

FTAMP 67.09.45

Ә.Қ. Жусипбеков¹ – негізгі автор, ©
Д.Ж. Артықбаев², У.Б. Абдикерова³,
Қ.С. Досалиев⁴, И.Ф. Икрамов⁵



¹Аға оқытушы, ²PhD, аға оқытушы, ^{3,5}PhD, ⁴PhD, доцент

ORCID

¹<https://orcid.org/0009-0001-4123-8395> ²<https://orcid.org/0000-0003-4794-8707>

³<https://orcid.org/0000-0002-1630-6229> ⁴<https://orcid.org/0000-0002-5423-9231>

⁵<https://orcid.org/0009-0007-7454-6339>



^{1,2,4}М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,

Шымкент қ., Қазақстан

³Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., Қазақстан

⁵Аймақтық инновациялық университеті, Шымкент қ., Қазақстан



²artykbaev_d@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/AWPC4207>

ЖАҢА ҚАТТЫ БЕТТІ АКРИЛДІ ҚАПТАУ ПАНЕЛЬДЕРІНІҢ МЕХАНИКАЛЫҚ, ЖЫЛУ ӨНІМДІЛІГІ МЕН БЕРІКТІГІН АНЫҚТАУ

Аңдатпа. Құрылыс секторындағы энергияны тұтынуды және жаһандық шығарындыларды одан әрі азайтуға бағытталған халықаралық күш-жігерге сәйкес, қаптау жүйелері ғимараттардың жалпы энергия тиімділігіне қосқан іргелі үлесінің арқасында шешуші рөл атқара алады. Бұл мақалада акрил негізіндегі қатты беті бар инновациялық материалдан жасалған жаңа қаптау панельдерінің сипаттамаларын анықтауға пәнаралық тәсілді қолдану қарастырылады. Олардың өнімділігі әртүрлі механикалық, термиялық және беріктік сынақтарынан бағаланды, олар серпімділік пен қоршаған ортаның қатал жағдайларына, желдің қатты жүктемелеріне немесе температураның айтарлықтай өзгеруіне төзімділік тұрғысынан перспективалы нәтижелер көрсетті.

Тірек сөздер: қаптау панельдері, жасанды акрил тас, механикалық сипаттамалары, инновациялық материал.



Жусипбеков, Ә.Қ. Жаңа қатты бетті акрилді қаптау панельдерінің механикалық, жылу өнімділігі мен беріктігін анықтау [Мәтін] / Ә.Қ. Жусипбеков, Д.Ж. Артықбаев, У.Б. Абдикерова, Қ.С. Досалиев, И.Ф. Икрамов //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.198-211. <https://doi.org/10.55956/AWPC4207>

Кіріспе. Алдағы жылдары құрылыс индустриясының өсуіне және тұрғын үй мен коммерциялық құрылыста энергияны үнемдейтін ғимараттарға сұраныстың артуына байланысты қаптау жүйелерінің әлемдік нарығы кеңейеді деп болжануда [1]. Қаптау индустриясы негізінен механикалық және жылу өнімділігімен, эстетикалық көрінісімен және беріктігімен ерекшеленетін өнімдердің кең ассортиментін қамтитындықтан, қасбеттік жүйелердің бұл түрінің артықшылығы олардың жөндеу кезінде де, жаңа құрылыста да ғимараттың жалпы энергия тиімділігіне қосқан үлесі болып табылады.

Қаптау жүйелері, әсіресе желдетілетін қасбет технологиясында қолданылатындар оңтайлы шешім болар еді. Өйткені олар энергия тиімділігі және төмен қызмет ету мерзімі сияқты маңызды мақсаттарға қол жеткізуге негізгі үлес қосады [2,3]. Желдетілетін қасбеттердің бірқатар артықшылықтары бар, мысалы, климаттық және ауа-райы факторларынан ұзақ мерзімді қорғаныс, біркелкі емес тірек беттерінде пайдалану мүмкіндігі және оқшаулағыш материалдармен әдеттегі үйлесімділіктің арқасында энергия тиімділігі. Сонымен қатар, желдетілетін қуыстың болуы жазда айтарлықтай салқындату әсерін қамтамасыз етеді және қыста жылу оқшаулауына ықпал етеді. Дегенмен, құрылыс өнімдеріне арналған ЕО стандартына [4] және желдетілетін қасбеттерге арналған нормативтік құжаттарға [5] сәйкес, бұл шешімдер қауіпсіздік пен тұрақтылықты, гигротермиялық жайлылық пен беріктікті қоса алғанда, бірқатар пайдалану талаптарына сәйкес келуі керек. Қабылдануы мүмкін әртүрлі материалдардың механикалық өнімділігін бағалаудың бірнеше стандарттары бар (мысалы, ағаш негізіндегі материалдар үшін EN310, тас үшін EN12372, бетон үшін EN491, HPL ламинаты үшін EN ISO 178 және т.б.) және олардың жылу өнімділігі, бірақ жүйенің жаһандық өнімділігіне қатысты сілтемелер аз.

Қаптау тақтасы сияқты құрылыс өнімінің сипаттамаларын анықтау процесі оның жылу сипаттамаларын, сондай-ақ физикалық және механикалық сипаттамаларын ескеретін кешенді тәсілді қажет етеді. Осы тұрғыда осы мақалада акрил негізіндегі инновациялық қатты беткі материалдан жасалған жаңа перспективалы қаптау панелін сипаттау үшін жүргізген зерттеулердің кейбір нәтижелерін ұсына отырып, осы тәсілдің қолданылуы егжей-тегжейлі сипатталған [6]. Дайын жасанды тас – бұл көбінесе жиһаз бен белгілер жасау үшін қолданылатын өнеркәсіптік материал. Мұнда кеуектілігі мен күтімінің қарапайымдылығы жоғары бағаланады. Жақында бұл материал архитектурада беріктік, тазалық, ылғалдың төмен сіңуі және дақтарға, ластаушы заттарға, жуғыш заттарға, ылғалдылыққа және мұздату, суыту жағдайларына төзімділігі арқасында жаңбырдан қорғайтын қасбеттерді қаптау ретінде қолданыла бастады. Бұл мақалада, құрамында акрил шайырлары, минералды толтырғыштар және бояғыш заттар кіретін акрил негізіндегі жаңа композициялық қатты бетке жүргізілген әртүрлі механикалық және термиялық сынақтардың нәтижелері келтірілген. Материал акрил шайырларына негізделген және желдетілетін қасбеттерде қолдану үшін арнайы жасалған әртүрлі қалыңдығы мен өлшемдері бар парақтар түрінде келеді [7].

