



СӘУЛЕТ ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫС
АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО
ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

СӘУЛЕТ ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫС
АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО
ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

DOI 10.51885/1561-4212_2024_3_263
MFTAA 67.29.03

С.К. Есенгабулов¹, Е.Б. Жаркенов², М.С. Кожамет³,
М.Н. Нұрбаева⁴, А.Е. Джексембаева⁵

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

¹E-mail: serik-y@mail.ru*

²E-mail: berdenovich@gmail.com

³E-mail: meiram_kms@mail.ru4

⁴E-mail: marzhan_nurbaeva@mail.ru

⁵E-mail: dzheksembayeva_ae@mail.ru

КИИЗ ҮЙ ТӘРІЗДІ ЖӘНЕ ШАРШЫ ПІШІНДЕС ҒИМАРАТТАРДЫҢ ЭНЕРГИЯ ТИІМДІЛІККЕ ӘСЕРІН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЮРТОПОДОБНЫХ И КВАДРАТНЫХ ЗДАНИЙ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE IMPACT OF YURT-LIKE AND SQUARE BUILDINGS ON ENERGY EFFICIENCY

Аңдатпа. Энергия үнемдеу талаптарын қамтамасыз ету мақсатында экстремалды климаттық өңірлердегі ғимараттардың энергия тиімділігін арттыру үшін олардың үлесіне жалпы энергия тұтынудың 40 %-дан астамы тиесілі. Сондықтан да ол өңірлерде ғимараттардың оңтайлы геометриясын анықтау маңызды факторлардың бірі болып табылады. Ғимараттардың формасы үй-жайларды жылыту және салқындату үшін энергияны пайдалануға әсер етеді, бірақ геометрия мен энергияны тұтыну арасындағы байланыс әрдайым айқын бола бермейді. Бұл мақалада бағалауға тән екі түрлі прототиптік ықшам нысандар – киіз үй тәрізді және шаршы пішіндес ғимараттардың энергия тиімділікке ісерін салыстырмалы талдау мысалы келтірілген.

Түйін сөздер: ғимараттың геометриясы, энергия тиімділігі, жылу бөлу, жылу жоғалту.

Аннотация. Для повышения энергоэффективности зданий в экстремальных климатических зонах с целью обеспечения требований энергосбережения на их долю приходится более 40% от общего энергопотребления. Поэтому одним из важных факторов является определение оптимальной геометрии зданий в регионах. Форма зданий влияет на использование энергии для обогрева и охлаждения помещений, но взаимосвязь между геометрией и потреблением энергии не всегда очевидна. В этой статье приведен пример сравнительного анализа влияния на энергоэффективность двух различных прототипов компактных объектов - юртовых и квадратных зданий-для оценки.

Ключевые слова: геометрия здания, энергоэффективность, тепловыделение, теплопотери.

Abstract. To increase the energy efficiency of buildings in extreme climatic zones in order to meet energy saving requirements, they account for more than 40% of total energy consumption. Therefore, one of the important factors is to determine the optimal geometry of buildings in the regions. The shape of buildings affects the use of energy for heating and cooling rooms, but the relationship between geometry and energy consumption is not always obvious. This article provides an example of a comparative analysis

of the impact on energy efficiency of two different prototypes of compact objects-yurt and square buildings-for evaluations.

Keywords: *building geometry, energy efficiency, heat dissipation, heat loss.*

Kipicne. Ғимараттар – экономиканың ең ірі энергия тұтыну секторы болып табылады, ол барлық тұтынылатын энергияның 40 %-дан астамын құрайды (Allen, J. G., et al., 1997). Энергия тиімді ғимараттар энергия тұтынуды барынша азайту талаптарына жақсы жауап беретін сәулет, дизайн және инженерлік шешімдерінің кешенді шешімінен тұрады. Жобалаушылар үшін ерекше мәселе – бұл бірнеше қарама-қарсы маусымы бар аймақтар, өйткені бұл көбінесе қарама-қайшылықты дизайн шешімдерін қажет етеді (Depecker P. et al., 2001). Бұл әсіресе климаты күрт өзгеріске ұшырап отыратын континенталды аймаққа қатысты, ол жылдық температураның айтарлықтай өзгеруімен, жауын-шашынның көп мөлшерімен және қатты желмен сипатталады.

