ВОЗМОЖНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПО ПОВЫШЕНИЮ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.В. Гинзбург, А.И. Рыжкова¹

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, (НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26;

¹Общероссийская общественная организация «Деловая Россия», 127473, г. Москва, ул. Десятская, д. 7, стр. 1

В мире активно осваивается технология искусственного интеллекта (ИИ), однако о возможностях ИИ в строительстве говорится недостаточно много, вопрос требует дополнительной проработки. Как правило, решение об инвестировании в тот или иной строительный проект принимается на основе оценки организационно-технологической надежности (ОТН) строительного производства. ИИ может стать удобным и качественным инструментом по идентификации, анализу и последующему управлению «чистыми» рисками строительного проекта, что существенно сократит финансовые и временные затраты на процесс принятия решения инвестором, но также сможет повысить ОТН строительного производства в целом.

Предмет исследования: представлен алгоритм создания ИИ в области идентификации и анализа потенциальных рисков событий, что будет способствовать созданию самостоятельной аналитической системы для разных этапов строительного производства: от эскиза до рабочей документации и проведения непосредственно работ на строительной площадке.

Цели: изучение возможности, методов и планирование алгоритма работ по созданию технологии ИИ с целью повышения ОТН строительного производства.

Материалы и методы: изучены наработки в области повышения ОТН строительства за счет анализа и управления потенциальными «чистыми» рисками строительного проекта, а также проведена работа по интеграции технологии ИИ в исследуемую область.

Результаты: представлен алгоритм создания ИИ в области идентификации потенциальных «чистых» рисков строительных проектов.

Выводы: полученные результаты полезны для проработки практических шагов по освоению технологии ИИ с целью повышения ОТН строительного производства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: строительство, потенциальные риски, инвестирование, организационно-технологическая надежность, искусственный интеллект, «чистые» риски

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Гинзбург А.В., Рыжкова А.И. Возможности искусственного интеллекта по повышению организационно-технологической надежности строительного производства // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 1 (112). С. 7–13.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE CAPABILITIES FOR INCREASING ORGANIZATIONAL-TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF CONSTRUCTION

A.V. Ginzburg, A.I. Ryzhkova¹

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU), 26 Yaroslavl'skoe shosse, 129337, Russian Federation;

¹All-Russian Public organization "Delovaya Rossiya", 7-1 Delegatskaya st., Moscow, 127473, Russian Federation

The technology of artificial intelligence is actively being mastered in the world but there is not much talk about the capabilities of artificial intelligence in construction industry and this issue requires additional elaboration. As a rule, the decision to invest in a particular construction project is made on the basis of an assessment of the organizational and technological reliability of the construction process. Artificial intelligence can be a convenient quality tool for identifying, analyzing and subsequent control of the "pure" risks of the construction project, which not only will significantly reduce the financial and time expenditures for the investor's decision-making process but also improve the organizational-technological reliability of the construction process as a whole.

Subject: the algorithm of creation of artificial intelligence in the field of identification and analysis of potential risk events is presented, which will facilitate the creation of an independent analytical system for different stages of construction production: from the sketch to the working documentation and conduction of works directly on the construction site.

Research objectives: the study of the possibility, methods and planning of the algorithm of works for creation of artificial intelligence technology in order to improve the organizational-technological reliability of the construction process.

Materials and methods: the developments in the field of improving the organizational and technological reliability of construction were studied through the analysis and control of potential "pure" risks of the construction project, and the work was also carried out to integrate the technology of artificial intelligence into the area being studied.

Results: An algorithm for creating artificial intelligence in the field of identification of potential "pure" risks of construction projects was presented.

Conclusions: the obtained results are useful for working out practical steps for mastering the technology of artificial intelligence in order to improve the organizational and technological reliability of the construction process.

KEY WORDS: construction, potential risks, investment, organizational and technological reliability, artificial intelligence, "pure" risks

FOR CITATION: Ginzburg A.V., Ryzhkova A.I. Vozmozhnosti iskusstvennogo intellekta po povysheniyu organizatsionno-tekhnologicheskoy nadezhnosti stroitel'nogo proizvodstva [Artificial intelligence capabilities for increasing organizational-technological reliability of construction]. Vestnik MGSU [Proceedings of the Moscow State University of Civil Engineering]. 2018, vol. 13, issue 1 (112), pp. 7–13.

