

Техникалық ғылымдар. Сәулет және құрылыс

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.3-2024-04>

ӨОЖ: 72.01

ГТАМР: 53.31.29

Өндіріс және трансформации: заманауи технологиялардың архитектуралық жобалауға әсері***²Камалова Н.Н., ²Кажетаев А.С., ²Карашина А.Р.**²Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы қ, Қазақстан*Автор-корреспондент email: s.nazgul.n@mail.ru

Мақала келді:
12 тамыз 2024
Сараптамадан
өтті:
28 тамыз 2024
Қабылданды:
12 қыркүйек 2024

Түйіндеме

Қазіргі заманғы технологиялар сәулет жобалау саласын түбегейлі өзгертті. Бұл мақалада заманауи технологиялардың архитектуралық жобалау процесіне тигізетін әсері жан-жақты қарастырылды. Архитектуралық жобалау тек ғимараттарды жобалау ғана емес, сонымен қатар жобаларды тиімді әрі сапалы жүзеге асыруға мүмкіндік беретін заманауи әдістер мен технологияларды қолдануды да қамтиды. BIM (Building Information Modeling) технологиясының енгізілуі жобалау процесін автоматтандырып, қателіктер санын азайтып, ресурстарды тиімді пайдалануға мүмкіндік берді. Виртуалды және толықтырылған шындық технологиялары болашақ ғимараттарды алдын ала көруге және олардың жұмыс істеуін модельдеуге жағдай жасады. Бұл тапсырыс берушілермен өзара түсіністі арттырып, жобалардың сапасын жоғарылатты. 3D басып шығару технологиясы күрделі құрылымдарды прототиптеу мен тексеруге көмектесті, ал биомиметика әдісі табиғи формалар мен жүйелерді сәулет шешімдеріне енгізу арқылы экологиялық және эстетикалық тұрғыдан үйлесімді жобалар жасауға мүмкіндік берді. Инновациялық материалдарды қолдану ғимараттардың тұрақтылығын, энергия тиімділігін арттырды және жаңа архитектуралық стильдер мен бағыттардың дамуына жол ашты. Сонымен қатар, бұлттық технологиялар мен сандық құралдарды қолдану сәулетшілер мен құрылысшылар арасындағы өзара әрекеттестікті жетілдіріп, жобалау процесінің жылдамдығы мен сапасын арттырды. Экологиялық жобалау мен тұрақты даму принциптерін енгізу болашақта энергия тиімді, экологиялық таза ғимараттар жобалауға мүмкіндік береді. Мақалада осы технологиялар мен әдістердің сәулет өнеріне әсері жан-жақты сипатталды.

Түйін сөздер: жоба, өндіріс, компьютерлік модельдеу, виртуалды шындық, архитектура, 3D дизайн.

Камалова Н.Н.	Авторлар туралы ақпарат: Техника ғылымдарының магистрі, Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы қ, Қазақстан, ORCID ID: https://orcid.org/0009-0002-3110-3849 . E-mail: s.nazgul.n@mail.ru
Кажетаев А.С.	Техника ғылымдарының магистрі, Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы қ, Қазақстан, ORCID ID: https://orcid.org/0009-0008-1408-9081 . E-mail: 87002561222@bk.ru
Карашина А.Р.	Техника ғылымдарының магистрі, Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы қ, Қазақстан, ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-8687-1297 . E-mail: karashina2013@mail.ru

Technical Sciences. Architecture and Construction

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.3-2024-04>

UDC: 72.01

IRSTI: 53.31.29

Production and transformation: the impact of modern technologies on architectural design***²Kamalova N.N., ²Kazhetaev A.S., ²Karashina A.R.**¹Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov, Almaty, Kazakhstan*Corresponding author email: s.nazgul.n@mail.ru

Received:
12 August 2024
Peer-reviewed:
28 August 2024
Accepted:
12 September 2024