Бұл континенталды климаттағы ғимарат тиісті жобалық шешімдер қабылдай отырып, температураның айтарлықтай ауытқуларына, қар мен жел жүктемелеріне, қарқынды күн радиациясына және басқа да сыртқы жүктемелерге төтеп бере алатындығын білдіреді. Ғимараттардың жылу тепе-теңдігі олардың сыртқы пішіндерін таңдау, кеңістікті жоспарлау және жобалау шешімдері арқылы, жылу және желдету жүйелерін, іштен жылу келуін, күн сәулесінен жылу келуін, терезелер мен есіктер сияқты мөлдір құрылымдарды оңтайлы орналасуын ескеріп, тиімді құрылыс материалдары мен технологиялары арқылы оңтайландыруға болады.

Ғимарат формасының архитектуралық шешімі мен энергияны тұтыну арасындағы байланыс этанолды ғимаратқа байланысты зерттелген (Pessenlehner W. et al., 2003; Marks, W. et al., 1997; Lis, P. 2007). Ықшам ғимараттар жылу жоғалтудың ең аз мөлшерін құрайтын болғандықтан, онда ғимараттар энергияны тұтыну жағынан алғанда тиімді болып табылады.

Ғимараттардың ықшамдығы олардың ауданының көлемге қатынасы немесе жинақылық коэффициенті деп аталады. Жинақылық әрі ықшам ғимараттардың берілген көлемі үшін сыртқы қабырға бетінің ауданы аз болады. Барлық мүмкін геометриялық пішіндердің ішінде ғимараттардың ең ықшам формасы сфера болып табылады, өйткені сфераның көлемін ең аз болатын ауданымен қоршауға болады. Іс жүзінде сфералық құрылымдар негізінен бақылау пункттері және сақтау орындары сияқты мамандандырылған мақсаттарда қолданылады. Тұрғын үй құрылысына қатысты шығыс елдерінде көбінесе жартылай сфералық формалар – күмбездер қолданылады. Орталық Азияда бұл форманы ғасырлар бойы көшіп қонуға оңтайландырып, жиналмалы баспана, дәстүрлі киіз үй жасау үшін кеңінен қолданып келеді (1-сурет).



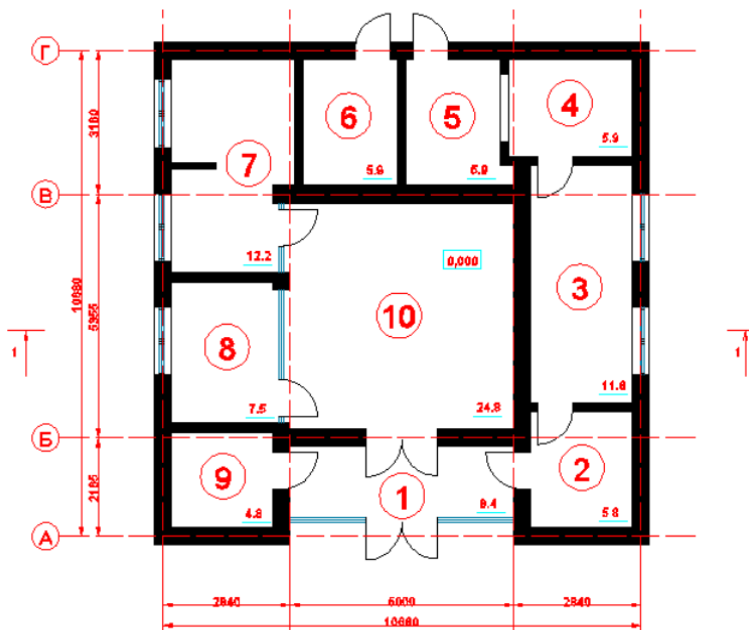
1-сурет. Дәстүрлі киіз үй

Ескерту – авторлармен жасалған

Әлбетте, күмбездер тәріздес ғимараттардың жинақылығы, жел мен жер сілкінісіне жоғары төзімділікті қамтамасыз етуі және сонымен қатар тиімді аэродинамикалық ерекшеліктеріне қарамастан, заманауи құрылыста қолданылатын ғимараттарды геометриялық формасы негізінен тік бұрышты. Американдық археолог Кент Фланнери «Тікбұрышты құрылымдар уақыт өте келе әлемдегі көптеген археологиялық аймақтар дөңгелек құрылымдарға ауыстырылады» деген болатын. Қазіргі кезде құрылыста кеңінен қолданылып келе жатқан ең ықшам пішін – бұрыштар мен тік бұрыштардың саны аз шаршы екені белгілі.