ВВЕДЕНИЕ

Успешное инвестирование в строительный проект предполагает анализ потенциальных рисков и возможность управления ими [1]. Традиционная классификация рисков включает в себя как коммерческие риски, анализом и управлением которыми занимается экономическая теория (риск-менеджмент), так и «чистые» риски, не связанные напрямую с экономической деятельностью предприятия [2].

Понятие «чистых» рисков означает, что результат, полученный в ходе реализации подобных рисков событий, может быть строго определен как «отрицательный» или как «нулевой». Несомненно, целью управления «чистыми» рисками является недопущение их реализации или, если этот сценарий невозможен, достижение «нулевого» результата, который не влечет за собой потерь во времени, трудовых и материальных ресурсов [2–5].

Разные участники строительного производства (руководители компаний, менеджеры проектов, консультанты и др.) по-разному оценивают вероятность наступления и возможные последствия того или иного риска строительного проекта [1]. Автоматизация процесса идентификации, анализа и управления «чистыми» рисками выражается в упрощении и ускорении процессов по идентификации и проведению глубокого анализа потенциальных рисков событий, а значит, более детальному планированию управления потенциальными рисками, что снижает вероятность простоев, срывов сроков строительства и ухудшения от заданного в проекте качества готовой строительной продукции. Таким образом, достигается повышение организационно-технологической надежности (ОТН) строительного производства.

Современный уровень развития техники позволяет создать искусственный интеллект (ИИ) по идентификации и анализу потенциальных рисков

событий, который в последующем сможет самостоятельно анализировать показатели строительного проекта на разных этапах строительного производства: от эскиза до рабочей документации и проведения непосредственно работ на строительной площадке [6].

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В настоящее время актуальным вопросом строительной отрасли является повышение ОТН строительного производства. Этому вопросу посвящены многие исследования российских и зарубежных авторов [1, 7–11], которые в целом рассматривают строительство как систему, состоящую из отдельных элементов. Основоположителем системотехники строительства является А.А. Гусаков. В последующем А.В. Гинзбург разработал теоретические основы системотехнической (комплексной) оценки ОТН строительства на базе ОТН продолжительности, материально-технического обеспечения и стоимостных характеристик строительства. Отдельным направлением зарубежных исследований стали потенциальные рисковые события строительного производства, которые сказываются на этапах строительного производства и качестве выпускаемой продукции [8, 9]. В работах авторы стараются собрать максимально возможный список потенциальных рисков событий, присущих для строительства, оценить их влияние. Ведутся исследования по разработке рекомендаций в рамках риск-менеджмента, которые, однако, делают акцент на финансовые риски, оставляя без должного внимания рисковые события, связанные с управлением, организацией, технологией, экологией и другими аспектами строительства, на прямую не связанными с финансами. А.И. Рыжковой было выдвинуто предположение, что ключевыми потенциальными рисками, влияющими на ОТН строительства, яв-

ляются «чистые» риски, имеющие в своем исходе либо негативный, либо нейтральный характер и заключающие в себе нефинансовую основу. Авторы статьи в предыдущих исследованиях показали, что эффективность автоматизации процесса идентификации, анализа и управления «чистыми» рисками выражается в упрощении и ускорении процессов идентификации и проведения глубокого анализа потенциальных рисков событий [2–4, 12–14], что благотворно сказывается на повышении ОТН строительного производства. Современное развитие технологий, в частности подходов нечеткой логики, развитие языков программирования ставят перед исследователями новые задачи, которые могут позволить повысить эффективность анализа ОТН, а также разработать новые подходы к повышению ОТН строительства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Авторами рассмотрена технология ИИ и возможности ее внедрения в систему повышения ОТН через анализ «чистых» рисков событий строительного проекта. Для задач по идентификации, анализу и последующему управлению потенциальными «чистыми» рисками строительных проектов на первоначальном этапе следует использовать принципы машинного обучения, т.е. когда алгоритм обучается на приведенных в нем эталонных примерах. Такими примерами могут служить накопленные в статье [15]. При практическом применении предлагаемого в рамках исследования алгоритма (моде-

ли) создания ИИ в области идентификации потенциальных «чистых» рисков строительных проектов предполагается, что система самостоятельно сможет отслеживать потенциальные рисковые события.

