

Технология и организация строительства Technology and organization of construction

Научная статья
УДК 624.131:622.271
DOI: 10.14529/build230304

ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ЭТАПЕ ПЛАНИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

С.Л. Туманов, *tumserlen@yandex.ru*

Ю.В. Гущина, *jgushina@mail.ru*

Н.С. Макрушин, *makrushin@mail.ru*

А.Р. Рисунув, *andreyrisunov@mail.ru*

С.А. Калиновский, *sk0522@yandex.com*

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

Аннотация. Здания и сооружения являются сложными техническими системами, описываемыми рядом критериев. Информационное моделирование позволяет совместить в себе качественную визуализацию процесса и зависимость расчетных данных по планированию строительства. Процесс выбора наиболее оптимального варианта объемно-планировочных, конструктивных и технологических решений при информационном моделировании значительно ускоряется. Модель позволяет осуществлять анализ пространственно-временных пересечений и регулировку зависящих от них факторов, которые дают возможность в реальном времени показать изменение всех показателей строительного производства на протяжении всего строительства объекта как в общем виде, аналогично используемым на данный момент календарно-сетевым планам, так и в частности, то есть с точки зрения того, как реализация конкретных технологических операций или их корректировки способны изменить рыночную стоимость и продолжительность строительства объекта в целом. В данной работе рассмотрены основные проблемы, возникающие при использовании существующих методов информационного моделирования, и выведены рекомендации, следование которым позволит принимать более успешные решения по вопросам оптимизации проектирования и строительства жилых зданий, а именно, визуальной наглядности, конструктивной надёжности и безопасности, минимизации возможных затрат и уменьшения срока строительства.

Ключевые слова: информационное моделирование, сложная техническая система, жизненный цикл объекта, организационное планирование, оптимизация проектирования и строительства, сокращение сроков строительства, многокритериальность модели

Для цитирования. Информационное моделирование на этапе планирования строительства / С.Л. Туманов, Ю.В. Гущина, Н.С. Макрушин и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2023. Т. 23, № 3. С. 30–36. DOI: 10.14529/build230304

Original article
DOI: 10.14529/build230304

INFORMATION MODELING AT THE STAGE OF CONSTRUCTION PLANNING

S.L. Tumanov, *tumserlen@yandex.ru*

Y.V. Gushchina, *jgushina@mail.ru*

N.S. Makrushin, *makrushin@mail.ru*

A.R. Risunov, *andreyrisunov@mail.ru*

S.A. Kalinovskiy, *sk0522@yandex.com*

Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

Abstract. Buildings and structures are complex technical systems described by a number of criteria. Information modeling enables high-quality visualization of the process and the dependence of calculated data on construction planning to be combined. The process of choosing the most optimal variant of space-planning, design, and technological solutions in information modeling is significantly accelerated. The model allows for spatial-temporal intersections to be analyzed and factors depending on such intersections to be adjusted. This in turn enables real-time display of changes

© Туманов С.Л., Гущина Ю.В., Макрушин Н.С., Рисунув А.Р., Калиновский С.А., 2023.

in all construction indicators throughout the construction of the object, both broadly (similar to the currently used calendar and network plans) and more precisely, in terms of how the implementation of specific technological operations or their adjustments can change the market value and duration of a property as a whole. In this paper, the main problems that arise when using existing information modeling methods are considered and recommendations are derived which will make it possible to implement more successful decisions on optimizing the design and construction of residential buildings, namely visibility, structural reliability and safety, minimizing possible cost, and reducing the construction period.

