

Организационно-технологические решения при обследовании зданий, пострадавших в результате чрезвычайных ситуаций, с использованием современных технологий

С.Г. Шеина, И.В. Новоселова, И.А. Чернявский

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Статья посвящена вопросам оптимизации процесса технического обследования зданий и сооружений, пострадавших в результате чрезвычайных ситуаций, при использовании наиболее современных информационных систем и технологий. Сложность в проведении работ по обследованию зданий, пострадавших в результате чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, обуславливает необходимость в поиске эффективных организационно-технологических решений с целью сокращения сроков выполнения работ по обследованию зданий и сооружений без потери качества и точности исследований, а также для создания безопасных условий труда специалистов в ходе работ.

Ключевые слова: техническое обследование, чрезвычайная ситуация, цифровая модель здания, георадиолокационное зондирование, информационные технологии, геоинформационные технологии.

Техническое обследование зданий, сооружений и инженерных систем является трудоемким и длительным процессом, в особенности после чрезвычайных ситуаций (ЧС) [1].

Целями технического обследования объектов капитального строительства, пострадавших в результате ЧС, являются [2, 3]:

- определение состояния конструкций, инженерных сетей, которое могло ухудшиться в результате появления различных дефектов;
- определение пригодности объектов к дальнейшей эксплуатации;
- разработка мероприятий по устранению повреждений и усилению конструкций и др.

Применение стандартных методов обследования в таких случаях требует значительных ресурсов и экономически затратно. Кроме того, техническое обследование часто может проводиться в эксплуатируемых объектах, деятельность которых сложно остановить; поэтому работы, связанные с обследованием, могут вестись в среде, которая при

использовании традиционных методов не позволит получить объективные данные, а также создаст повышенный риск для жизни и здоровья специалистов в ходе выполнения работ [4].

В связи с этим, роль компьютерных технологий при обследовании зданий, сооружений и различных инженерных систем на сегодняшний день возросла многократно. В случае ЧС необходима быстрота выполнения технического обследования при высоких требованиях к качеству и точности получаемых результатов, что обуславливает необходимость применения специализированных программных продуктов и современных информационных технологий [5].

Информационные модели зданий при выполнении технического обследования зданий и сооружений значительно облегчают выполнение многих технических и организационно-технологических задач. Данные цифровой модели, предоставляемые специалисту, позволяют своевременно получить информацию об объемно-пространственных характеристиках и технико-экономических показателях обследуемого объекта, составе конструктивных элементов, наличии и расположении недоступных узлов и элементов, а также оценить возможность появления скрытых дефектов. Однако при отсутствии информационной модели обследуемого здания или сооружения, которая не была сформирована на этапе его проектирования (что характерно для большинства объектов недвижимости старой постройки), возможности компьютерного моделирования снижаются, но не утрачивают значимости (например, если задействован метод лазерного сканирования и фотограмметрический метод обработки изображений для создания компьютерной (3D) модели здания) [6]. В этом случае, при использовании данных методов формируется облако точек, которое затем подгружается в специализированное программное обеспечение для создания модели [7]. Данная модель не будет обладать всеми свойствами цифровой

модели здания, но может стать хранилищем информации, полученной в ходе визуального освидетельствования состояния элементов при техническом обследовании. В модели возможно отображение данных из ведомости дефектов (характер трещин с шириной их раскрытия, участки коррозии бетона и металла, участки замачивания, размытие штукатурки и пр.) [8].

Преимущества метода лазерного сканирования для формирования облака точек заключается, прежде всего, в большей скорости проведения работ, по сравнению с традиционными геодезическими методами, в автоматизации процесса сканирования, в возможности выполнения работ на рельефе любой сложности, а также в его высокой точности.

При необходимости информационную модель можно сформировать непосредственно на этапе технического обследования по предоставленной проектной документации [9]. Однако, в таком случае качество цифровой модели обследуемого здания или сооружения напрямую зависит от полноты и информативности имеющихся данных. Именно таким образом была создана информационная модель корпуса №8 Донского государственного технического университета (ДГТУ), изображенная на рис. 1, при проведении первого этапа технического обследования на предмет определения причин затопления цокольного этажа здания.