Abstract

Modern technologies have radically changed the field of architectural design. This article examined in detail the impact of modern technologies on the architectural design process. Architectural design involves not only the design of buildings, but also the use of modern methods and technologies that allow effective and high-quality implementation of projects. The introduction of BIM (Building Information Modeling) technology has automated the design process, reduced the number of errors and made it possible to use resources more efficiently. Virtual and augmented reality technologies have created conditions for viewing future buildings in advance and simulating their functioning. This increased mutual understanding with customers and improved the quality of projects. 3D printing technology helped in the prototyping and testing of complex structures, and the biomimetics method made it possible to create environmentally and aesthetically harmonious projects by introducing natural forms and systems into architectural solutions. The use of innovative materials has increased the stability, energy efficiency of buildings and paved the way for the development of new architectural styles and directions. In addition, the use of cloud technologies and digital tools has improved the interaction between architects and builders, increasing the speed and quality of the design process. The implementation of the principles of Environmental Design and sustainable development will allow in the future to design energy-efficient, environmentally friendly buildings. The article described in detail the impact of these technologies and methods on architecture.

Keywords: project, production, computer modeling, virtual reality, architecture, 3D design.

Kamalova N.N.	Information about authors: Master of Technical Sciences, lecturer of the Department "Transport Construction and Production of Building materials", Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov, Almaty, Kazakhstan, ORCID ID: https://orcid.org/0009-0002-3110-3849 . E-mail: s.nazgul.n@mail.ru
Kazhetaev A.S.	Master of Technical Sciences, Senior lecturer of the Department "Transport Construction and Production of Building materials", Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov, Almaty, Kazakhstan, ORCID ID: https://orcid.org/0009-0008-1408-9081 . E-mail: 87002561222@bk.ru
Karashina A.R.	Master of Technical Sciences, Senior lecturer of the Department "Transport Construction and Production of Building materials", Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov, Almaty, Kazakhstan, ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-8687-1297 . E-mail: karashina2013@mail.ru

Технические науки. Архитектура и строительство

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.3-2024-04>

УДК: 72.01

МРНТИ: 53.31.29

Производство и трансформация: влияние современных технологий на архитектурное проектирование***²Камалова Н.Н., ²Кажетаев А.С., ²Карашина А.Р.**²Казахский автомобильно-дорожный институт имени Л.Б. Гончарова, г.Алматы, Казахстан*Автор-корреспондент email: s.nazgul.n@mail.ru

Поступила:

12 августа 2024

Рецензирование:

28 августа 2024

Принята в печать:

12 сентября 2024

Аннотация

Современные технологии кардинально изменили область архитектурного проектирования. В этой статье было подробно рассмотрено влияние современных технологий на процесс архитектурного проектирования. Архитектурное проектирование предполагает не только проектирование зданий, но и применение современных методов и технологий, позволяющих эффективно и качественно осуществлять проекты. Внедрение технологии BIM (Building Information Modeling) автоматизировало процесс проектирования, уменьшило количество ошибок и позволило более эффективно использовать ресурсы. Технологии виртуальной и дополненной реальности создали условия для предварительного просмотра будущих зданий и моделирования их функционирования. Это повысило взаимопонимание с заказчиками и повысило качество проектов. Технология 3D-печати помогла создавать прототипы и тестировать сложные конструкции, а метод биомиметики позволил создавать экологически и эстетически совместимые проекты, внедряя естественные формы и системы в архитектурные решения. Использование инновационных материалов повысило устойчивость зданий, энергоэффективность и проложило путь к развитию новых архитектурных стилей и направлений. Кроме того, использование облачных технологий и цифровых инструментов улучшило взаимодействие между архитекторами и строителями, повысив скорость и качество процесса проектирования. Внедрение принципов экологического проектирования и устойчивого развития позволит в будущем проектировать энергоэффективные, экологически чистые здания. В статье подробно описано влияние этих технологий и методов на архитектуру.

Ключевые слова: проект, производство, компьютерное моделирование, виртуальная реальность, архитектура, 3D дизайн.