Keywords: information modeling, complex technical system, object life cycle, organizational planning, optimization of design and construction, reduction of construction time, multi-criteria model

For citation. Tumanov S.L., Gushchina Y.V., Makrushin N.S., Risunov A.R., Kalinovsky S.A. Information modeling at the stage of construction planning. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2023;23(3):30–36. (in Russ.). DOI: 10.14529/build230304

Введение

Вопросы и споры, связанные с имитационным моделированием в строительстве, продолжают уже более двух десятилетий, и их актуальность только возрастает. Согласно статистическим данным анализа интернет-ресурсов, таких как elibrary.ru, dwg.ru, story-russia.ru, данная тема затрагивается все чаще. В современном мире наблюдается исключительный интерес к информационному моделированию, созданию различных программных продуктов, поддерживающих цифровые технологии на различных стадиях жизненного цикла строительной системы, рассматриваются основные преимущества их применения и проблемы внедрения [1–3]. Включение технологий информационного моделирования (ВИМ) в проектирование и управление процессом строительства и их развитие контролируется на государственном уровне [4]. Ключевую роль для важности данного вопроса сыграло постановление правительства от 5 марта 2021 г. № 331, которое обязует строительные и (или) организации, ответственные за эксплуатацию объекта строительства, обеспечить формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства. Безусловно, данное решение связано с необходимостью скорректировать систему подготовки и ведения объектов строительства путем использования новых САПР комплексов и программ, направленных на визуализацию различных процессов, однако поиск оптимальных решений по внедрению различных вариаций программ и методов не останавливается, а наоборот, набирает обороты [5–7].

Методика составления информационных моделей

Очевидно, что любое сооружение представляет собой сложную техническую систему, а характерной особенностью такой системы является многокритериальность. Поэтому при информационном моделировании важно понимать следующее: модель создается для структуризации и уточнения предпочтений лица, принимающего решение, которое непосредственно участвует в ее разработке; модель должна быть логически непротиворечивой и при этом содержать описание всех

важнейших элементов задачи принятия решений, их свойств; она должна давать возможность использования реальной информации о задаче, получаемой от экспертов и лица, принимающего решение, при этом она должна быть простой и удобной для анализа и использования [8, 9]. Очевидно, что при моделировании на этапе строительства важно иметь сведения о разбиении объекта как сложной системы на отдельные элементы по составу и очередности, контрактным и нормативным срокам проведения строительных работ. Всё должно основываться на действующих нормативах и законодательной базе [10–12].

В работах [13–15] в качестве моделей планирования приводится реализация календарных графиков и общего календарно-сетевого плана в связке с новым и доступным для отечественных компаний программным комплексом, таких как ПК «MS Project», ПК «Spider Project», с учетом ограниченности ресурсов строительства. Хотя данный подход и является рациональным, в плане рассмотрения вопроса по конкретным данным рынка региона, а также создания конкретных баз данных, которые подлежат корректировке в процессе строительства, подобный вариант не является оптимальным и имеет стандартные недостатки календарно-сетевого планирования.

На данный момент, согласно нормативно правовым актам (СП 48.13330.2019. Свод правил. Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004 утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 24.12.2019 № 861/пр; Постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»; Постановление Правительства России № 331 от 5 марта 2020 года. «О введении обязательного использования технологий информационного моделирования на объектах госзаказа») в сфере организационного планирования строительства существует ряд требований и рекомендаций для непосредственного расчета и создания календарного плана строительномонтажных работ, совмещения их в имитационных моделях объектов строительства, однако рекомендуемые нормативными актами данные

для расчета стоимости и продолжительности строительно-монтажных работ, зависящие от единых норм и расценок на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы, государственных элементных сметных норм, а также федеральных и территориальных единичных расценок, не всегда сопоставимы с реальными данными рынка региона, в котором планируется строительство объекта. Также стоит отметить, что уровень календарно-сетевых планов на сегодняшний день позволяет лишь следить за продвижением строительства. Корректировка сроков в связи с различными обстоятельствами осуществляется несвоевременно ввиду не полного их сопряжения с технологическими картами, ввиду наличия неучтенных при расчетах факторов региона, будь то транспортная загруженность или текущее состояние материально-технической базы региона, что, в свою очередь, напрямую влияет на сроки и стоимость строительства объекта.