Материалдар мен зерттеу әдістері. Осы зерттеуде қарапайым шаршы пішіндес (А ғимараты) және дәстүрлі киіз үй пішіндес (В ғимараты) болып табылатын ғимараттардың неғұрлым ықшам геометрияларын және оларды энергетикалық көрсеткіштерге әсері салыстырылады. Екі ғимарат та бір қабатты тұрғын үйлер ретінде жобаланған. Қабылданған климат шұғыл континентті, орташа температурасы қаңтар айында $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -тан $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ және шілде айында $+19\text{...}+26\text{ }^{\circ}\text{C}$. Қыста температура $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ дейін төмендеуі мүмкін, ал жазда олар $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ дейін көтеріледі. Жылыту маусымы 216 күнді, ішкі және сыртқы ауаның орташа температурасы сәйкесінше $+23\text{ }^{\circ}\text{C}$ және $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ құрайды. Қыста сыртқы ауаның есептік температурасы $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$. Желдің орташа жылдамдығы 5,9 м/с.

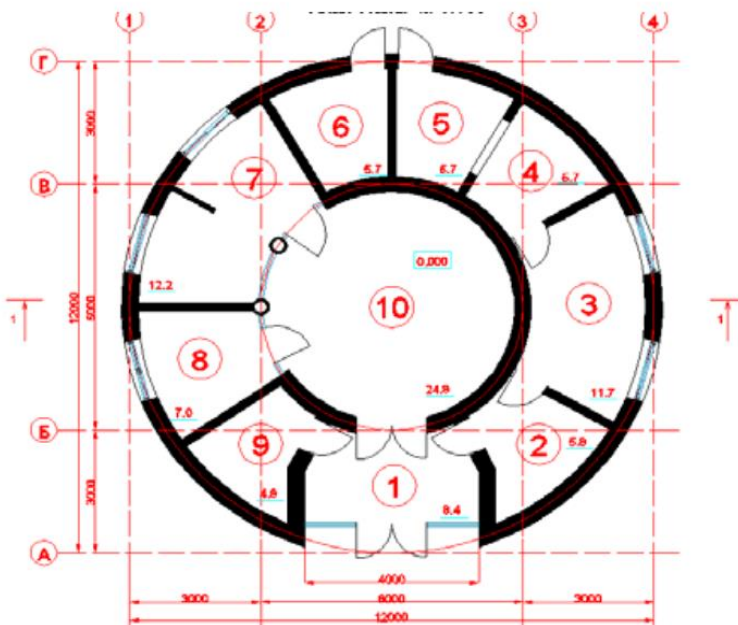
Нысан ретінде қабылданған ғимараттардың жоспарлары 2 және 3-суреттерде көрсетілген.



2-сурет. Шаршы пішіндес ғимарат жоспары (А ғимараты)

Ескерту – авторлармен жасалған

Бұл зерттеуде жергілікті құрылыс нормалары мен халықаралық танымал стандарттарды қабылдау арқылы ғимараттардың энергия тиімділігін бағалаудың екі түрлі әдісі қолданылған. Осылайша, бірінші әдіс бойынша екі ғимарат та жергілікті құрылыс нормалары ҚР ҚН 2.04.01-2004 «Энергияны тұтыну және азаматтық ғимараттарды жылудан қорғау» талаптарын қанағаттандырады, ал екінші әдіс бойынша Пассивті стандарттарының талаптарына сәйкестендірілген.