Камалова Н.Н.	Информация об авторах: Магистр технических наук, КазАДИ им. Л.Б.Гончарова, г. Алматы, Республика Казахстан, ORCID ID: https://orcid.org/0009-0002-3110-3849 . E-mail: s.nazgul.n@mail.ru
Кажетаев А.С.	Магистр технических наук, кафедры «Транспортное строительство и производство строительных материалов», КазАДИ им. Л.Б.Гончарова, г. Алматы, Республика Казахстан, ORCID ID: https://orcid.org/0009-0008-1408-9081 . E-mail: 87002561222@bk.ru
Карашина А.Р.	Магистр технических наук, КазАДИ им. Л.Б.Гончарова, г. Алматы, Республика Казахстан, ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-8687-1297 . E-mail: karashina2013@mail.ru

Кіріспе

Қазіргі замандағы технологиялық даму сәулет жобалау саласына елеулі өзгерістер әкелуде. Өндірістік және технологиялық трансформациялар архитектуралық жобалаудың тәсілдері мен құралдарын түбегейлі өзгертті. Жаңа технологиялар сәулетшілер мен құрылысшыларға бұрын мүмкін емес болып көрінген құрылымдарды жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Тарихқа көз жүгіртсек, жаңа құрылыс материалдарының, мысалы, темірбетон мен шынының пайда болуы сәулет өнерінде төңкеріс жасады. Осы материалдар ғимараттардың биіктігін, беріктігін және эстетикалық ерекшелігін арттырды, жаңа сәулеттік стильдер мен бағыттардың қалыптасуына жол ашты.

Қазіргі таңда компьютерлік модельдеу, ақпараттық модельдеу (BIM), 3D басып шығару, жасанды интеллект, виртуалды және толықтырылған шындық сияқты заманауи технологиялар сәулет жобалауда кеңінен қолданылады. Бұл технологиялар жобалау процесін автоматтандырып, қателерді азайтып, материалдарды үнемдеуге мүмкіндік береді. Виртуалды модельдер мен үшөлшемді дизайн шешімдері жобалау кезеңінде-ақ болашақ ғимараттардың функционалдығын, қауіпсіздігін және энергия тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, визуализация құралдары тапсырыс берушілерге жобаның соңғы нәтижесін нақты әрі түсінікті түрде көрсетуге ықпал етеді.

Технологиялық даму архитектуралық жобалау процесіне экологиялық және тұрақты даму аспектілерін интеграциялауға да жағдай жасайды. Қазіргі кезде сәулетшілер мен құрылысшылар энергия тиімділігін арттыруға, суды тиімді пайдалануға, экологиялық таза және жаңартылатын материалдарды қолдануға ерекше назар аударуда. Инновациялық шешімдер мен технологиялар тек өндірістік тиімділікті ғана арттырмай, сонымен қатар қоршаған ортаны қорғауға және табиғатпен үйлесімді архитектуралық кеңістіктер жасауға мүмкіндік береді.

Заманауи архитектуралық жобалаудың тағы бір маңызды ерекшелігі – жобалау процесіне әлеуметтік және мәдени факторларды енгізу. Қоғамдастықтың қажеттіліктерін ескеру, жергілікті контекстке назар аудару сәулет жобаларының сапасы мен функционалдығын арттыруға септігін тигізеді. Цифрлық технологиялар жобалау процестерін жылдамдатып қана қоймай, әртүрлі қатысушылар арасындағы өзара әрекеттестікті жетілдіреді, бұл сапалы әрі тиімді жобалар жасауға мүмкіндік береді.

Осылайша, қазіргі заманғы технологиялық прогресс сәулет жобалаудың даму бағытын анықтайтын негізгі факторлардың біріне айналды. Бұл бағыт жобалау сапасын арттыруға, ресурстарды тиімді пайдалануға және экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз етуге жол ашады, сондай-ақ сәулет өнерінің жаңа стандарттарын қалыптастырады.

Әдістер

Бұл зерттеуде қазіргі заманғы сәулет жобалауында қолданылатын негізгі технологиялар мен әдістер қарастырылды. Зерттеу әдістері бірнеше негізгі бағыттар бойынша жүйеленді:

1. Ақпараттық модельдеу (BIM)

BIM (Building Information Modeling) технологиясы жобалау процесінің барлық кезеңдерінде кешенді ақпараттық модельдерді жасауға мүмкіндік береді. Бұл модельдер ғимараттардың геометриясын ғана емес, сонымен қатар материалдары, инженерлік жүйелері, пайдалану шарттары туралы мәліметтерді қамтиды. BIM көмегімен сәулетшілер мен құрылысшылар жобаның бастапқы кезеңінде-ақ қателіктерді анықтап, оларды түзетуге мүмкіндік алады.