Акрил панелінің сипаттамаларын анықтау үшін сынақ тізбегінде қолданылатын жалпы әдістеме талқыланады. Атап айтқанда, материалдың өзі (иілу кезіндегі сипаттамалар) және жалпы қасбет пен бекіту жүйесі (жел және локализацияланған нүктелік жүктемелер) тұрғысынан бағаланатын механикалық сипаттамаларға назар аударылады. Материал мен жүйенің беріктігі мен жылу сипаттамаларының аспектілері егжей-тегжейлі қарастырылады, олардың сипаттамалары табиғи және жеделдетілген әсер ету кезінде бағаланады. Соңында, жаңа панельдердің байқалған сипаттамалары негізделген кейбір соңғы негізгі ескертулерді беретін зерттеудің жалпы нәтижелерін талқылауға арналған.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Осы мақаланың мақсаты болып табылатын зерттеу тек көп салалы сынақ тізбегі аясында жүргізілді және мұндай қаптау панельдері мен оларды бекіту жүйесі қызмет ету мерзімі

ішінде орындауы керек. Негізгі сипаттамаларды бағалау үшін бірнеше сынақтар мен ұзақ мерзімді бақылауды қамтыды, соның ішінде:

- материалдың механикалық әрекеті (иілу);
- дизайн қауіпсіздігі жүйелер әдеттегі (жел) немесе кездейсоқ (соққы) әсерге ұшыраған кезде;
- материалдың және жүйенің беріктігі, табиғи және жеделдетілген радиация мен температураның әсерінен қартаюға төзімділігі (сызықтық жылу кеңеюі, инфрақызыл сәулелену, беткі температура, түс тұрақтылығы).

Стандартты сынақ процедураларына сәйкес, 1-кестеде егжей-тегжейлі сипатталғандай, салыстыру мақсатында 10 мм тұрақты қалыңдығын сақтай отырып, әртүрлі ұзындықтар мен тереңдіктердің әртүрлі үлгілері пайдаланылды.

Кесте 1

Үлгілердің өлшемдері және тиісті сынақтар

Кодтар	Өлшемдері, мм	Қатысты сынақтар
F	80x15x10	Иілу сынағы
T	300x30x10	Өлшем тұрақтылығы – сызықтық жылу кеңеюі
C (жиналған жүйе)	1200x690x10 (қаптау панелі)	Жел жүктемесіне төзімділік, локализацияланған нүктелік жүктемеге, төзімділік өлшем тұрақтылығы
S	300x400x10	Табиғи әсер

Кіріспеде болжанғандай, тиісті мақсаттар мен стандартты сынақ процедураларына сәйкес әртүрлі сынақтарға арналған нақты параметрлер тиісті кейінгі бөлімдерде толығырақ берілген. Мақаланың басты мақсаттарының бірі – механикалық және термиялық сипаттамалары, сондай-ақ беріктігі бір-бірімен тығыз байланысты элементтердің осы түрін сипаттау кезінде қолданылуы керек.

Зерттеу нәтижелері. Механикалық өнімділік сипаттамасы жоғарыда айтылғандай, құрылыс материалдары және қаптау материалдары механикалық өнімділікке қойылатын көптеген талаптарға сай болуы керек. Өйткені олар ғимараттың сыртқы қабығы болып табылады. Қаптау панелі кез келген басып кіруден, соққылардан және климаттық факторлардан қорғауы керек. Зерттеу нысаны панельдерінің қауіпсіздігі мен беріктігін бағалау үшін бірнеше сынақтар жүргізілді, бірақ мұнда материалдың ерекшеліктерін көрсету үшін тек иілу, желге төзімділік және нүктелік жүктеме сынақтарының нәтижелері берілген.

Иілу сынақтары пластмассаларға арналған тиісті ережелерге сәйкес жүргізілді [8] σ_f (МПа) иілу беріктігін, ϵ_f (-) номиналды деформациясын және E (МПа) серпімділік модулін сондай-ақ, иілу мен номиналды деформация кезіндегі номиналды кернеу қатынасын анықтау мақсатында, (1-кестеде) F типі ретінде белгіленген тікбұрышты көлденең қиманың үлгілері 64 мм аралықтағы үш нүктелі схема бойынша тиеу машинасының көмегімен ауытқып кетті. Сынақтар 1,00 E-03 мм/с нүктелік жүктеменің орын ауыстыру жылдамдығын сақтай отырып, орын ауыстыруды бақылаумен жүргізілді. Қолданылған күш пен нүктелік жүктеменің жылжуы (үлгінің ортасындағы ауытқулар ретінде қарастырылады) сынақ барысында үздіксіз тіркелді.

Атап айтқанда, қаптау панелін сынақтар стандартты жағдайларда, 48 сағат суға батырылғаннан кейін және 30 циклынан тұратын мұздату-суыту

кейін (температура диапазоны – 10°C/+60°C), жабдықтың қызмет ету мерзімі ішінде пайда болатын негізгі жағдайларда материалдың әрекетін зерттеу мақсатында жүргізілді. Нәтижелер 2-кестеде келтірілген, онда номиналды кернеу мен деформация серпімділік болжамына сәйкес анықталған. Бірінші суреттен көрініп тұрғандай, барлық үш жағдайда материал шамамен 35 МПа кернеу мәндеріне дейін дерлік сызықтық динамиканы сақтады, содан кейін стандартты жағдайларда 67,67 МПа иілу кернеулерінің орташа мәндерінде, мұздату-суыту циклдарынан кейін 59,87 МПа және суға батырылғаннан кейін 72,02 МПа жойылды. Иілу сынақтары сонымен қатар үлгінің ортасында бір өткір жарықшақпен әрқашан істен шыққан материалдың сынғыштығын анықтады. Үлгілерді әртүрлі өңдеу бастапқы қаттылық пен пропорционалдылық шегіне әсер етпейтінін атап өткен жөн.