Рис. 1. – Цифровая модель корпуса №8 ДГТУ

При техническом обследовании корпуса №8 ДГТУ информационная модель была задействована для изучения пространственных и конструктивных особенностей здания, для отражения предварительных результатов георадиолокационного зондирования, а также непосредственного внесения информации о дефектах в компьютерную модель для определения причин проникновения атмосферных осадков в цокольную часть здания и отражения полной картины последствий затопления.

Способность накопления собранных данных в цифровых информационных моделях зданий и сооружений является важнейшим компонентом при применении технологий информационного моделирования в техническом обследовании [10].

Совместное исследование результатов, полученных в ходе георадиолокационного зондирования и разработки цифровой модели здания, необходимо при выполнении технического обследования объектов капитального строительства при их затоплении, а также при наступлении ЧС природного и техногенного характера для отражения информации в цифровой модели здания о возможных и обнаруженных утечках в инженерных сетях, местах переувлажнения грунта или наличия неоднородных включений.

Метод георадиолокационного подповерхностного зондирования позволяет получить необходимую информацию о геологической структуре грунтов, возможных инородных включениях в толще грунта, расположении инженерных сетей, а также об участках переувлажнения грунта, наличии карстовых полостей и других пустот [11]. Данный метод осуществляется при помощи специализированного прибора подповерхностного зондирования (георадара) и характеризуется высокой производительностью при небольших

трудозатратах, возможностью получения точных результатов в реальном времени и низкой стоимостью.

Принцип работы георадара заключается в излучении электромагнитных импульсов с последующим отражением волны от границ раздела слоев зондируемой среды с разной диэлектрической проницаемостью.

Особенно важно сочетание компьютерного моделирования, лазерного сканирования и георадиолокации при оценке влияния последствий ЧС на транспортную инфраструктуру, а также с целью повышения эффективности планирования и выполнения перспективных мероприятий по модернизации объектов для достижения максимального сопротивления ЧС. При такой схеме формирования информационной модели выполняются двухэтапные изыскания.

Первоначально производится мобильное лазерное сканирование (МЛС) специализированным оборудованием, смонтированным на автомобильном шасси. Это необходимо при получении бесшовной картины облака точек на всем протяжении сканирования (до нескольких километров) для создания трехмерной модели дорожного покрытия и линейных элементов инфраструктуры (дорожных ограждений, разметки и пр.). Пример такого сканирования представлен на рис. 2.

Далее производится статическое лазерное сканирование (СЛС) несущих конструктивных элементов транспортной инфраструктуры (опор, пролетных строений, лестничных сходов, фундаментов) для построения модели конструкций из облака точек с высокой точностью и пространственной привязкой.

Вторым этапом выполняется георадиолокационное обследование по аналогии с МЛС при помощи скоростного георадара с глубиной зондирования до 8 метров, смонтированным на автомобиле.

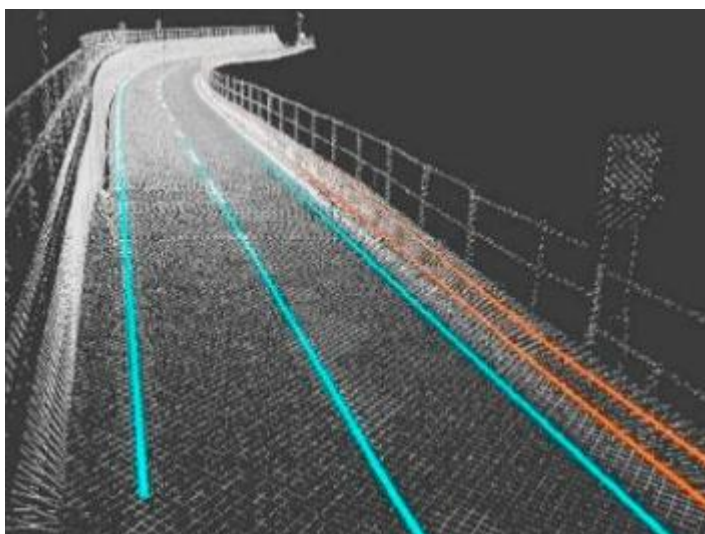


Рис. 2. – Облако точек просканированной транспортной инфраструктуры, сформированное при помощи МЛС [12]

В результате получается георадиорадарограмма (рис. 3) на всю длину обследуемого участка с изображенными слоями основания и их толщиной, инородными включениями, а также проложенными коммуникациями.