2. Виртуалды және толықтырылған шындық

VR (виртуалды шындық) және AR (толықтырылған шындық) технологиялары жобаларды визуализациялау және болашақ ғимараттарды ерте кезеңде зерттеу үшін

қолданылады. Бұл әдістер тапсырыс берушілер мен жобалаушыларға жобаның соңғы түрін көруге, қажетті түзетулер енгізуге және функционалды шешімдерді оңтайландыруға мүмкіндік береді.

3. Компьютерлік модельдеу және 3D басып шығару

Құрылымдардың беріктігін, тұрақтылығын және сейсмотұрақтылығын бағалау үшін компьютерлік модельдеу қолданылады. Сонымен қатар, 3D басып шығару жобалау кезеңінде күрделі макеттер мен прототиптерді жасауға мүмкіндік береді, бұл жобалау шешімдерін нақтылауға және визуалды түрде көрсетуге септігін тигізеді.

4. Инновациялық құрылыс материалдары

Зерттеу барысында құрылыс индустриясында қолданылып жүрген жаңа материалдар: металл қорытпалары, көміртекті нанотүтікшелер, реактивті әйнектер сияқты инновациялық шешімдер қарастырылды. Бұл материалдар архитектуралық жобалауға жаңа конструктивтік және эстетикалық мүмкіндіктер береді.

5. Экологиялық жобалау және тұрақты даму әдістері

Экологиялық таза материалдарды пайдалану, энергияны үнемдейтін жүйелерді енгізу, жаңартылатын энергия көздерін қолдану сияқты әдістер экологиялық тұрақты жобаларды жасауға мүмкіндік береді. Бұл бағытта жобалау процесіне табиғи элементтерді интеграциялау және суды тиімді пайдалану да маңызды орын алады.

6. Биомиметика және табиғаттан шабыт алу

Биомиметика әдістері сәулетшілерге табиғи жүйелер мен формаларға негізделген құрылымдар жасауға мүмкіндік береді. Компьютерлік модельдеу арқылы сәулетшілер табиғи пішіндерді имитациялап, оларды ғимараттардың дизайнына енгізеді, бұл ғимараттардың экологиялық тиімділігін арттыруға септігін тигізеді.

7. Цифрлық құралдарды қолдану және бұлттық технологиялар

Жобалау процесінде бұлттық платформаларды пайдалану әртүрлі мамандар арасындағы өзара іс-қимылды жеңілдетеді. Сәулетшілер, инженерлер және мердігерлер нақты уақытта ақпарат алмасып, жобаны үйлесімді түрде жүзеге асырады.

Нәтижелері

Зерттеу нәтижелері қазіргі заманғы технологиялар мен әдістердің сәулет жобалау процесіне тигізетін оң әсерін көрсетті. Заманауи технологиялар жобалау процесінің тиімділігін арттырып, сапасын жақсартуға мүмкіндік берді.

Ең алдымен, ақпараттық модельдеу (BIM) технологиясын қолдану жобалау процесінде қателерді айтарлықтай азайтты және жобалаушылар мен құрылысшылар арасындағы ынтымақтастықты жақсартты. BIM көмегімен ғимараттардың үшөлшемді модельдерін жасау жобалаудың әртүрлі кезеңдерін байланыстырып, қателіктерді алдын ала анықтауға және оларды түзетуге мүмкіндік берді. Бұл әдіс шығындарды азайтып, жобаларды іске асыру уақытын қысқартуға ықпал етті.

Виртуалды және толықтырылған шындық технологиялары жобалардың визуализациясын едәуір жақсартты. Бұл технологиялардың көмегімен жобаның соңғы нәтижесі алдын ала көрініп, тапсырыс берушілердің сұраныстары мен тілектерін ескеруге мүмкіндік туды. Нәтижесінде, жобаларда шешімдер қабылдау процесі жеңілдеді және тиімділігі артты.

3D басып шығару арқылы құрылыс макеттері мен прототиптерін жасау жобалау барысында күрделі элементтерді тексеруге және визуалды түсінуге көмектесті. Бұл әдіс сәулетшілер мен жобалаушыларға жобаның ерекшеліктерін нақтылап, құрылымдық және дизайндық шешімдерді оңтайландыруға мүмкіндік берді.