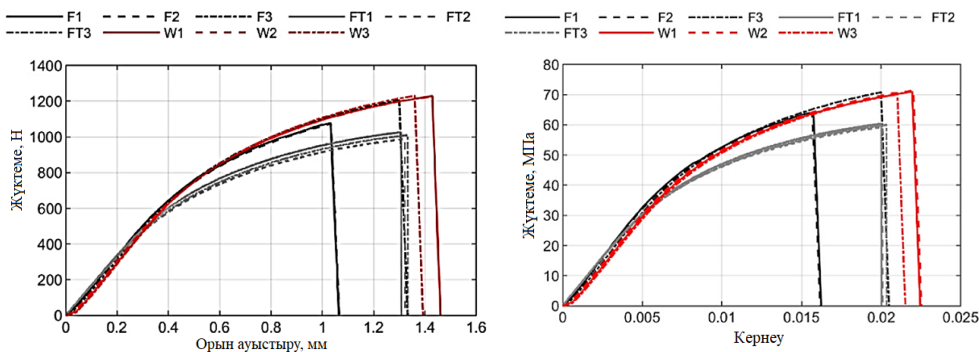
Кесте 2

Стандартты жағдайларда және мұздату-суыту немесе суға батыру циклдарынан кейін иілу сынақтарының нәтижелері

суға батырылғаннан кейін			кейін мұздату-суыту (FTi) циклдарынан кейінгі			стандартты шарттар (Fi) (Wi)			
i	σ_f [MPa]	ϵ_f [-]	E [MPa]	σ_f [MPa]	ϵ_f [-]	E [MPa]	σ_f [MPa]	ϵ_f [-]	E [MPa]
1	65,70	1,6e-2	6851	60,34	1,9e-2	6497	72,07	2,2e-2	6303
2	65,20	1,6e-2	6702	59,37	2,0e-2	6357	72,59	2,2e-2	6333
3	72,12	2,0e-2	6322	60,07	2,0e-2	6368	71,28	2,1e-2	6077
СА	3,85	2,0e-3	271	0,47	2,5e-3	77	0,63	1,0e-3	139
ВК (%)	5,70	13,31	4,11	0,80	1,21	1,23	0,88	2,64	2,24
СЖ	67,67	1,7e-2	6627	59,87	2,0e-2	6409	72,02	2,2e-2	6437

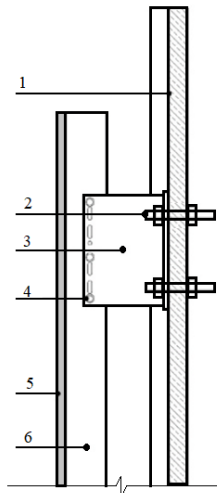
СА – стандартты ауытқу; ВК – вариация коэффициенті, СЖ – стандартты жағдай

Басқа акрил тастары туралы әдебиеттерде бар ұқсас нәтижелермен салыстыру бұл материалдардың көпшілігі 65-тен 85 МПа-ға дейінгі созылу беріктігімен сипатталатынын байқауға мүмкіндік береді [9], сондықтан алынған нәтижелер ұқсас композиттер үшін алынған нәтижелерге толығымен сәйкес келеді. Керісінше, акрил материалдары серпімділік модулінің үлкен өзгергіштігін көрсете алады, тіпті 2900-ден 9200 МПа-ға дейінгі нәтижелерге қол жеткізе алады [10]. Бұл жағдайда зерттелетін материал осы диапазонның жоғарғы жағында орналасқан, яғни шешім айтарлықтай қаттылықпен, демек, шектеулі қозғалыстармен сипатталуы мүмкін.



Сурет 1. Жүктеме, орын ауыстыру және номиналды кернеу/номиналды деформация графиктері, иілу сынағы (Fi, Fi және Wi)

Жиналған жүйенің құрылымдық сынақтары толық масштабты қаптау жүйесінің құрылымдық сипаттамаларын талдау үшін бірнеше сынақтар жүргізілді (2-суретте көрсетілген). Ол өндіруші ұсынған нақты қолдану схемасын көрсетеді. Сынақтар әрқашан 690 мм × 1200 мм (қалыңдығы 10 мм) бір панельде өткізіледі. Атап айтқанда, жел жүктемесіне төзімділік сынақтары үшін Е қосымшасына және F сынақ қосымшасына сәйкес өткізіледі көлденең нүктелік жүктеме үшін (2-сурет) қысқаша айтқанда, бүкіл сынақ кешені кезінде пайдаланылған барлық датчиктер бірге көрсетілген.

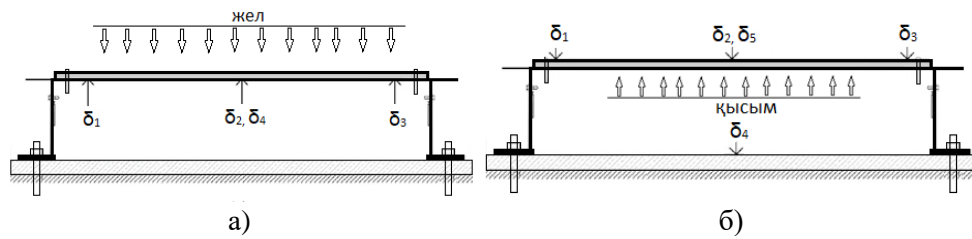


1 – ағаш тірек панелі, 2 – болт, 3 – негізгі кронштейн, 4 – тот баспайтын болат, 5 – қаптау панелі, 6 – т-тәрізді алюминий тірегі

Сурет 2. Толық масштабты жүйе үлгісі

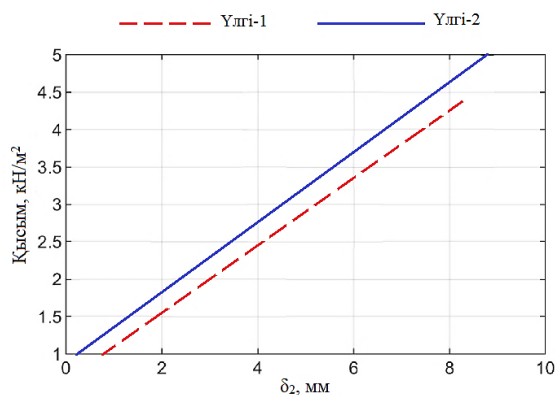
Жел жүктемесіне төзімділік – фольга қапшықтарын пайдалану әдісі жел қысымы мен сору фольга қапшықтарын сынау әдісімен модельденді, стандартталмаған сынақ [11], ол алдыңғы (жел қысымы) немесе артқы жағында орналасқан полипропилен жастықтарындағы ауа қысымын бақылау үшін қысымды бақылау жүйесін қолдануды қамтыды (желмен сору) қаптау элементіне байланысты 3-ші суреттегі орнату схемаларында көрсетілгендей сынақ түрінен біркелкі бөлінген жүктемелер қысым деңгейінің дәйекті жоғарылауымен қолданылды. Оны кем дегенде 10 секунд ұстап тұрды, содан кейін нөлге теңестірді.

