URL-adres: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.08.019>.

7. Gorshkov A.S., Rymkevich P.P., Vatin N.I. Modelirovanie nestacionarnykh processov teploobmena v avtoklavnykh gazobetonnykh stenah. ZHurnal grazhdanskogo stroitel'stva. 2014. 52(8). DOI: 10.5862/MCE.52.5.

8. Fantuchchi S., Lorencati A., Kapoccoli A., Perino M. Analiz temperaturnoj zavisimosti teploprovodnosti vakuumnykh izolyacionnykh panelej. Energiya i zdaniya. 2019. 183. S. 64–74. DOI: 10.1016/j.enbuild.2018.10.002. URL-adres: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.10.002>.

9. Bishara, N., Pernigotto, G., Prada, A., Barat'eri, M., Gasparella, A. Eksperimental'noe opredelenie dinamicheskikh teplovykh harakteristik obolochki zdaniya s uchetom gidrotermicheskogo modelirovaniya – Ocenka metodov i istochnikov neopredelennostej. Energiya i zdaniya. 2021. 236. S. 110798. DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.110798. URL-adres: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.110798>.

10. Ma A., Caj S., YAn Dzh., CHzhou T. Izmerenie teplofizicheskikh svojstv stroitel'nykh izolyacionnykh materialov s ispol'zovaniem metoda nestacionarnogo ploskogo istochnika tepla. Energiya i zdaniya. 2021. 240. S. 110891. DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.110891. URL-adres: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.110891>.

11. Li, L., CHzhan, K., Gang, V., Van, Dzh. CHastotnaya teplovaya harakteristika i parametriceskoe issledovanie mnogofunkcional'noj obolochki zdaniya dlya rekuperacii holoda i teploizolyacii: modelirovanie i eksperimental'naya proverka. Energiya i zdaniya. 2021. 253. S. 111541. DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.111541. URL-adres: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111541>.

12. Bondareva N.S., SHERemet M.A. Harakteristiki teploperedachi v betonnom bloke, sodержashchem material s fazovym perekhodom, dlya obespecheniya teplovogo komforta v zdaniyah. Energiya i zdaniya. 2022. 256. S. 111715. DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.111715. URL-adres: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111715>.

13. Gonsalves, M., Simojns, N., Serra, K., Ines Flores-Kolen, Rottenbaher, K., Almejda, F.A. Issledovanie kraevogo efekta teplovogo mosta v vakuumnykh izolyacionnykh panyah: stacionarnye i nestacionarnye podhody s ispol'zovaniem chislennykh raschetov. i eksperimental'nye metody. Energiya i zdaniya. 2022. 258. DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.111821.

14. Ha, T.T., Feje, V., Vejtens, Dzh., Zibush, K., Pajffer, L., Garsiya, YU., Le Sant, V., Bushi, R., Koenen, A., Monchau, Dzh.P., Ibos, L. Prototip izmereniya dlya bystroj ocenki teplovogo soprotivleniya sten zdaniya v kontroliruemykh i estestvennykh usloviyah okruzhayushchej srede. Energiya i zdaniya. 2022. 268. S. 112166. DOI: 10.1016/j.enbuild.2022.112166. URL-adres: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112166>.

15. Nochentini K., Ibragim M., Bivole P.H., Achard P. Mnogomasshtabnyj termicheskij, energeticheskij i ekonomicheskij analiz kompozicionnykh izolyacionnykh materialov iz aerogelya kremnezema v voloknistom neorganicheskom mate. Energiya i zdaniya. 2022. 272. S. 112365. DOI: 10.1016/j.enbuild.2022.112365. URL-adres: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112365>.

16. Zak Dzh., Brozovski Dzh. Ispol'zovanie nestacionarnogo metoda dlya opredeleniya teploprovodnosti stroitel'nykh konstrukcij 1. Opredelenie koefficienta teploprovodnosti metodom goryachej provoloki. 2007.