Инновациялық құрылыс материалдарын қолдану сәулет өнерінің мүмкіндіктерін кеңейтті. Металл қорытпалары, көміртекті нанотүтікшелер және реактивті әйнектер сәулетшілерге бұрын-соңды мүмкін болмаған күрделі құрылымдар мен пішіндерді жасауға

жол ашты. Бұл ғимараттардың тұрақтылығы мен эстетикалық тартымдылығын арттырды, энергия тиімділігін қамтамасыз етті.

Экологиялық жобалау және тұрақты даму әдістерін қолдану жобалардың экологиялық таза және энергия тиімді болуына ықпал етті. Жаңартылатын энергия көздерін пайдалану, суды тиімді қолдану және табиғи элементтерді архитектуралық шешімдерге енгізу ғимараттардың экологиялық тұрақтылығын арттырды.

Биомиметика әдістері сәулет жобалауда табиғи формалар мен жүйелерді қолдануға мүмкіндік берді. Табиғаттан алынған пішіндер мен құрылымдар сәулет өнерін экологиялық таза әрі инновациялық деңгейге көтерді.

Соңында, бұлттық технологиялар мен сандық құралдарды пайдалану сәулетшілер мен жобалаушылардың жұмысын жеңілдетіп, уақыт пен ресурстарды үнемдеуге, жобалардың сапасын арттыруға және қателерді азайтуға көмектесті.

Талқылау

Зерттеу нәтижелері заманауи технологиялардың архитектуралық жобалау процесіне айтарлықтай әсер ететінін көрсетті. BIM технологиясының қолданылуы жобалау процесін жүйелі және тиімді етуге, қателерді азайтуға және шығындарды төмендетуге көмектеседі. Бұл әдіс сәулетшілер мен инженерлер арасындағы өзара әрекеттестікті күшейтіп, жобалаудың әрбір кезеңін нақты және тиімді үйлестіруге мүмкіндік берді.

Виртуалды және толықтырылған шындық технологиялары жобаның визуализациясын жақсартуға және тапсырыс берушілермен түсіністікті арттыруға ықпал етті. Бұл әдістер жобаның бастапқы кезеңінде-ақ шешімдердің дұрыстығын тексеруге және қажетті түзетулер енгізуге мүмкіндік берді. Нәтижесінде, жобалардың сапасы мен тиімділігі артты.

3D басып шығару технологиясы сәулетшілер мен құрылысшыларға жобаларды прототиптеу мен тексеру мүмкіндігін берді. Бұл әдіс күрделі дизайн шешімдерін жүзеге асыруға, қателіктерді алдын ала анықтауға және құрылыс сапасын арттыруға жағдай жасады.

Инновациялық құрылыс материалдарын қолдану сәулеттік жобалардың жаңа деңгейге шығуына ықпал етті. Металл қорытпалары, көміртекті нанотүтікшелер және реактивті әйнектер сәулет өнерінде бұрын-соңды мүмкін болмаған құрылымдар мен пішіндерді жасауға мүмкіндік берді. Бұл ғимараттардың энергия тиімділігін арттырып, олардың ұзақмерзімділігін қамтамасыз етті.

Экологиялық және тұрақты даму әдістерін қолдану ғимараттардың қоршаған ортаға әсерін азайтып, экологиялық жауапкершілікті арттырды. Биомиметика әдістері табиғаттың құрылымдары мен жүйелерін сәулеттік шешімдерге енгізу арқылы ғимараттардың тұрақтылығын және эстетикалық үйлесімділігін жақсартты.

Сонымен қатар, бұлттық технологиялар мен сандық құралдарды қолдану жобалау процесін жеделдетіп, түрлі мамандар арасындағы ақпарат алмасуды жақсартты. Бұл факторлар жобалардың сапасын арттыруға және іске асыру мерзімдерін қысқартуға мүмкіндік берді.

Қорытынды

Зерттеу барысында анықталғандай, заманауи технологиялар архитектуралық жобалау саласына түбегейлі өзгерістер енгізуде. Ақпараттық модельдеу (BIM), виртуалды және толықтырылған шындық, 3D басып шығару және биомиметика әдістері жобалау процесін жеңілдетіп, қателіктерді азайтуға және ресурстарды тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. Инновациялық құрылыс материалдары сәулет өнерінің жаңа мүмкіндіктерін аша отырып, ғимараттардың тұрақтылығы мен энергия тиімділігін арттыруға ықпал етеді.