Желдің қысымы, (сурет 3а) полипропилен жастығы қаптаманың сыртқы беті мен реакцияның қарама-қарсы беті арасындағы саңылауға орналастырылды, сондықтан панельдің көлденең және тік орталық осьтеріндегі бірнеше нүктелерде жазықтықтан тысмещысуларды өлшеу үшін панельдің артына төрт түрлі сысу датчигі (δ_i) орналастырылды (суреттер 2 және 3а). Атап айтқанда, номиналды түрде бірдей қаптаманың екі үлгісі жүктемелердің жоғарылауын (бір уақытта $+0,2 \text{ кН/м}^2$) максималды мәнге дейін шамамен $5,0 \text{ кН/м}^2$ дейін қолдану арқылы сыналды.



Сурет 3. Жел жүктемесіне төзімділікті, жел қысымын (а) және соруды (б) сынауға арналған орнату сызбасы

Қабылданған эксперименттік қондырғыдағы панельдің артындағы шектеулі алшақтық панельдің ауытқуын өлшеу үшін шектеулі қозғалыс сенсорын таңдауға мәжбүр етті. Осы себепті сенсорлардың максималды инсульт мәндеріне (шамамен 8 мм) қол жеткізілгеннен кейін сынақтар тоқтатылды. Алайда, сынақтар кезінде қол жеткізілген максималды қысым (5 кН/м^2) өте жоғары екенін атап өткен жөн. Әсіресе дизайн нормаларында белгіленген максималды мәнмен салыстырғанда. Сыналған екі үлгінің ешқайсысында максималды жүктеме кезінде қайтымсыз деформациялар немесе жарықтар табылмағанын ескеру маңызды. Шын мәнінде, графиктер ауа қысымын нөлге түсіргеннен кейін қаптау панельдері деформацияны толығымен қалпына келтіргенін көрсетеді. 4-ші суретте тұрақты қысым кезінде кезеңнің соңындағы δ_2 дауленияы су қысымының әрбір деңгейін қарастыру арқылы алынған қысым – δ_2 (орталық сысу) индикативті қысығы көрсетілген.



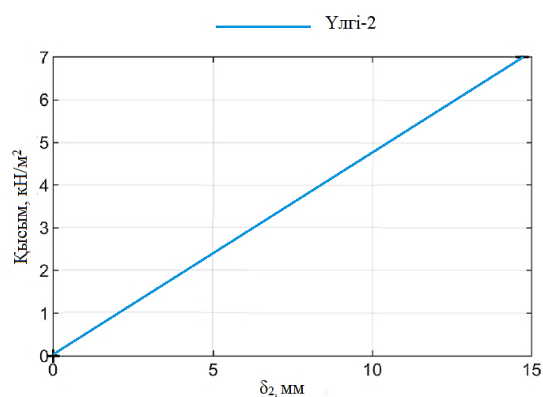
Сурет 4. Қысым, орын ауыстыру және жел қысымын сынау графигі

Нәтижелер қаптау ерітіндісінің дерлік сызықтық серпімді қасиеттерге ие екенін көрсетеді. Сондай-ақ, сыналатын ерітіндінің қаттылығының қайталануын атап өткен жөн: екі үлгіде қаттылық тіркелді (қысым, орын ауыстыру бойынша), сәйкесінше $K1 = 450,2 \text{ кН/м}^3$ және $K2 = 468 \text{ кН/м}^3$. Желмен сору, (сурет 3в) полипропилен жастығы қаптаманың ішкі беті мен ағаш тірегі арасындағы қуысқа желдің қаптамаға әсерін имитациялау үшін орналастырылды, сонымен қатар панельдің алдында, алдыңғы сынақтағыдай, кез келген сыртқы әсерлерді өлшеу үшін бес ді сенсоры орнатылды (суреттер 2 және 3а).

Осылайша, сынақтар екі кезеңде екі номиналды бірдей үлгілерде жүргізілді. Олардың біріншісінде жүктемелер шамамен $4,4 \text{ кН/м}^2$

максималды мәніне дейін (бір уақытта $+0,2 \text{ кН/м}^2$) өсті, ал екіншісі – жүктемелердің жоғарылауын қолдану арқылы (бір уақытта $+0,5 \text{ кН/м}^2$) максималды мәнге дейін шамамен $7,0 \text{ кН/м}^2$; екі сынақта да кез келген қайтымсыз деформацияны өлшеу үшін жүктеменің әрбір өсуінен кейін қаптау панелі түсірілді. Алдыңғы сынақтармен салыстырғанда, қабықтың сыртқы бетінде ұзағырақ инсульт сенсорларын пайдалану мүмкін болды, бұл үлкен қозғалыстарға қол жеткізуге мүмкіндік берді.

Бұл жағдайда сынақ кезінде қол жеткізілген максималды қысым желдің жалпы болжамды әсерінен едәуір асып түсетінін (сонымен қатар желді сору үшін бақылау қысымы жел қысымы үшін бұрын анықталған қысымға тең) және сыналған екі үлгінің ешқайсысы сынақ кезінде зақым келтірмегенін атап өткен жөн. Нәтижелер көрсеткендей, қаптау жүйесі ауа қысымын нөлге дейін түсіргеннен кейін деформацияны толығымен қалпына келтірді. Сонымен, бұл жағдайда (тек 2-үлгі үшін) бұрын сипатталған процедураға сәйкес қысымның δ_2 (орталық орын ауыстыру) қисығы анықталды. $478,6 \text{ кН/м}^3$, бұл жел қысымы үшін өлшенген көрсеткіштерге өте жақын, сондықтан симметриялы емес орнату схемасына қарамастан, жүйе жел қысымында да, сору кезінде де іс жүзінде симметриялы жұмыс істейді (5-сурет).