17. Latif E., Rajdven G.R., Vidzheesekera D.K., Taker S., CHIupala M.A., N'yuport D. Teploprovodnost' stroitel'nykh materialov: obzor ee opredeleniya. SHkola vychislitel'noj tekhniki, 2011. (January). Pp. 15–22. URL: <http://hdl.handle.net/10552/1491>.

18. ТКР EN 1996-2-2009 (02250) ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЧАст' 2. Proektnye resheniya , vybor materialov i vypolnenie kamennykh konstrukcij 2009(02250).

19. Kayupov, T., Seylkhanova, D.K. 70 physical and mathematical sciences. *Novye metody rascheta nelinejnyh odnomernyh zadach teploprovodnosti dlya himicheski neodnorodnyh tel.* 2018. Pp. 70–75.
20. Cha, J., Seo, J., Kim, S. Building materials thermal conductivity measurement and correlation with heat flow meter, laser flash analysis and TCi. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry.* 2012. 109(1). Pp. 295–300. DOI:10.1007/s10973-011-1760-x.
21. Samarskij, A.A., Nikolaev, E.S. *Metody resheniya setochnyh uravnenij.* Moskva, Nauka, 1978. 592 p.

**Мусабаев Т., Есенгабулов С., Жаркенова Г.,
Жаркенов Е., Темиргалиева А.**

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Теплопроводящие включения в ограждающих конструкциях

Аннотация. В целях снижения теплопотерь здания и удовлетворения требований нормативных документов в последние годы в строительстве широко применяются многоэтажные ограждающие конструкции, в том числе размещение внутри конструкции теплоизоляционного слоя. Под влиянием экономических соображений одним из основных типов этажей здания была кладка ячеистого бетонного блока, облицованного кирпичом с эффективной изоляцией между этажами. Учитывая модернизацию существующих типов ограждающих конструкций и появление большого количества новых конструкций, встал вопрос о правильном определении теплофизических свойств (в основном термозащиты) таких конструкций.

Температура распределяется равномерно, потому что тепло, рассеиваемое по поверхности конструкции, помогает сбалансировать их значения при взгляде на комнату. Однако длина области искажения температурного поля увеличивается (из-за наличия помех). Напротив, понижение температуры (которое распространяется на короткую длину ограждения) становится более заметным и заметным благодаря включениям и включениям, расположенным на теплой поверхности конструкции.

Такие особенности распределения температур в зоне теплопроводящих включений различных типов подтверждаются опытом эксплуатации зданий с соответствующими проектными решениями для панельных стен. Если стены в стыках панелей покрыты теплопроводящим защитным и отделочным слоем с теплой стороны, распределение температуры по внутренней поверхности стены будет равномерным; при отсутствии достаточно толстого и теплопроводного слоя наблюдается выраженное понижение температуры вблизи стыка.

Ключевые слова: ограждающие конструкции, теплопроводные включения.

T. Mussabayev, S.Yessengabulov, G. Zharkenova, Y. Zharkenov, A. Temirgaliyeva
L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Thermal conductive inclusions in building envelopes

Abstract. In order to reduce the heat loss of a building and meet the requirements of regulations, multi-storey building envelopes have been widely used in construction in recent years, including the placement of a thermal insulation layer inside the structure. Under the influence of economic considerations, one of the main types of building floors was a masonry cellular concrete block faced with brick with effective

insulation between floors. Considering the modernization of existing types of building envelopes and the appearance of a large number of new structures, the question arose about the correct determination of the thermal properties (mainly thermal protection) of such structures.

Temperatures are evenly distributed because the heat dissipated over the surface of the structure helps to balance their values when looking at the room. However, the length of the temperature field distortion region increases (due to the presence of interference). On the contrary, the temperature decrease (which extends over a short length of the enclosure) becomes more prominent and noticeable due to inclusions and inclusions located on the warm surface of the structure.

Such peculiarities of temperature distribution in the zone of heat conducting inclusions of different types are confirmed by the experience of operation of buildings with corresponding design solutions for panel walls. If the walls at the joints of panels are covered with a thermally conductive protective and finishing layer on the warm side, the temperature distribution over the inner surface of the wall will be uniform; if there is not enough thermal conductive inclusions and inclusions located on the warm surface of the wall, the temperature distribution will be uniform.