Экологиялық жобалау принциптерін қолдану арқылы экологиялық таза және энергия тиімді ғимараттар жасауға жағдай жасалады. Бұл архитектуралық шешімдердің тұрақты дамуға және табиғатпен үйлесімді кеңістіктер құруға бағытталғанын көрсетеді.

Соңында, заманауи технологиялар мен инновациялық әдістер сәулет жобалау процесін жетілдіріп қана қоймай, оны жаңа сапалық деңгейге көтереді. Болашақта бұл технологиялар сәулетшілер мен құрылысшыларға экологиялық таза, тұрақты және жоғары сапалы ғимараттар жобалауға мүмкіндік береді.

Мүдделер қақтығысы. Корреспондент автор мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

Осы мақалаға сілтеме: Камалова Н.Н., Кажетаев А.С., Карашина А.Р. Өндіріс және трансформации: заманауи технологиялардың архитектуралық жобалауға әсері // Вестник Казахского автомобильно-дорожного института = Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutynyn Khabarshysy. 2024; 3 (7):32-38. <https://doi.org/10.63377/3005-4966.3-2024-04>

Cite this article as: Kamalova N.N., Kazhetaev A.S., Karashina A.R. Ondiris zhane transformacii: zamananui tekhnologiyalardyn arhitekturalyk zhobalauga aseri [Production and transformation: the impact of modern technologies on architectural design]. Vestnik Kazahskogo avtomobil'no-dorozhnogo instituta= Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutynyn Khabarshysy. 2024; 3 (7):32-38. (In Rus.) <https://doi.org/10.63377/3005-4966.3-2024-04>

Әдебиеттер

- [1] Абдильдина Г.А., Маштакова Е.К. Макеттеу: оқу құралы 5В07301 "Сәулет" мамандығының студенттеріне арналған. Қарағанды: ҚарТУ баспасы. 2021, 89.
- [2] Лаврова С.А. Загадки и тайны архитектуры: занимательное искусствоведение. Москва: Белый город. 2006, 48.
- [3] Белецкий Б.Ф. Технология и механизация строительного производства: учебник. 4-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань. 2021, 752.
- [4] Карпунин В.Г. Компьютерное моделирование строительных конструкций в программном комплексе ЛИРА-САПР: учебное пособие. Екатеринбург: Уральский государственный архитектурно-художественный университет (УрГАХУ). 2018, 323.
- [5] Копылов В.Н. Оценка надежности строительных конструкций в ПК Лира САПР. Екатеринбург: Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. 2020, 48.

References

- [1] Abdildina G.A., Mashtakova E.K. Maket-teu: oku kuraly 5V07301 "Saullet" mamandygynyn studentterine arналган [Modeling: Textbook for students of specialty 5V07301 "Architecture"]. Karaganda: KarTU baspasy. 2021, 89. (in Kaz.).
- [2] Lavrova S.A. Zagadki i tainy arkhitektury: zanimatel'noe iskusstvovedenie [Mysteries and secrets of architecture: entertaining art studies]. Moscow: Belyi gorod. 2006, 48. (in Russ.).
- [3] Beletskiy B.F. Tekhnologiya i mekhanizatsiya stroitel'nogo proizvodstva: uchebnik [Technology and mechanization of construction production: textbook]. 4th ed., stereotype. Saint Petersburg: Lan'. 2021, 752. (in Russ.).
- [4] Karpunin V.G. Komp'yuternoe modelirovanie stroitel'nykh konstruktsiy v programmnom komplekse LIRA-SAPR: uchebnoe posobie [Computer modeling of construction structures in the LIRA-SAPR software package: textbook]. Ekaterinburg: Ural State University of Architecture and Arts. 2018, 323. (in Russ.).
- [5] Kopylov V.N. Otsenka nadezhnosti stroitel'nykh konstruktsiy v PK LIRA-SAPR [Reliability assessment of construction structures in the LIRA-SAPR software package]. Ekaterinburg: Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin. 2020, 48. (in Russ.).