Сурет 5. Қысымның, қозғалыстың өзгеруі, желдің сору сынағының графигі

Локализацияланған нүктелік жүктеме кедергісі сынақтары жиналған жүйенің екі номиналды бірдей үлгілерінде жүргізілді. Р нүктелік жүктемесі пневматикалық домкрат арқылы қолданылды және жүктеме сенсорымен өлшенді. Ал домкрат басының (δ_5) және үлгінің ($\delta_1, \delta_2, \delta_3$ және δ_4) орын ауыстырулары бес сызықтық сенсормен өлшенді. Осылайша, жүктеме бір-бірінен 440 мм қашықтықта орналасқан қосымшаның екі нүктесінде таратылды және панельдің тік орталық осіне орналастырылды (2-сурет) ең қолайсыз жүктеме жағдайларына сәйкес, содан кейін $0,5 \text{ кН}$ жүктеме қолданылды және $2,5 \text{ кН}$ -ға дейін өсті (әр нүкте үшін).

Графикте көрсетілген жүктеме шынымен жүктеме сенсоры тіркеген барлық жүктемелерге сәйкес келеді (қосымшаның әр нүктесіне қолданылатын жүктемеден екі есе көп). Панельде өлшенген жылжу ($\delta_{1,2,3,4}$) өлшеу диапазонында сызықтық тәуелділікті көрсетеді (бұл құрылғылар сынақ аяқталғанға дейін алынып тасталды, өйткені олар максималды соққыға жетті. Нәтижелер $3,5 \text{ кН}$ жүктемеге дейінгі сызықтық серпімді сипаттамалары және үлгіні түсірген кезде 5 кН -ге дейінгі сәл сызықтық емес

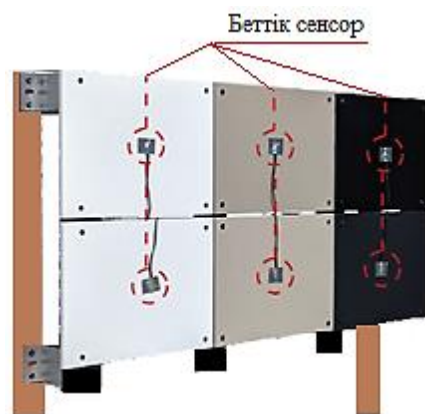
ауытқуды көрсетеді. Жүктемені алып тастағаннан кейін максималды орын ауыстырудың шамамен 10% құрайтын қалдық орын ауыстыру тіркелді.

Зерттеу нәтижелерін талқылау. Беріктік пен жылу өнімділігінің сипаттамасы жаңа қаптау панельдерінің беріктігі мен жылу өнімділігі табиғи және жеделдетілген әсер ету кезінде бағаланды. Табиғи қартаю процесі, атап айтқанда, материалдың өнімділігін беткі температура мен түс тұрақтылығы тұрғысынан бақылауға және бағалауға мүмкіндік берді. Үлгілерге және белгілі бір температура мен радиациялық жағдайлардың бүкіл қаптау жүйесіне жедел әсер ету панельдердің сызықтық термиялық кеңеюін және қаптау жүйесінің жылжуын егжей-тегжейлі өлшеуге әкелді.

Табиғи әсер табиғи әсерді бақылау зерттеу 3-кестеде көрсетілгендей, түсі мен әрлеуі әртүрлі қатты беткі акрилді қаптау панельдерінің (өлшемі 300 × 400 мм) алты үлгісінде шамамен 12 ай бойы жүргізілді.

Табиғи экспозицияны бақылаудың түпкі мақсаты қоршаған ортаның өзгеретін жағдайларына (мысалы, қоршаған орта температурасы, күн радиациясы, ауа-райы құбылыстары) байланысты беткі температура мен түс тұрақтылығы тұрғысынан қатты беткі акрил қаптамасының панельдерінің беріктігінің сипаттамаларын анықтау болды.

Беткі температураның ұзақ мерзімді мониторингі қаптау панельдерінің беткі температурасын бақылау онтүстікке қарайтын және күн сәулесінің әсеріне ұшыраған алты үлгінің алдыңғы беттеріне орнатылған арнайы термопаралар (ажыратымдылығы 0,03°C, дәлдігі 0,2°C, өлшеу диапазоны + 40-тан +100°C-қа дейін) арқылы жүзеге асырылды (6-сурет). Сонымен қатар, панельдердің әрекетін, сондай-ақ материалдың ерекше қасиеттерінің әсерін жақсы түсіну үшін «S1» және «S5» үлгілерінің артқы беттеріне тағы екі беттік температура сенсоры орнатылды. Сонымен қатар, бақылау жүйесі уақыт өте келе әртүрлі параметрлерді тіркейтін деректерді тіркеушіні және термогигрометриялық сенсормен жабдықталған сыртқы метеостанцияны (ажыратымдылығы 0,02°C және 0,01%, дәлдігі 0,2°C және 0,01%, өлшеу диапазоны + 40-тан +75°C-қа дейін және 0-100°C) қамтиды және күн радиациясының сенсоры (ажыратымдылығы 1,25 Вт/м², дәлдігі 10 Вт/м², өлшеу диапазоны 0-128 Вт/м²).