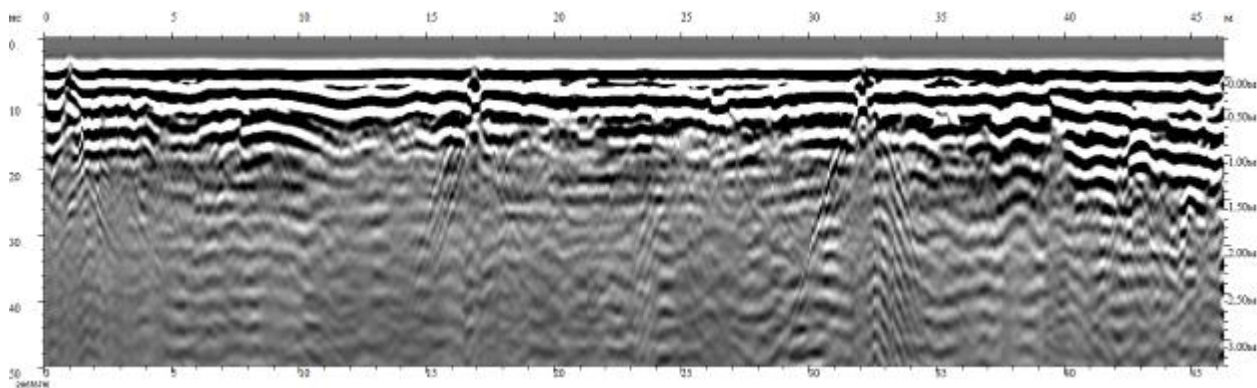


Рис. 3. – Пример результата георадиолокационной съемки (георадарограмма)

Результаты изысканий, полученные на двух этапах обследования, объединяются по схеме, изображенной на рис. 4, тем самым помогая сформировать единую цифровую модель, включающую структурные элементы надземных сооружений, модель дорожного полотна и его основания.



Рис. 4. – Схема формирования цифровой модели транспортной инфраструктуры по результатам изысканий

Если повреждения объектов транспортной инфраструктуры после ЧС серьезны и не позволяют использовать метод мобильного или статического лазерного сканирования, либо концентрация вредных веществ в местах сканирования вследствие ЧС превышает предельно допустимое значение и представляет серьезную опасность для жизни и здоровья участников обследования, то необходимо вместо лазерного сканирования перейти к применению метода фотограмметрии с использованием беспилотных летательных аппаратов. Георадиолокационное обследование в подобных ситуациях может производиться беспилотными летательными аппаратами или легкими и малоразмерными беспилотными наземными средствами [13].

Для технического обследования городских инженерных сетей после ЧС природного или техногенного характера наиболее экономичным методом является использование цифровых моделей в формате систем автоматизированного проектирования (САПР), в рамках которого картографическая информация об инженерно-коммунальных сетях, имеющаяся у муниципальных органов власти, оцифровывается и регулярно обновляется, и может быть использована в случае наступления ЧС или негативных последствий ЧС. В данном случае важен единый формат файлов САПР для координации работ между различными структурами в случае наступления ЧС. Использование данного метода, прежде всего, заключается в создании возможности структурировать и сегментировать информацию, акцентируя внимание на определенных обследуемых сетях или их отдельных участках [14].

Еще одним методом формирования цифровых моделей инженерных сетей является использование специализированных геоинформационных систем, одной из которых является отечественный программный комплекс «ZuluGIS», который позволяет создавать схемы инженерных сетей с привязкой их топологии, что необходимо при гидравлических расчетах и построении пьезометрических графиков [15]. При работе в ZuluGIS формируется собственная структура данных со слоями, условными обозначениями, шаблонами отчетов, таблицами с атрибутами и справочниками.

При техническом обследовании корпуса №8 ДГТУ ZuluGIS был задействован при построении цифровой модели канализационной системы с внесением информации о высотных отметках, люках и лотках колодцев, диаметрах и материалах труб, их глубине залегания, а также при выполнении расчетов для определения причины затопления цокольной части здания.

Цифровая карта сетей водоотведения на территории ДГТУ изображена на рис. 5.