3-сурет. Киіз үй пішіндес ғимарат жоспары (В ғимараты)

Ескерту – авторлармен жасалған

Пассивті ғимарат – құрылыс аумағындағы күн сәулесі, жел және басқа да табиғи ресурстарға негізделген ғимараттың, жылыту, салқындату, жарықтандыру және желдету жүйелерінің жиынтығы. Пассивті ғимарат күн мен желден басқа кез келген сыртқы энергия көздерін қарастырғанға дейін энергия тұынуды азайтудың барлық мүмкін шараларын қолдануды қамтиды. Қазіргі экологиялық ғимараттардың көшбасшыларының бірі Рэнди Крокстон, пассивті ғимарат «табиғатқа бағынуға» мүмкіндік береді деп сипаттайды. Пассивті форматта жобаланған ғимарат әдеттегідей белсенді энергия көздерін пайдаланбай пассивті жылыту және салқындату, күндізгі жарық, желді, рекуперациялық желдетудің, түрлі жылу алмастырғыштар арқасында жеткілікті жұмыс істей алады (Tabosa R. 2017).

1988 жылы доктор Бо Адамсон мен Вольфганг Файст «Пассивті үй» деп аталатын энергия үнемдейтін ғимараттың жаңа түріне арналған энергияны модельдеуді көрсететін жұмысын жариялады. Осыдан кейін 1991 жылы сәулетшілер Ботт, Риддер және Вестермайер Германияда Дармштадтта әрқайсысы 1,79 шаршы футтан тұратын төрт бөлек үйге бөлінген біртұтас құрылым құрады (Ourghi, R et al., 2007).

Нәтижелері және оларды талқылау. Қазіргі уақытта Пассивті үй энергияны үнемдейтін құрылыстың әлемдегі жетекші стандарты болып табылады: ол орталық Еуропаның типтік ғимараттары тұтынатын энергияның тек 10 %-ын қажет етіп, энергияны 90 %-ға дейін үнемдеуге мүмкіндік береді. Пассивті үйлердің энергия бағасының өсуіне аса мән бермейді. Дармштадт өлшемдеріне сәйкес пассивті үйдің теникалық анықтамасы келесі негізге қасиеттерді қамтиды:

- ғимараттың жылдық жылу қажеттілігі $15 \text{ кВт} \cdot \text{сағ} / \text{м}^2$ артық емес,
- салқындату қажеттілігі $15 \text{ кВт} \cdot \text{сағ} / \text{м}^2$ аспайды,
- бастапқы энергияны қажеттілік $120 \text{ кВт} \cdot \text{сағ} / \text{м}^2$ артық емес.

Жоғарыда аталған ақпараттарды ескере отырып, екі ғимарат 1-кестеде келтірілген.

1-кесте. Шаршы пішіндес және киіз үй пішіндес ғимараттардың параметрлері

№	Атауы	Параметрлері	А ғимараты	В ғимараты
1	Жалпы мәліметтер	жалпы биіктігі	6,3 м	6,3 м
		қабат биіктігі	3,0 м	3,0 м
		қабаттар саны	1	1
		еден алаңы	87,0 м ²	87,0 м ²
		жылытылатын аудан	55 м ²	73,0 м ²
		жылытылатын көлем	165 м ³	219,0 м ³
		тұрғындар саны	5	5
2	Аудандар, м ²	сыртқы қабырғалар	100,0	78,0
		қабат	113,0	113,0
		терезелер	11,0	11,0
		есіктер	12,0	12,0
3	Жылы өткізгіштікке қарсылық R, м ² ·°C/Вт (ҚР ҚН 2.04.01-2004 бойынша)	сыртқы қабырғалар	3,6	3,6
		еден	4,7	5,34
		терезелер	0,6	0,62
		есіктер	1,0	0,97
4	Жылы өткізгіштікке қарсылық R, м ² ·°C/ W (Пассивті үй стандарты бойынша)	сыртқы қабырғалар	10,0	10,0
		еден	10,0	10,0
		терезе	1,2	1,2

		есік	1,2	1,2
Ескерту – авторлармен жасалған				

Энергия тиімділігін талдау екі прототиптік ғимараттарды маусымдық жылыту және салқындату үшін энергия қажеттіліктерін салыстыруға негізделген. Форманың жалпы энергия қолдану әсерін болжау үшін әртүрлі талдау әдістері қолданылады. Урги және басқалар жылдық энергия (AlAnzi, A., et al., 2009) тұтынуды ғимараттардың салыстырмалы ықшамдылығымен салыстырады және тікбұрышты және L-тәрізді ғимараттармен шектелетін жеңілдетілген әдіс ұсынады. Әл Әнзи және басқа да зерттеушілер (Wang, W et al., 2006) T-тәрізді, U-тәрізді, H-тәрізді және кесілген геометрияны, сондай-ақ терезе аудандары мен әйнек түрлерін қосу арқылы кеңейтілген әдістер ұсынды. Ван және оның әріптестері (Peippo, K et al., 1999) алгоритм арқылы еден жоспарының формасын оңтайландыру әдістемесін ұсынды. Пиппо ғимараттарды жобалаудың оңтайлы параметрлерін анықтау үшін сандық көпөлшемді оңтайландыру іс-шараларын жасады.