Сурет 6. Мониторингі орнату, бетінің температурасын ұзақ мерзімді бақылау

Тұтастай алғанда, ұзақ мерзімді мониторинг қоршаған орта жағдайларының өзгеруіне қарамастан, үлгілердің беткі температура

тұрғысынан сипаттамалары жылдың әртүрлі маусымдарында салыстыруға болатынын көрсетті. Атап айтқанда, ақ үлгілерде олардың беткі қабатында тіркелген температура әрқашан айтарлықтай төмен – қара және сұр үлгілермен салыстырғанда 6-дан 17°C-қа дейін. Сонымен қатар, сұр-қоңыр түсті үлгілер әдетте ақ үлгілерге емес, қара үлгілерге бекітілгенге жақынырақ аралық сипаттамалары көрсетеді, ал әр түстің күнгірт және жылтыр үлгілері арасындағы айырмашылық біріншісінің пайдасына біршама көбірек болады (1°C, бұл, мысалы, айырмашылыққа қатысты екі ақ үлгіде бекітілген ең жоғары температура арасындағы айырмашылық қара үшін 2-3°C және сұр үшін 4°C). Дәл осындай сипаттамалары ақ және қара үлгілердің артқы бетінің температурасы – бақылау объектілері арқылы бағалауға болады. Олардың біріншісінің температуралық шындары, шын мәнінде, соңғысында ұзақ уақыт бойы тіркелгендерге қарағанда шамамен 12°C төмен.

Алайда, алдыңғы және артқы беттердің тіркелген температурасы арасындағы айырмашылық тек 1-ден 2°C-қа дейін, ішінара шекаралық жағдайларға байланысты. Жоғарыда келтірілген барлық нәтижелер, сонымен қатар, жылдың әртүрлі кезеңдерінде және тәуліктің әртүрлі уақыттарында өткізілетін термиялық инфрақызыл камерамен (ажыратымдылығы 0,035°C, өлшеу диапазоны -40-тан +2000°C-қа дейін) мерзімді бақылаулар арқылы бағаланды және расталды.

Түс тұрақтылығы тікелей күн радиациясы мен ауа-райының үлгілеріне әсер ету сонымен қатар орта және ұзақ мерзімді перспективада түс пен немесе жарықтың мүмкін болатын өзгерістерін бағалауға мүмкіндік берді. Осылайша, аспаппен өлшенетін әртүрлі түстер үш түрлі мәндер мен осьтерге негізделген осы үш өлшемді түс кеңістігіне сәйкес көрсетіледі: жарықтықты қабылдау үшін «L» (0-де қара және 100-де ақ түс анықтамасы), жасыл-қызыл қарама-қарсы түстерге қатысты «a» (-127-ден 127-ге дейін, жасыл үшін теріс мәндер және қызыл үшін оң мәндер) және көк-сары қарсыластарды білдіретін «b» (-127-ден 127-ге дейін, көк үшін теріс мәндер және сары үшін оң мәндер). Бұл тұрғыда колориметрмен өлшенген әрбір түсті үш ерекше координатадан анықтауға болады, бұл «ΔE» параметрімен ұсынылған үш өлшемді түс кеңістігіндегі қашықтыққа сәйкес әртүрлі түстерді салыстыруға мүмкіндік береді [12].

Кесте 3

Табиғи әсер ету және бақылау объектілері болып табылатын үлгілер

Үлгі	Түсі	Соңы
S1	RAL 9003 – ақ	Жылтыр
S2	RAL 9003 – ақ	Күнгірт
S3	RAL 1019 – сұр	Жылтыр
S4	RAL 1019 – сұр	Күнгірт
S5	RAL 9005 – қара	Жылтыр
S6	RAL 9005 – қара	Күнгірт

Алынған мәнге сүйене отырып, үлгілер арасындағы түс айырмашылығын бағалауға болады, содан кейін оны объектіге және оның нақты қолданылуына байланысты қолайлы немесе жоқ деп түсіндіруге болады. Дегенмен, жоғарыда аталған факторларға сәйкес осы бағалаудың субъективтілігі мен салыстырмалылығына байланысты негізгі шектеуді ескере отырып, ΔE мәндерін түсіндіру үшін бірыңғай немесе стандартталған шкала жоқ. Эмпирикалық шкалалар [8] ΔE мәндері 1-ден аз түс

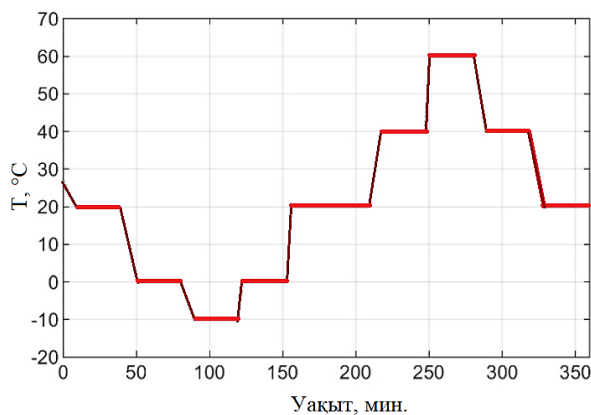
айырмашылықтары екенін көрсетеді, олар тек 1-3 диапазонында байқалады және 5-тен жоғары мәндерде байқалады. «1» және «2» индекстерімен белгіленген екі үлгі арасындағы ΔE түсінің айырмашылығын келесідей есептеуге болады: $\Delta E = \sqrt{[(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2]}$.

Зерттелетін қаптау панельдерінің беріктігін бағалау үшін, атап айтқанда, олардың түс тұрақтылығын ескере отырып, әртүрлі үлгілердегі ықтимал түс өзгерістерін бақылау үшін әртүрлі мерзімді өлшеулер жүргізілді. Түстің алғашқы үлгісі тікелей күн радиациясының компоненттеріне және жалпы ауа-райы құбылыстарына әсер етпес бұрын жасалды.

Жеделдетілген әсер материал өлшемдерінің тұрақтылығын зерттеу үшін екі түрлі сынақ жүргізілді, біріншісі материал үлгілеріндегі климаттық камерада және екіншісі – материалдың сызықтық термиялық кеңею коэффициентін анықтауға және толық масштабты қаптау жүйесінің қозғалысы мен температурасын өлшеуге арналған қаптау жүйесінің сәулелену панельдерімен жүргізілді.

Сызықтық термиялық кеңейту сынақтар механикалық бекітпесі бар сыртқы қабырға қаптамасының қолданыстағы ережелеріне сәйкес жүргізілді [10] және материалдың α_{Ti} сызықтық жылу кеңею коэффициентін анықтауға бағытталған. Үлгілер климаттық сынақ камерасына орналастырылды және олардың осьтік ұзаруы үш сызықтық датчикпен өлшенді (δ^f_1 , δ^f_2 және δ^f_3). Сонымен қатар сынақ қондырғысының жылу деформациясын өлшеу үшін қосымша қозғалыс датчигі (δ_{ref}) пирекс таяқшасы (сұр түспен ұсынылған), ол шамалы термиялық деформациямен сипатталады.