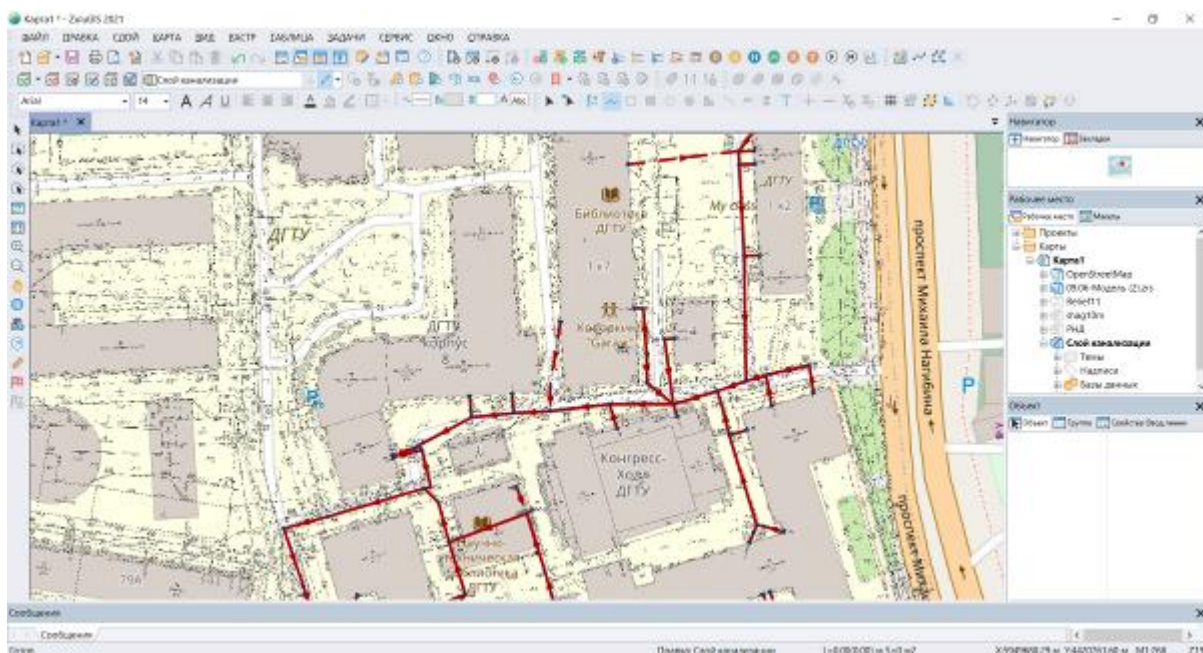


Рис. 5. – Цифровая карта системы водоотведения на территории ДГТУ, выполненная в ZuluGIS

При расчете было обнаружено конструктивное нарушение, связанное с острым углом поворота самотечного участка, влияющим на частоту засорения и, как следствие, возможное переполнение смотровых колодцев с последующей фильтрацией в подземную часть здания через дефекты системы и здания.

Использование геоинформационных систем совместно с точной радарной топографической съемкой (Shuttle radar topographic mission – SRTM) особенно полезно при определении расположения водоразделов для оценки возможного затопления зданий подземными водами, а также оценке рисков возникновения опасных геологических явлений, в том числе оползней [16]. На рис. 6. представлена карта микрорайона «Александровка» в г.Ростове-на-Дону с SRTM съемкой и построенными по ней горизонталями. На карте отмечена точка в виде красного квадрата, для которой в правом

нижнем углу в рабочем окне «Объект» указаны: номер (идентификатор) квадрата в общем массиве карты; координаты широты (LAT) и долготы (LON); уточненная высота точки (Z), сформированная на основе анализа высотных отметок близлежащих точек. Создание подобных цифровых карт со множеством слоев позволяет объединять все необходимые для технического обследования наборы данных в одном файле, при этом не создавая путаницы.