Анализ известных информационных моделей и предложения по их усовершенствованию

В работах [16, 17] наглядно показывается возможность создания имитационной модели, направленной на конкретную область строительства – проектирование автодорог. Авторы предлагают совмещение расчетных данных, организационного планирования и 3D-визуализации объекта в целом, однако вопрос реализации укрупненного рассмотрения всех технологических циклов на каждом этапе строительства ими не рассматривается. Авторы указывают, что основным недостатком при создании данной модели являются трудности совмещения расчетных программных комплексов с программами 3D-визуализации. Но так-

же можно отметить, что на этапе планирования строительства достаточно оперировать данными по уже рассчитанным проектом конструкциям, что позволит как оптимизировать работу данной имитационной модели, так и более наглядно отобразить проведение строительно-монтажных работ.

Рассмотрев актуальные проекты организации строительства за последние два года, которые опубликованы в интернет-ресурсах компаний нашего региона, таких как СК «Пересвет-Юг» ООО СЗ «ИнвестГражданСтрой», ГК «HouseExpert» [18, 19], можно выделить общий состав информационной модели планирования строительства. Данный алгоритм сведен в блок-схему, отображенную на рис. 1.

Проанализировав данные, можно прийти к выводу, что подобная модель не отвечает на вопросы, необходимые для непосредственного управления проектом строительства, а именно:

1. Невозможность своевременно корректировать календарные данные по конкретным этапам строительно-монтажных работ, в ситуации нарушающих изначальный календарный план проведения работ.

2. Наличие существенного различия итоговой сметной стоимости и стоимости, предоставленной решениями инженеров в проектах организации строительства.

3. Отсутствие визуального понимания зависимости этапов календарного плана

В качестве решения данных проблем предлагается создание следующей информационной модели, состав которой отображен в блок-схеме на рис. 2.

Информационная модель позволяет совместить календарно-сетевое планирование с САПР комплексами, которыми могут стать поддерживаемые AutoCAD программы Blender 3D, Revit 3D и прочие.



Рис. 1. Существующая блок-схема состава информационной модели на этапе планирования строительства

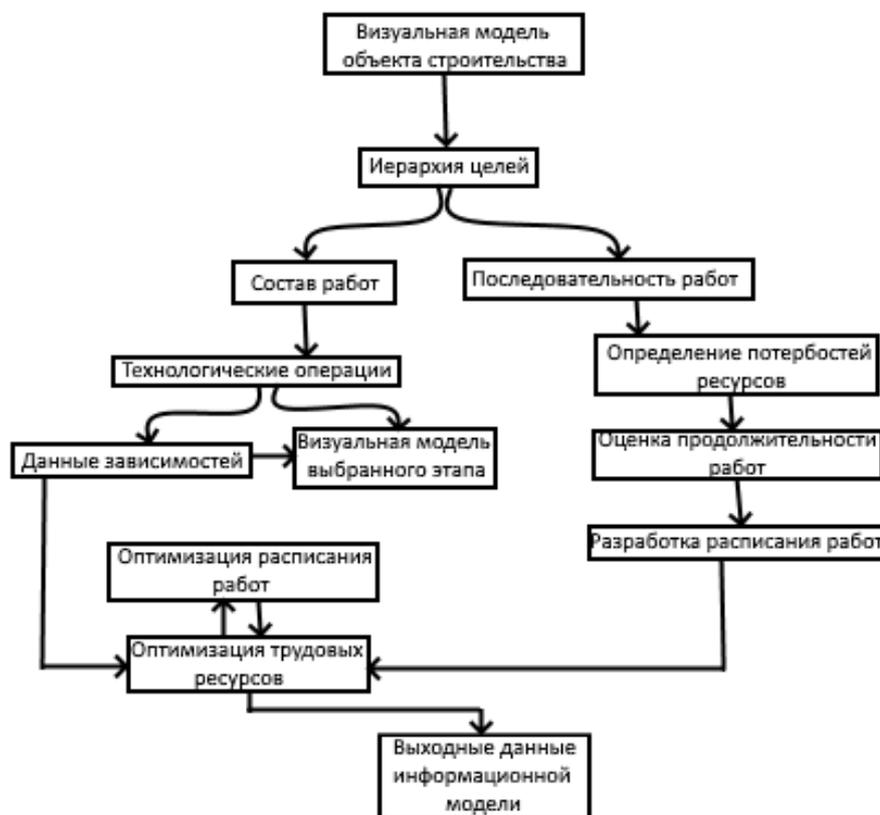


Рис. 2. Предлагаемая блок-схема состава информационной модели при планировании строительства