В работе обобщены подходы традиционного риск-менеджмента по идентификации и анализу потенциальных рисков событий, а также эффективные подходы по идентификации «чистых» рисков событий.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Преимущество создания ИИ в области анализа рисков событий перед автоматизацией процесса идентификации и анализа потенциальных рисков заключается, в первую очередь, в относительно простой процедуре «самообучения» ИИ, а также возможности развития предлагаемой модели за рамки анализа потенциальных «чистых» рисков: создание комплексной системы идентификации и анализа потенциальных рисков событий, учитывающей, помимо «чистых» также спекулятивные и политические риски, выводы о которых ИИ сможет делать на основе данных информационных агентств и отчетности игроков финансово-строительного сектора страны.

Внедрение ИИ в систему BIM-проектирования позволит не просто на всех этапах строительного производства выявлять и управлять потенциальными рисками, но также предотвращать их появление [16–20]. Краткий алгоритм создания ИИ в области идентификации потенциальных «чистых» рисков строительных проектов представлен на рис.

Алгоритм создания ИИ в области идентификации потенциальных «чистых» рисков строительных проектов

Эксперты [2] выделяют 88 потенциальных «чистых» рисков строительных проектов, которые подлежат идентификации и последующему анализу.

Прежде чем получить самообучающуюся систему, необходимо провести опрос экспертного сообщества, результаты которого послужат на первоначальном этапе материалом для обучения ИИ по исследуемому направлению. В опросе помимо оценки вероятности наступления того или иного рискового события и его влияния на основные показатели проекта (время, качество продукции, стоимость строительства и его влияние на экологию) важно получить мнение эксперта о том, на каком этапе возможно возникновение данного риска и какая ошибка может привести к его появлению.

В дальнейшем в рамках обработки полученных в ходе опроса экспертов результатов создается многомерный массив данных, каждая ячейка которого несет информацию об основных показателях каждого рискового события:

- суть потенциального риска («имя рискового события»);
- причина, которая приводит к реализации риска («источник рискового события»);
- на какой стадии проекта возможна реализация риска («место реализации риска»);
- вероятность реализации рискового события («вероятность рискового события»);
- эффект рискового события, который оказывает на строительный проект по четырем направлениям: качество строительной продукции, стоимость строительства, время строительства, влияние на окружающую среду («эффект от рискового события»);
- возможность и методы управления идентифицированным риском («управление рисковым событием»).

Полученные ответы по каждому из шести параметров ранжируются, и формируется упорядоченный массив данных, первые ячейки которого имеют максимальные показатели по эффекту и вероятности реализации рискового события с последующим уменьшением, группируются по этапам строитель-

ного производства и источникам риска. Такое распределение позволит ИИ однозначно определять рисковое событие и быстро идентифицировать его при обработке информации, которая поступит при анализе вводимой информации о строительном проекте.

Этап создания математической модели включает в себя процесс по созданию машинного алгоритма, позволяющего из запрашиваемых о проекте данных на базе эталонной (экспертной) модели наиболее вероятных и значимых потенциальных «чистых» рисков сформировать ранжированный список наиболее вероятных и значимых потенциальных рисковых событий для конкретного проекта, а также возможность корректировки эталонной модели на основе получаемой обратной связи — информации о появлении на практике и использованных методах управления рисковыми событиями в ходе реализации рассмотренного строительного проекта. В основу математической модели предлагается заложить принцип значимости рискового события, оцениваемый по совокупности от всех показателей.

ВЫВОДЫ

Создание по предлагаемой авторами модели и последующее использование ИИ для идентификации и анализа потенциальных «чистых» рисков может помочь более эффективно с минимальными затратами ресурсов (времени, людей, денежных средств) проводить анализ «чистых» рисковых событий строительного проекта, что благоприятно скажется на ОТН строительного производства, а также на процессе инвестирования в строительные проекты.