Key words: enclosing structures, thermal conductive inclusions

References:

1. Berardi, U., Naldi, M. The impact of the temperature dependent thermal conductivity of insulating materials on the effective building envelope performance. *Energy and Buildings*. 2017. 144(2017). Pp. 262–275. DOI:10.1016/j.enbuild.2017.03.052. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.052>.
2. Arregi, B., Garay-Martinez, R., Astudillo, J., García, M., Ramos, J.C. Experimental and numerical thermal performance assessment of a multi-layer building envelope component made of biocomposite materials. *Energy and Buildings*. 2020. 214. Pp. 109846. DOI:10.1016/j.enbuild.2020.109846. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109846>.
3. Pérez-Bella, J.M., Domínguez-Hernández, J., Cano-Suñén, E., Del Coz-Díaz, J.J., Álvarez Rabanal, F.P. A correction factor to approximate the design thermal conductivity of building materials. Application to Spanish façades. *Energy and Buildings*. 2015. 88. Pp. 153–164. DOI:10.1016/j.enbuild.2014.12.005.
4. Gorshkov, A.S., Rymkevich, P.P. A diagram method of describing the process of non-stationary heat transfer. *Magazine of Civil Engineering*. 2015. 60(8). Pp. 68–82. DOI:10.5862/MCE.60.8.
5. Damfeu, J.C., Meukam, P., Jannot, Y., Wati, E. Modelling and experimental determination of thermal properties of local wet building materials. *Energy and Buildings*. 2017. 135. Pp. 109–118. DOI:10.1016/j.enbuild.2016.11.022. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.11.022>.
6. Amaral, C., Vicente, R., Ferreira, V.M., Silva, T. Polyurethane foams with microencapsulated phase change material: Comparative analysis of thermal conductivity characterization approaches. *Energy and Buildings*. 2017. 153. Pp. 392–402. DOI:10.1016/j.enbuild.2017.08.019. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.08.019>.
7. Gorshkov, A.S., Rymkevich, P.P., Vatin, N.I. Simulation of non-stationary heat transfer processes in autoclaved aerated concrete-walls. *Magazine of Civil Engineering*. 2014. 52(8). DOI:10.5862/MCE.52.5.
8. Fantucci, S., Lorenzati, A., Capozzoli, A., Perino, M. Analysis of the temperature dependence of the thermal conductivity in Vacuum Insulation Panels. *Energy and Buildings*. 2019. 183. Pp. 64–74. DOI:10.1016/j.enbuild.2018.10.002. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.10.002>.
9. Bishara, N., Pernigotto, G., Prada, A., Baratieri, M., Gasparella, A. Experimental determination of the building envelope's dynamic thermal characteristics in consideration of hygrothermal modelling

– Assessment of methods and sources of uncertainty. *Energy and Buildings*. 2021. 236. Pp. 110798. DOI:10.1016/j.enbuild.2021.110798. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.110798>.

10. Ma, A., Cai, C., Yang, J., Zhou, T. Measuring thermophysical properties of building insulation materials using transient plane heat source method. *Energy and Buildings*. 2021. 240. Pp. 110891. DOI:10.1016/j.enbuild.2021.110891. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.110891>.

11. Li, L., Zhang, C., Gang, W., Wang, J. Frequency thermal characteristic and parametric study of multi-functional building envelope for coolth recovery and thermal insulation: Modelling and experimental validation. *Energy and Buildings*. 2021. 253. Pp. 111541. DOI:10.1016/j.enbuild.2021.111541. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111541>.

12. Bondareva, N.S., Sheremet, M.A. Heat transfer performance in a concrete block containing a phase change material for thermal comfort in buildings. *Energy and Buildings*. 2022. 256. Pp. 111715. DOI:10.1016/j.enbuild.2021.111715. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111715>.