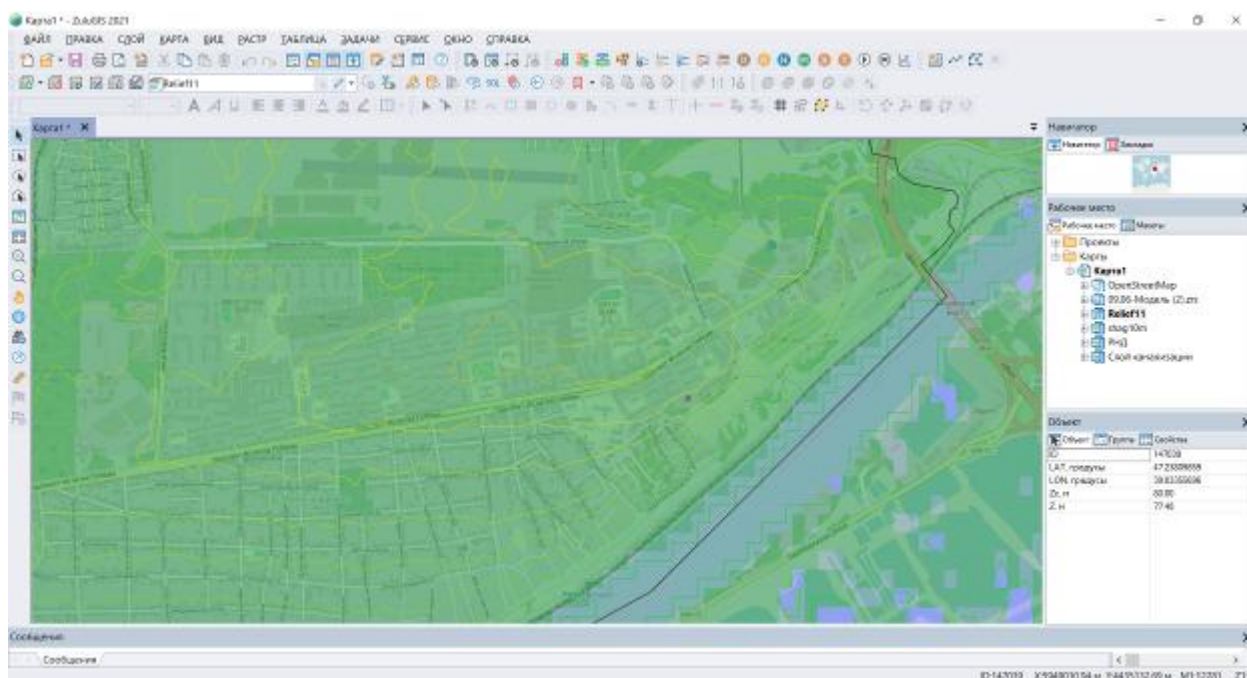


Рис. 6. – Цифровая карта микрорайона «Александровка» с SRTM съемкой, выполненная в ZuluGIS

Применение различных информационных систем и их совместное использование с неразрушающими методами контроля, технологией лазерного сканирования и техникой фотограмметрии имеет значительные преимущества по сравнению с традиционными методами технического обследования объектов капитального строительства при наступлении ЧС, т.к. позволяет многократно сократить сроки выполнения и трудоемкость работ по обследованию, не снижая качества и точности исследования.

Литература

1. Шеина С.Г., Новоселова И.В., Чернявский И.А. Организационно-технологические подходы к оценке безопасности зданий, пострадавших в результате природных и техногенных аварий и катастроф // Инженерный вестник Дона, 2022, №7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2022/7795.
 2. Харитонов В.А. Основы экспертной оценки надежности проектных решений линейных (протяженных) объектов строительства // Вестник МГСУ, 2008, № 1. С. 252-264.
 3. Шеина С.Г., Новоселова И.В., Чернявский И.А. Организационно-технологические направления по восстановлению объектов после чрезвычайных ситуаций с использованием BIM-технологий // Инженерный вестник Дона, 2022, №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2022/7992.
 4. Есенберлина Д.И. Современные методы оценки ущерба зданий и сооружений от стихийных бедствий // Вестник КазЭУ, 2010, № 6. С. 49-51.
 5. Шеина С.Г., Новоселова И.В., Дементеев Д.С. Применение технологий информационного моделирования при возникновении чрезвычайных ситуаций // Инженерный вестник Дона, 2023, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2023/8128.
 6. Pesci A., Teza G., Bonali E., Casula G., Boschi E. A laser scanning-based method for fast estimation of seismic-induced building deformations // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2013, № 79. pp 185-188. URL: doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.02.021.
 7. Oussous A., Benjelloun F.-Z., Lahcen A.A., Belfkih S. Big Data technologies: A survey // Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences, 2018, № 30 (4), pp. 431-448. URL: doi.org/10.1016/j.jksuci.2017.06.001.
-

8. Мищенко А.В., Горбанева Е.П. Реализация BIM полного жизненного цикла объекта недвижимости // Известия высших учебных заведений. Строительство, 2021, № 11 (755). С. 95-109.