Бұл зерттеу ТМД елдері қабылдаған (Yessengabulov S. et al., 2016; Yessengabulov S. 2009) қолданыстағы тұрғын үйлерге жылу тұтынуды есептеу нұсқаулығында келтірілген әдіснама қолданылды. Осыған сәйкес энергияның жалпы қажеттілігі мына формула бойынша анықталады:

$$Q_k^y = [Q_{tr}^y + Q_{inf}^y - (Q_{int}^y + Q_s^y) * v * \zeta] * \beta_k \quad (1)$$

мұндағы: Q_k^y – сыртқы қоршау арқылы жылу жоғалуы (кВт*с); Q_{tr}^y – трансмиссиялық жылу жоғалуы (кВт*с); Q_{inf}^y – инфильтрациялық жылу жоғалуы (кВт*с); Q_{int}^y – ішкі көздер арқылы жылудың өсімі (кВт*с); Q_s^y – мөлдік құрылымдарға түсетін күн сәулесі арқылы жылудың өлшемі (кВт*с); v – жылу бөлу/жылу жоғалту коэффициенті; ζ – автоматты басқару жүйелерінің тиімділік коэффициенті; β_k – жылыту жүйелері мен жабдықтары арқылы жылу жоғалтуымен байланысты жылу энергиясына қосымша қажеттілік.

Сыртқы қоршау арқылы кететін жылу шығыны формаула бойынша есептеледі:

$$Q_{tr}^y = 0.024 D_d \sum i \frac{1}{R_i} A_k n \quad (2)$$

мұндағы: D_d – жылыту кезеңіндегі градустық-тәулік (күніне °C); R_i – термиялық кедергі ($m^2 * K / W$); A_k – сыртқы құрылымдардың ауданы (m^2); n – сыртқы қоршаулардың ауамен тәуелділігін көрсететін коэффициент.

Ауа инфильтрациясы есебінен болатын жылу шығыны:

$$Q_{inf}^y = 6.7 * 10 - 3 (L_v K_v + L_{vo}) C_v P_a^{inf} D_d, \quad (3)$$

мұндағы: L_v – жылу алмасу жылдамдығы ($m^3 / caғ$); K_v – кіреберіс, баспалдақ және лифт арқылы ауаның қосымша инфильтрация коэффициенті, сондай-ақ терезелердің герметикалығы төмен пәтерлердегі ауаның нормативтік циркуляциясынан асатын инфильтрация коэффициенті (ауа өткізгіштігінің кедергісі); L_{vo} – кіріктерілген блоктар үшін ауаның өзгеру жылдамдығы ($m^3 / caғ$); C_v – меншікті жылу сыйымдылығы ($кДж / кг * °C$); P_a^{inf} – кіретін ауаның тығыздығы ($кг / m^3$).

Ішкі көздер арқылы жылудың өсімі мына формула көмегімен анықталады:

$$Q_{int}^y = 0.024 q_{int} z_{int} A_r, \quad (4)$$

мұндағы: q_{int} – жылудың ішкі өсімі ($Вт / m^2$); A_r – тұрғын үй-жайлардың ауданы (m^2).

Мөлдір құрылымдарға түсетін күн сәулесі арқылы жылудың өсімі мына формула бойынша анықталады:

$$Q_s^y = T_F K_F \sum_{K=1}^8 A_{F,K} I_K, \quad (5)$$

мұндағы: T_F – жарық өткізгіш терезелер арқылы күн сәулесінің салыстырмалы ену коэффициенті; K_F – көлеңкелеу коэффициенті; $A_{F,K}$ – терезелердің ауданы (m^2); I_K – жылу беру кезеңі ішінде тік беттерге түсетін күн сәулесінің орташа қарқындылығы ($kВт \cdot c/m^2$).