13. Gonçalves, M., Simões, N., Serra, C., Inês Flores-Colen, Rottenbacher, K., Almeida, F.A. Study of the edge thermal bridging effect in vacuum insulation panels: Steady and unsteady-state approaches using numerical and experimental methods. *Energy and Buildings*. 2022. 258. DOI:10.1016/j.enbuild.2021.111821.

14. Ha, T.T., Feuillet, V., Waeytens, J., Zibouche, K., Peiffer, L., Garcia, Y., Le Sant, V., Bouchie, R., Koenen, A., Monchau, J.P., Ibos, L. Measurement prototype for fast estimation of building wall thermal resistance under controlled and natural environmental conditions. *Energy and Buildings*. 2022. 268. Pp. 112166. DOI:10.1016/j.enbuild.2022.112166. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112166>.

15. Nocentini, K., Ibrahim, M., Biwole, P.H., Achard, P. Multi-scale thermal, energetic and economic analysis of composite insulating materials made of silica aerogel in a fibrous inorganic mat. *Energy and Buildings*. 2022. 272. Pp. 112365. DOI:10.1016/j.enbuild.2022.112365. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112365>.

16. Zach, J., Brozovsky, J. Using of non-stationary method for determination of thermal conductivity in a building structure 1 . Determination of the heat conduction coefficient by the hot wire method. 2007.

17. Latif, E., Rhydwen, G.R., Wijeyesekera, D.C., Tucker, S., Ciupala, M.A., Newport, D. Thermal conductivity of building materials: an overview of its determination. *The School of Computing, Information Technology and Engineering, 6th Annual Conference 2011*. 2011. (January). Pp. 15–22. URL: <http://hdl.handle.net/10552/1491>.

18. ТКП EN 1996-2-2009 (02250) ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ Часть 2. Проектные решения , выбор материалов и выполнение каменных конструкций 2009(02250).

19. Каууров, Т., Seylchanova, D.K. 70 physical and mathematical sciences. Новые методы расчета нелинейных одномерных задач теплопроводности для химически неоднородных тел. 2018. Pp. 70-75.

20. Cha, J., Seo, J., Kim, S. Building materials thermal conductivity measurement and correlation with heat flow meter, laser flash analysis and TCi. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2012. 109(1). Pp. 295–300. DOI:10.1007/s10973-011-1760-x.

21. Самарский, А.А., Николаев, Е.С. Методы решения сеточных уравнений. Москва, Наука, 1978. 592 p.

Авторлар туралы мәлімет:

Мұсабаев Т.Т. – техника ғылымдарының докторы, Л.Н. Гумилева атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, Қажымұқан көшесі, 13

Есенғабулов С.К. – техника ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилева атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қажымұқан көшесі, 13

Жаркенова Г.Е. – докторант, Л.Н. Гумилева атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, Қажымұқан көшесі, 13

Жаркенов Е.Б. – PhD, Л.Н. Гумилева атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, Қажымұқан көшесі, 13

Темірғалиева А.Е. – 3 курс докторанты, Л.Н. Гумилева атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, Қажымұқан көшесі, 13

Мусабаев Т.Т. – доктор технических наук, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, ул. Кажымукана, 13.

Есенғабулов С.К. – кандидат технических наук, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, ул. Кажымукана, 13.

Жаркенова Г.Е. – докторант, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, ул. Кажымукана, 13.

Жаркенов Е.Б. – PhD, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, ул. Кажымукана, 13.

Темірғалиева А.Е. – докторант 3 курса, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, ул. Кажымукана, 13.

Musabaev T.T. – Doctor of technical sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National university, Astana, Kazhymukan str. 13

Yessengabulov S.K. – candidate of technical sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National university, Astana, Kazhymukan Str. 13

Zharkenova G.Y. – PhD student, L.N. Gumilyov Eurasian National university, Astana, Kazhymukan Str. 13

Zharkenov Y.B. – PhD, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, Kazhymukan Str. 13

Temirgaliyeva A.Y. – PhD student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, Kazhymukan Str. 13



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).