Данное решение направлено на конкретную визуализацию всех этапов строительства вплоть до технологических операций по каждому процессу, их совмещения с расчетными данными при составлении календарного плана, а именно, зависимости количества рабочих от выработки, графика движения материалов, вплоть до визуального показа зависимости времени доставки на простой рабочей бригады. Также предлагается внедрение данных технологических карт в визуально анимированном формате для использования в информационной модели, что, в свою очередь, облегчит понимание зависимости сроков строительства и стоимости не только у руководства строительными работами, но и у заказчика, а также повлияет на оптимизацию срока строительства в целом ввиду своевременного определения проблемы и автоматизированного распределения рабочих по другим, взаимосвязанным технологическим процессам для избежания простоя и минимизации нарушений сроков строительства.

В качестве примера пользы применения подобной массивной информационной модели условно примем проведение работ нулевого цикла. Наиболее частой проблемой при проведении данной работы является простой землеройного оборудования в связи с задержкой автосамосвалов, возникающей из условий реальной ситуации на автодорогах, которые не могут быть предусмотрены

созданием стандартной циклограммы машин и механизмов. При внедрении всех технологических процессов и визуализации их в программном 3D-комплексе в связке с САПР, позволяющими вносить текущие изменения исходных условий, возможно задание связки времени пути автосамосвалов с текущей ситуацией на дорогах города на основе данных навигационных систем, что позволит назначить оптимальное время начала землеройных работ.

Выводы

Подводя итог, можно сделать вывод, что при условии создания массивной информационной модели на этапе планирования строительства будет несложно избежать основных проблем, которые на данный момент существуют при создании проекта организации строительства. Данный метод позволит решить вопросы своевременного корректирования этапов строительного-монтажных работ, невозможности корректирования нормированных региональных расценок в зависимости от реальной рыночной ситуации при расчете календарного плана, а также позволит осуществлять визуальное представление планирования строительства в виде 3D-анимационной модели, связанной с каждым этапом строительства и включающей в себя весь объем информации по проектируемому объекту.