Ғимараттардың бір шаршы метрінің энергия тұтынуы мына формула бойынша анықталады:

$$Q_k^y = \frac{Q_k^y}{A_F}, \quad (6)$$

Жоғарыда сипатталған әдістеме негізінде екі прототиптік ғимараттағы энергия шығыны мен өсу мәні анықталды. Жалпыланған нәтижелер 2 және 3-кестелерде келтірілген.

2-кесте. Жергілікті ғимарат үшін жылу жоғалту және өсу нәтижелері

№	Параметрлер	А ғимараты	В ғимараты
1	Сыртқы қоршау арқылы кететін жылу шығыны, $kВт \cdot c$	16 650	14 352
2	Ауа инфильтрациясы есебінен болатын жылу шығыны, $kВт \cdot c$	22 918	21 319
3	Ішкі көздер арқылы жылудың өсімі, $kВт \cdot c$	6 433	6 433
4	Мөлдір құрылымдарға түсетін күн сәулесі арқылы жылудың өсімі, $kВт \cdot c$	5 812	5 812
5	Энергияның жалпы қажеттілігі, $kВт \cdot c$	30 328	23 425
6	Ғимараттардың бір шаршы метрінің энергия тұтынуы, $kВт \cdot c/m^2$	350	270

Ескерту – авторлармен жасалған

2-кестеге сәйкес, А ғимараты В ғимаратына қарағанда сыртқы қоршау арқылы кететін жылу 13,8 %-ға және ауа инфильтрациясы есебінен болатын жылу шығыны 7 %-ға көп жылу жоғалатынын көруге болады. Жылудың көп жоғалуы геометриялық жылу көпірлерінің көптігі әсерінен туындайды. А ғимаратында жылу көпірлері қабырғалардың бұрыштары сияқты екі жазықтықтың түйіскен жерінде пайда болады. В ғимаратында қиылысқан бұрыштары болмағанымен біршама аз жылу ағыны орын алады. Екі жағдайда да жылу шығындарының көп бөлігі оқшаулағыш материалдағы қиылысқан жерлері мен олардың бекітілуі арқылы жүреді.

Осыған ұқсас тенденция 3-кестеде көрсетілген, сыртқы қоршау арқылы кететін энергия шығыны сәйкесінше 11,7 % және 6,5 % төмендейді. Пассивті үй стандарты Қазақстандағы құрылыс нормалары мен ережелеріне қарағанда жылу оқшаулауға қатаң талаптар қояды. 1-кестеде көрсетілгендей, құрылыс элементтерінің жылу кедергісі Пассивті үй стандартында 2-3, 5 есе жоғары.

3-кесте. Пассивті үй стандарты үшін жылу жоғалту және жылу өсімі нәтижелері

№	Параметрлер	А ғимараты	В ғимараты
1	Сыртқы қоршау арқылы кететін жылу шығыны, $kВт \cdot c$	8530	7526
2	Ауа инфильтрациясы есебінен болатын жылу шығыны, $kВт \cdot c$	9109	8514

3	Ішкі көздер арқылы жылудың өсімі, кВт·с	6433	6433
4	Мөлдір құрылымдарға түсетін күн сәулесі арқылы жылудың өсімі, кВт·с	3270	3270
5	Энергия қажеттілігі, кВт·с	8809	6377
6	Ғимараттардың 1 м ³ энергия тұтынуы, кВт·с/м ²	100	73
<i>Ескерту – авторлармен жасалған</i>			

А және В ғимараттарына арналған тұрғындар саны, жарықтандыру, электр аспаптары, терезелер мен есіктердің сипаттамалары, сондай-ақ оның бағыты пайдаланғандықтан, ішкі жылу шығарудың, сондай-ақ терезелер мен күн радиациясының алынған мәндері екі ғимарат үшін де бірдей болды. Тек айырмашылығы жергілікті құрылыс нормалары мен пассивті үй стандарты үшін терезелер арқылы түсетін күн сәулесін салыстырған кезде байқалады. Талаптарға сәйкес, пассивті үйдің стандартты әйнегі жоғары, жалпы күн өткізгіштікке кемінде 50 % ие болуы керек, бұл қыста жылудың іштен өсуіне мүмкіндік береді.