Температура -10°C -тан $+60^\circ\text{C}$ -қа дейін өзгерді және әр температура деңгейінде ол 7-ші суретте көрсетілгендей 30 минут бойы тұрақты болды. беттің ұзаруын (оң) және қысылуын (теріс) көрсетеді. Әрбір температураның сдысуына сәйкес келетін үлгілер. Өзгеруі алдымен α_{Ti} деформацияларын, содан кейін сызықтық жылу кеңею коэффициенттерін есептеуге мүмкіндік берді α_{Ti} ; жылу кеңею коэффициенттерінің орташа мәні $3,53 \cdot 10^{-5} [1/^\circ\text{C}]$.



Сурет 7. Температура деңгейіне сәйкес келетін үлгінің қозғалысы

Қаптау материалының температурасын біртіндеп көтеру және жылу жүктемесін болдырмау үшін жылу көзінен 1 м қашықтықта орналасқан екі номиналды бірдей үлгі сыналды. Тестілеу үшін пайдаланылған екі сәулелену панелінің әрқайсысы (өлшемі 2600x220x105 мм) 1500 Вт қуатымен сипатталатын 3 қысқа толқынды шамынан тұрды. Бүкіл сынақ барысында панельдің қозғалысы төрт сызықтық датчикпен өлшенді (δ_1 , δ_2 , δ_3 және δ_4)

және беттер, қоршаған орта температурасы мен салыстырмалы ылғалдылық сәйкесінше екі термопара мен термогигрометр сенсорының көмегімен жазылады. Температура мен температураның төмендеуіне мүмкіндік беру үшін сынақ шамамен 6 сағатқа созылды. Температура шамамен 15°C-тан 60°C-қа дейін көтерілді, ал беткі температура арасындағы айырмашылық шамамен 15°C деңгейінде тұрақталды. Қаптаманың жылжуы мен температураның жоғарылауы арасында тікелей байланыс бар.

Қорытынды. Осы жұмыста келтірілген нақты мәліметтер негізінде жаңа материалдың – зерттеу объектісінің жылу, механикалық сипаттамалары мен беріктігіне қатысты бірнеше тұжырымдар жасалды. Материалдың механикалық қасиеттеріне келетін болсақ, суға батыру және мұздату-суыту циклдары сияқты қатал экологиялық жағдайлар иілуге айтарлықтай әсер етпейді. Өйткені тек осы соңғы кондиционерден кейін (30 цикл, -10°C/+60°C) 10% төмендеуге қол жеткізіледі ол иілу беріктігін байқады, ал материалдың қаттылығы өзгеріссіз қалды. Сонымен қатар, желдің әсеріне немесе локализацияланған нүктелік жүктемеге жүйенің жалпы реакциясына келетін болсақ, ол кем дегенде 4,3 кН/м² қысым кезінде сызықтық серпімділікке ие екендігі анықталды. Бұл желдің максималды анықтамалық қысымынан шамамен жеті есе көп. Сонымен қатар, қаттылықтың ұқсас мәндері желдің қысымында да, сору кезінде де жүйенің симметриялы әрекетін көрсетеді. Қорытындылай келе, жоғары температураның әсеріне келетін болсақ, материал панельдің бүкіл қызмет ету мерзімі ішінде әдеттегі температура диапазонында (-10°C-тан +60°C-қа дейін) сызықтық жылу кеңеюінің тұрақты коэффициентін көрсетеді. Ақырында, жоғарыда айтылғандарға сәйкес, жеделдетілген инфрақызыл сәулелену сынағы температураның айтарлықтай өзгеруімен де жиналған жүйе тек қайтымды деформацияларға ұшырайтынын тағы бір рет көрсетті. Жаңа қаптау панельдері беріктік пен түс тұрақтылығы тұрғысынан да оң нәтиже береді.

Соңғысы үшін, атап айтқанда, түс кеңістігіндегі ΔE түс айырмашылығының параметрі бойынша ұзақ мерзімді перспективада мезгіл – мезгіл бағаланатын, зерттеу нысаны үлгілері қоршаған ортаның өзгеретін жағдайларына (мысалы, қоршаған орта температурасы, күн радиациясы, ауа райы құбылыстары) әсер еткеннен кейін түстердің минималды өзгеруін көрсетті. Жай көзбен олар айналасындағыларға көрінбейді. Дегенмен, осы зерттеудің кіріспесінде бұрын айтылғандай, ғимараттың қоршау құрылымдарының жалпы сипаттамалары қоршау құрылымдарының материалдары және орнату процедурасы сияқты әртүрлі компоненттердің өзара әрекеттесуінің нәтижесі болып табылады. Сондықтан жеке компоненттерді (яғни материалдарды) ғана емес, сонымен қатар жұмыс күйінде монтаждау кезінде зерттелетін шешім туралы көбірек білу өте маңызды. Осы мақсатта нақты әлемдегі сынақтар өте маңызды, өйткені олар өндірушілер мен дизайнерлерге пайдалы ақпарат береді. Әсіресе монтаждау процедуралары мен шекаралық жағдайлар көбінесе қоршау құрылымының сипаттамаларына қатты әсер етеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Смирнов, В.А. *Материаловедение. Отделочные работы* [Текст]: учебник / В.А. Смирнов, В.А. Ефимов, О.В. Кулков [и др.]. – 2-е изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 368 с.