Список литературы

1. К вопросу о стадиях жизненного цикла строительных систем в контексте принципов информационного моделирования / С.Г. Абрамян, О.В. Бурлаченко, О.В. Оганесян, Е.Д. Соболева, А.О. Бурлаченко, В.В. Пleshakov // Инженерный вестник Дона. 2022. № 6(90) 607–620.
2. Волков А.А. Комплексный мониторинг как средство поддержки процессов оперативного управления строительным объектом // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений». Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2001. Ч. 2. С. 50–53.
3. Бурлаченко О.В., Елфимов К.А., Бунин Д.В. Информационное обеспечение управления жизненным циклом строительных объектов в концепции BIM // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 54 (73). С. 217–221.
4. Новосёлова А.К., Стенькина О.М., Бородин С.И. Трансформация деятельности строительной организации при внедрении технологий информационного моделирования в строительстве (BIM) // Управление инвестициями и инновациями. 2017. № 4. С. 73–78. DOI: 10.14529/iimj1704011
5. Тулеубаева А.Н. Применение автоматизированных методов проектирования для принятия оптимальных конструктивных решений // Наука и техника Казахстана. 2018. № 3. С. 89–95.
6. Kasenov A.Zh., Zhanbulatova L.D., Aidarkhanov D.A. Applications in engineering // Наука и техника Казахстана. 2016. № 3-4. С. 75–81.
7. Грахов В.П., Мохначев С.А., Иштряков А.Х. Развитие систем BIM проектирования как элемент конкурентоспособности // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1 (1). С. 580–587.
8. Обзор методов принятия решений при разработке сложных технических систем / С.С. Семенов, А.В. Полтавский, В.В. Маклаков, А.В. Крянев // Надёжность. 2014. № 3(50). С. 72–84.
9. Vozoglu J. Collaboration and coordination learning modules for BIM education. // Journal of Information Technology in Construction (ITcon). 2016. Vol. 21. pp. 152–163.
10. Oleinik P., Yurgaytis A. The method of forming solutions for non-critical activities in the preparation and optimization of the construction complex organizations' annual program // MATEC Web of Conferences. 2018. vol. 193. №05010. DOI: doi.org/10.1051/mateconf/201819305010.
11. Moosavi S.F., Mosehli O. Review of Detailed Schedules in Building Construction // Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction. 2014. No. 6(3). 05014001. DOI: 10.1061/(ASCE)LA.1943-4170.0000142.
12. Шестакова А.П., Хлопенков И.В. Планирование очередности строительства зданий при квартальной застройке // Инженерный вестник Дона. 2021. № 4 (76). С. 378–387.
13. Петропавловских О.К., Плотников И.В. Современные методы организации, планирования и управления в мостостроении // Известия КГАСУ. 2013. № 2 (24). С. 301–307.
14. Кужин М.Ф., Галева Р.Г. Организация и планирование строительного производства при возведении комплексов зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. 2021, № 5(77). С. 45–53.
15. Технологии информационного моделирования (BIM) как основа бережливого строительства / Л.Т. Гевара Рада, В.В. Пешков, В.И. Мартыянов, Е.А. Радионова, Ф. Г. Бужеева, Е.В. Сайбагалова // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12, № 1. С. 70–81. DOI: 10.21285/2227-2917-2022-1-70-81
16. Нестеров И.В. Информационное моделирование в строительстве // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2 (3). С. 33–36.
17. Eastman C., Teicholz P., et al. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2011. 490 p.
18. Данные по строящимся объектам. [Электронный ресурс]. URL: peresvet-ug.ru/novostroyki/ (дата обращения: 3.10.2022).
19. Инвестиционные проекты, цифровая платформа. [Электронный ресурс]. URL: investprojects.info/project-base/i-volgogradskaya-oblast (дата обращения: 1.10.2022).

References

1. Abramyan S.G., Burlachenko O.V., Oganesyanyan O.V., Soboleva E.D., Burlachenko A.O., Pleshakov V.V. On the issue of the building systems life cycle stages in the context of the principles of information modeling. *Engineering journal of Don*. 2022;6(90):607–620. (in Russ.)
2. Volkov A.A. [Complex monitoring as a means of supporting the processes of operational management of a construction object]. In: *Materialy mezhdunar. nauch.-praktich. konf. "Informatsionnye tekhnologii v obsledovanii ekspluatiruemyykh zdaniy i sooruzheniy"*. [Materials of the International Scientific and practical conference "Information technologies in the survey of operated buildings and structures"]. Novocherkassk: YuRGTU (NPI); 2001. P. 50–53. (in Russ.)