9. Шеина С.Г., Виноградова Е.В., Денисенко Ю.С. Пример применения BIM технологий при обследовании зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона, 2021, № 6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2021/7037.

10. Петров К.С., Дахнова Т.М., Летяева Н.В., Суховая В.Д. Применение современных информационных технологий в экспертизе объектов культурного наследия // БСТ: Бюллетень строительной техники, 2023, № 11 (1071). С. 24-25.

11. Хакиев З.Б., Шаповалов В.Л., Кругликов А.А., Явна В.А. Георадиолокационный метод определения физических параметров конструктивных слоев автомобильных и железных дорог // Инженерный вестник Дона, 2013, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1860.

12. D'Amico F., Bertolini L., Napolitano A., Bianchini Ciampoli L., Manalo J.R.D., Gagliardi V., Calvi A. A possible implementation of non-destructive data surveys in the definition of BIM models for the analysis of road assets // Transportation Research Procedia, 2023, № 69. pp. 187-194. URL: doi.org/10.1016/j.trpro.2023.02.161.

13. Mandirola M., Casarotti C., Pesolo S., Lanese I., Brunesi E., Senaldi I. Use of UAS for damage inspection and assessment of bridge infrastructures // International Journal of Disaster Risk Reduction, 2022, № 72. URL: doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.102824.

14. Yang S., Wang J., Wang X., Yao Y., Shou W. 3D reconstruction in underground utilities // Automation in Construction, 2023, № 156. URL: doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105100.



15. Розникова К.Д. Разработка гидромодели на базе ZuluGIS // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК), 2019, № 1-2. С. 46-47.

16. Гридневский А.В. Комплексная оценка геологических опасностей территорий Ростовской области // Инженерный вестник Дона, 2013, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1946.

References

1. Sheina S.G., Novoselova I.V., Chernyavskiy I.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, № 7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2022/7795.

2. Kharitonov V.A. Vestnik MGSU, 2008, № 1. pp. 252-264.

3. Sheina S.G., Novoselova I.V., Chernyavskiy I.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, № 11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2022/7992.

4. Esenberlina D.I. Vestnik KazEU, 2010, № 6. pp. 49-51.

5. Sheina S.G., Novoselova I.V., Dementeyev D.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2023/8128.

6. Pesci A., Teza G., Bonali E., Casula G., Boschi E. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2013, № 79. pp. 185-188. URL: doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.02.021.

7. Oussous A., Benjelloun F.-Z., Lahcen A.A., Belfkih S. Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences, 2018, № 30 (4), pp. 431-448. URL: doi.org/10.1016/j.jksuci.2017.06.001.

8. Mishchenko A.V., Gorbaneva E.P. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo, 2021, № 11 (755). pp. 95-109.

9. Sheina S.G., Vinogradova E.V., Denisenko Y.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, № 6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2021/7037.

10. Petrov K.S., Dakhnova T.M., Letyayeva N.V., Sukhovaya V.D. BST: Byulleten' stroitel'noy tekhniki, 2023, № 11 (1071). pp. 24-25.



11. Khakiyev Z.B., Shapovalov V.L., Kruglikov A.A., Yavna V.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1860.
12. D'Amico F., Bertolini L., Napolitano A., Bianchini Ciampoli L., Manalo J.R.D., Gagliardi V., Calvi A. Transportation Research Procedia, 2023, № 69. pp. 187-194. URL: doi.org/10.1016/j.trpro.2023.02.161.
13. Mandirola M., Casarotti C., Pesolo S., Lanese I., Brunesi E., Senaldi I. International Journal of Disaster Risk Reduction, 2022, № 72. URL: doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.102824.
14. Yang S., Wang J., Wang X., Yao Y., Shou W. Automation in Construction, 2023, № 156. URL: doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105100.
15. Roznikova K.D. Molodyye uchenyye – razvitiyu Natsional'noy tekhnologicheskoy initsiativy (POISK), 2019, № 1-2. pp. 46-47.
16. Gridnevskiy A.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1946.