2. Завражин, Х.Х. Производство отделочных работ в строительстве. Зарубежный опыт [Текст] / Х.Х. Завражин, Г.В. Северинова, Ю.Е. Громов. – М.: Стройиздат, 1987. – 31 с.
3. Бадин, Т.М. Справочник технолога-строителя [Текст]. – 2-е изд. – СПб., 2010. – 528 с.
4. Cladding Systems Market by Material, Use, application and region - global forecast to 2026 [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/cladding-system-market-148899031.html#:~:text=%5B162%20Pages%20Report%5D%20The%20cladding,construction%20industry%20across%20the%20globe>. Date of access: 13 May 2022.
5. European Parliament and Council, Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency [Electronic resource]. – Access mode: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32018L0844&from=IT>, 2018. Date of access: 13 May 2022.
6. European Parliament and Council, COM (2021) 802 final. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (recast). [Electronic resource]. – Access mode: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0802&from=EN>, 2021. Date of access: 13 May 2022.
7. European Parliament and Council, Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonized conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC [Electronic resource]. – Access mode: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32011R0305&from=IT>, 2011. Date of access: 13 May 2022.
8. UNI 11018:2003, Cladding and anchoring systems for back ventilated external enclosures of buildings - Instructions for the design, installation and maintenance - Ceramic and stone cladding. – Published 01-01-2003. Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI), 2003.
9. Andriievskia L., Marchuk N. Investigation of the acrylic artificial stone properties //Technology transfer: fundamental principles and innovative technical solutions. – 2017. – P. 21-23.
10. Wronka A., Kowaluk G. Selected bending properties of mineral-acrylic solid surface material for furniture construction purposes //Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW. Forestry and Wood Technology. – 2020. – T. 110.
11. EN ISO 178:2019, Plastics – Determination of flexural properties. – Published 2019-04. BSI Standards Limited, 2019. – 25 p.
12. EAD 090062-00-0404 (2018), Kits for external wall claddings mechanically fixed. [Electronic resource]. – Access mode: https://www.eota.eu/download?file=/2016/16-09-0062/ead%20for%0ojeu/ead%20090062-00-0404_ojeu2018.pdf.

Материал редакцияға 12.10.24 түсті.

А.К. Жусипбеков¹, Д.Ж. Артықбаев¹, У.Б. Абдикерова², К.С. Досалиев¹, И.Г. Икрамов³

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, г.Шымкент, Казахстан

²Кызылординский университет им. Коркыт Ата, г.Кызылорда, Казахстан

³Региональный инновационный университет, г.Шымкент, Казахстан

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ, ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПРОЧНОСТИ НОВЫХ ПАНЕЛЕЙ АКРИЛОВОГО ПОКРЫТИЯ С ТВЕРДОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Аннотация. Согласно международным усилиям по дальнейшему сокращению энергопотребления и глобальных выбросов в строительном секторе, системы облицовки могут сыграть решающую роль благодаря фундаментальному вкладу зданий в общую энергоэффективность. В данной статье рассматривается применение междисциплинарного подхода к определению характеристик новых облицовочных панелей из инновационного материала с твердой поверхностью на акриловой основе. Их производительность оценивалась с помощью различных механических, термических и прочностных испытаний, которые показали многообещающие результаты с точки зрения упругости и устойчивости к суровым условиям окружающей среды, сильным ветровым нагрузкам или значительным перепадам температуры.

Ключевые слова: облицовочные панели, искусственный акриловый камень, механические характеристики, инновационный материал.

A.K. Zhusipbekov¹, D.Zh. Artykbaev¹, U.B. Abdikerova², K.S. Dosaliyev¹, I.G. Ikramov³

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

²Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan

³Regional innovation university, Shymkent, Kazakhstan

DETERMINATION OF THE MECHANICAL, THERMAL CHARACTERISTICS AND STRENGTH OF NEW ACRYLIC COATING PANELS WITH A HARD SURFACE

Abstract. According to international efforts to further reduce energy consumption and global emissions in the construction sector, cladding systems can play a crucial role due to the fundamental contribution of buildings to overall energy efficiency. This article discusses the application of an interdisciplinary approach to determining the characteristics of new cladding panels made of innovative acrylic-based hard surface material. Their performance was evaluated using various mechanical, thermal and strength tests, which showed promising results in terms of elasticity and resistance to harsh environmental conditions, strong wind loads or significant temperature changes.

Keywords: facing panels, artificial acrylic stone, mechanical characteristics, innovative material.

References

1. Smirnov V.A., Efimov B.A., Kulkov O.V. et al. Materialovedenie. Otdelochnye raboty: ýchebnyk. - 2-e izd. [Materials science. Finishing works: textbook. – 2nd ed.]. – Moscow: Publishing center “Academy”, 2012. – 368 p. [in Russian].
2. Zavrazhin H.H., Severinova G.V., Gromov Yu.E. Proizvodstvo otdelochnyh rabot v stroitelstve. Zarýbejnyj opyt [Production of finishing works in construction. Foreign experience]. – Moscow: Stroyizdat, 1987. – 316 p. [in Russian].
3. Badin T.M. Spravochnik tehnologa-stroitelia. - 2-e izd. [Handbook of the construction technologist. - 2nd ed.]. – St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2010. – 528 p. [in Russian].

4. Cladding Systems Market by Material, Use, application and region - global forecast to 2026 [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/cladding-system-market-148899031.html#:~:text=%5B162%20Pages%20Report%5D%20The%20cladding,construction%20industry%20across%20the%20globe>. Date of access: 13 May 2022.
5. European Parliament and Council, Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency [Electronic resource]. – Access mode: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32018L0844&from=IT>, 2018. Date of access: 13 May 2022.
6. European Parliament and Council, COM (2021) 802 final. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (recast). [Electronic resource]. – Access mode: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0802&from=EN>, 2021. Date of access: 13 May 2022.
7. European Parliament and Council, Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonized conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC [Electronic resource]. – Access mode: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32011R0305&from=IT>, 2011. Date of access: 13 May 2022.
8. UNI 11018:2003, Cladding and anchoring systems for back ventilated external enclosures of buildings - Instructions for the design, installation and maintenance - Ceramic and stone cladding. – Published 01-01-2003. Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI), 2003.
9. Andriievskia L., Marchuk N. Investigation of the acrylic artificial stone properties //Technology transfer: fundamental principles and innovative technical solutions. – 2017. – P. 21-23.
10. Wronka A., Kowaluk G. Selected bending properties of mineral-acrylic solid surface material for furniture construction purposes //Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW. Forestry and Wood Technology. – 2020. – T. 110.
11. EN ISO 178:2019, Plastics – Determination of flexural properties. – Published 2019-04. BSI Standards Limited, 2019. – 25 p.
12. EAD 090062-00-0404 (2018), Kits for external wall claddings mechanically fixed. [Electronic resource]. – Access mode: https://www.eota.eu/download?file=/2016/16-09-0062/ead%20for%0ojeu/ead%20090062-00-0404_ojeu2018.pdf.