3. Burlachenko O.V., Elfimov K.A., Bunin D.V. Information support of life cycle management of construction projects in conception of BIM. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture]. 2018;54(73):217–221. (in Russ.).
4. Novoselova A.K., Stenkina O.M., Borodin S.I. Transformation Of Principal Activity Of The Construction Organization At Introduction Of Building Information Modeling (BIM). *Investment and innovation management journal*. 2017;4:73–78. (In Russ.) DOI: 10.14529/iimj170411
5. Tuleubaeva A.N. Application of automotive design methods for making optimal construction solutions. *Science and Technology of Kazakhstan*. 2018;3:89–95. (in Russ.)
6. Kasenov A.Zh., Zhanbulatova L.D., Aidarkhanov D.A. Applications in engineering. *Science and Technology of Kazakhstan*. 2016;3-4:75–81.
7. Grakhov V.P., Mokhnachev S.A., Ishtyakov A.Kh. Development of BIM systems design as an element of competitiveness. *Modern Problems of Science and Education. Surgery*. 2015;1(1):580–587.
8. Semenov S.S., Poltavskiy A.V., Maklakov V.V., Kryanov A.V. [Review of decision-making methods in the development of complex technical systems]. *Dependability*. 2014;3(50):72–84.
9. Bozoglu J. Collaboration and coordination learning modules for BIM education. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*. 2016;21:152–163.
10. Oleinik P., Yurgaytis A. The method of forming solutions for non-critical activities in the preparation and optimization of the construction complex organizations' annual program. *MATEC Web of Conferences*. 2018;193:05010. DOI: doi.org/10.1051/mateconf/201819305010
11. Moosavi S.F., Mosehli O. Review of Detailed Schedules in Building Construction. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*. 2014;6(3):05014001. DOI: 10.1061/(ASCE)LA.1943-4170.0000142.
12. Shestakova A.P., Khlopenkov I.V. Planning the sequence of construction of buildings in the quarter development. *Engineering journal of Don*. 2021;4(76):378–387. (in Russ.)
13. Petropavlovskikh O.K., Plotnikov I.V. Modern methods of organization, planning and management in bridge. *News of the Kazan State University of Architecture and Engineering*. 2013;2(24):301–307 (in Russ.)
14. Kuzhin M.F., Galeeva R.G. Organization and planning of construction production in the construction of complexes of buildings and structures. *Engineering journal of Don*. 2021;5(77):45–53. (in Russ.)
15. Guevara Rada L.T., Peshkov V.V., Mart'yanov V.I., Radionova E.A., Buzheeva F.G., Saibatalova E.V. Building Information Modelling (BIM) technology as a basis for lean construction. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'* [Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate]. 2022;12(1):70–81. (in Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-1-70-81>.
16. Nesterov I.V. Informatsionnoe modelirovanie v stroitel'stve. *CAD & GIS for roads*. 2014;2(3):33-36. (in Russ.)
17. Eastman C., Teicholz P., et al. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. Hoboken, New Jersey: Wiley; 2011. 490 p.
18. *Dannye po stroyashchimsya ob'ektam* [Data on objects under construction]. [Electronic resource] Available at: peresvet-ug.ru/novostroyki/ (accessed 3.10.2022) (in Russ.)
19. *Investitsionnye proekty, tsifrovaya platforma* [Investment projects, digital platform]. [Electronic resource] Available at: investprojects.info/project-base/i-volgogradskaya-oblast (accessed 1.10.2022) (in Russ.)

Информация об авторах:

Туманов Сергей Леонидович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительная механика», Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия, tumserlen@yandex.ru.

Гущина Юлия Валерьевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Технологии строительного производства», Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия, jgushina@mail.ru.

Макрушин Никита Сергеевич, магистрант кафедры «Технологии строительного производства», Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия, makrushin@mail.ru.

Рисунов Андрей Романович, аспирант кафедры «Технологии строительного производства», Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия, andreyrisunov@mail.ru.

Калиновский Сергей Андреевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительная механика» Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия, sk0522@yandex.com.

Information about the authors:

Sergey L. Tumanov, Cand. Sci. in Engineering, associate professor, Department of Structural Engineering, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia; tumserlen@yandex.ru.

Yuliya V. Gushina, Cand. Sci. in Economics, Associate Professor, Department of Construction, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia; jgushina@mail.ru.

Nikita S. Makrushin, Master's student, Department of Construction, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia; makrushin@mail.ru.

Andrey R. Risunov, Post-graduate student, Department of Construction, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia; andreyrisunov@mail.ru.

Sergey A. Kalinovsky, Cand. Sci. in Engineering, Associate Professor, Department of Structural Engineering, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia; sk0522@yandex.com.

Статья поступила в редакцию 23.05.2023, принята к публикации 31.05.2023.

The article was submitted 23.05.2023; approved after reviewing 31.05.2023.