Қорытынды. Киіз үй тәрізді және шаршы пішіндес ғимараттардың энергия тиімділікке әсерін салыстырмалы талдау, киіз үй тәрізді ғимараттың энергияны 23-27 % үнемдейтіндігін байқадық.

Бұл зерттеуде ғимараттардың пішіні мен олардың энергияны қолдану арасындағы байланысты зерттеу барысында келесілер анықталды:

- Киіз үй тәрізді ғимарат жылыту және салқындату үшін жалпы энергияны 23-27 % дейін үнемдейді;
- Жылудың ішкі өсуі мөлдір құрылымдар арқылы ғимараттың пішініне байланысты емес;
- Пассивті үй стандарты жергілікті құрылыс нормаларына қарағанда ғимараттың энергия тиімділігін 3,5 есе арттырады.

Мүдделер қақтығысы. Авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

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

Әдебиеттер тізімі

- Allen, J.G., MacNaughton, P., Laurent, J.G.C., Flanagan, S.S., Eitland, E.S., & Spengler, J.D. (2015). Green buildings and health. Current environmental health reports, 2, 250-258.
- Brazel, A., & Martin, J. (1997). Town planning, architecture and building. Applied Climatology. Principles and Practice. Routledge, London, 175-186.
- Depecker, P., Menezes, C., Virgone, J., & Lepers, S. (2001). Design of buildings shape and energetic consumption. Building and Environment, 36(5), 627-635.
- Pessenlehner, W., & Mahdavi, A. (2003). Building morphology, transparency, and energy performance (pp. 1025-1032). na.
- Marks, W. (1997). Multicriteria optimisation of shape of energy-saving buildings. Building and environment, 32(4), 331-339.
- Lis, P. (2004). Shape index of school buildings and energy consumption for heating. Budownictwo o Zoptymalizowanym Potencjale Energetycznym, (2)), 204-208.
- Burger, M. (2008). The Shaping of Western civilization: From antiquity to the Enlightenment. University of Toronto Press.
- Kibert, C. J. (2016). Sustainable construction: green building design and delivery. John Wiley & Sons.
- Tabosa, R. M. R., & Silva, G. J. A. (2017). Life cycle assessment in housing projects: an applied study for the context of Northeast Brazil. WIT Transactions on Ecology and the Environment, 210, 171-182.
- Ourghi, R., Al-Anzi, A., & Krarti, M. (2007). A simplified analysis method to predict the impact of shape on annual energy use for office buildings. Energy conversion and management, 48(1), 300-305.

- AlAnzi, A., Seo, D., & Krarti, M. (2009). Impact of building shape on thermal performance of office buildings in Kuwait. *Energy Conversion and Management*, 50(3), 822-828.
- Wang, W., Rivard, H., & Zmeureanu, R. (2006). Floor shape optimization for green building design. *Advanced Engineering Informatics*, 20(4), 363-378.
- Peippo, K., Lund, P. D., & Vartiainen, E. (1999). Multivariate optimization of design trade-offs for solar low energy buildings. *Energy and buildings*, 29(2), 189-205.
- ҚР ҚН 2.04.01-2004 «Энергияны тұтыну және азаматтық ғимараттарды жылудан қорғау» // ҚР ҚН 2.04.01-2004 «Energiyani tıtynu zhəne azamattıq ғimarattardy zhyludan qorғаu»
- Yessengabulov, S., & Uyzbayeva, A. (2016). Retrofitting Measures for Existing Housing Stock in Kazakhstan. *International Journal of Architectural and Environmental Engineering*, 10(10), 1316-1323.
- Есенгабулов, С. К. (2009). Энергоэффективные наружные стены с организованным воздухообменом (Doctoral dissertation, Центральный научно-исследовательский и проектный институт жилых и общественных зданий) // Esengabulov, S.K. (2009). Energoeffektivnye naruzhnye steny s organizovannym vozduhoobmenom (Doctoral dissertation, Central'nyj nauchno-issledovatel'skij i proektnyj institut zhilyh i obshchestvennyh zdaniy)

Information about authors

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

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

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

Nurbayeva Marzhan Nurbaykyzy – PhD, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, E-mail: marzhan_nurbaeva@mail.ru

Zhaksembayeva Asel Yermekovna – PhD, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, E-mail: dzheksembayeva_ae@mail.ru