В настоящее время ИИ входит в разные сферы народного хозяйства России и мира, помогая создавать более эффективные производства, повышать качество производимой продукции и сокращать издержки. В строительстве ИИ только начинает развитие и может быть применен практически в любой сфере строительного производства, что делает его интересным для исследования и открытия новых перспектив развития отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ольдерогге Н.Г. Управление проектами. М. : Высш. шк., 2001. 874 с.
2. Гинзбург А.В., Рыжкова А.И. Интенсификация развития энергоэффективных технологий с учетом организационно-технологической надежности // Научное обозрение. 2014. № 7. С. 276–280.
3. Рыжкова А.И. Результаты экспертных оценок при формировании исчерпывающего перечня

потенциальных рисков строительных проектов, использующих энергоэффективные технологии // Вестник МГСУ. 2016. № 10. С. 141–150.

4. Abdullayev G. Methodological problems of assessment of organizational and technological reliability in construction management of linearly-extended structures // Journal of Scientific Research and Development. 2017. No. 4 (1). Pp. 6–15.

5. Ginzburg A., Ryzhkova A. Accounting “pure” risks in early stage of investment in construction projects with energy efficient technologies in use // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vols. 672–674. Pp. 2221–2224.
6. Garyaeva V.V., Garyaev N.A. Integrated assessment of the technical condition of the housing projects on the basis of computer technology // *2014 Computing in Civil and Building Engineering*. Режим доступа: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/9780784413616.166>.
7. Гинзбург А.В. Информационная модель жизненного цикла строительного объекта // *Промышленное и гражданское строительство*. 2016. № 9. С. 61–65.
8. Гинзбург А.В. BIM-технологии на протяжении жизненного цикла строительного объекта // *Информационные ресурсы России*. 2016. № 5. С. 28–31.
9. Mosly I.K. Presentation Study on risk management for the implementation of energy efficient & renewable technologies in green office buildings // *School of civil, environmental and chemical engineering RMIT University, Australia*. 2010.
10. Calo R. Catalogue of questions for the Committee on the Digital Agenda’s public discussion on ‘The effects of robotics on economics, labour and society’, 22 June 2016. Режим доступа: <https://www.bundestag.de/blob/428266/195a1cde8d5347849accbbe60ed91865/a-drs-18-24-102-data.pdf>.
11. Volkov A. General information models of intelligent building control systems: basic concepts, determination and the reasoning // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vols. 838–841. Pp. 2973–2976.
12. Zou P.X.W., Zhang G., Wang J. Identifying key risks in construction projects: life cycle and stakeholder perspectives // *Pacific Rim Real Estate Society Conference*, 2006. Режим доступа: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.490.2558&rep=rep1&type=pdf>.
13. Bruaux S., Kassel G., Morel G. An ontological approach to the construction of problem-solving models. LaRIA research report: Режим доступа: <https://arxiv.org/ftp/cs/papers/0505/0505081.pdf>.
14. Volkov A., Chulkov V., Kazaryan R., Gazaryan R. Cycle reorganization as model of dynamics change and development norm in every living and artificial beings // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vols. 584–586. Pp. 2685–2688.
15. Рыжкова А.И. Методика повышения эффективности организации производства строительных проектов, реализующих энергоэффективные технологии // *Экономика и предпринимательство*. 2016. № 4 (2). С. 507–510.
16. One Hundred Year Study on Artificial Intelligence (AI100). Режим доступа: <https://ai100.stanford.edu>.
17. Ilter D., Dikbas A. A review of the artificial intelligence applications in construction dispute resolution // *CIBW78 Managing IT in Construction 26th International Conference*, at Istanbul. Режим доступа: <http://itc.scix.net/data/works/att/w78-2009-1-70.pdf>.
18. Megha Jaina, Pathak K.K. Applications of artificial neural network construction engineering and management — a review. Режим доступа: <https://pdfs.semanticscholar.org/868d/0765c697b5351b404e5733c96893e5480d64.pdf>.
19. Magaña Martínez D., Fernández-Rodríguez J.C. Artificial intelligence applied to project success: a literature review // *International Journal of Engineering Technology, Management and Applied Sciences*. August 2014. Vol. 2. Iss. 3. Режим доступа: http://www.ijimai.org/journal/sites/default/files/files/2015/11/ijimai20153_5_10_pdf_21674.pdf.
20. Artificial Intelligence and Robotics — 2017. Leveraging artificial intelligence and robotics for sustainable growth. March 2017. Режим доступа: <https://www.pwc.in/assets/pdfs/publications/2017/artificial-intelligence-and-robotics-2017.pdf>.
21. Волков А.А. Основы гомеостатики зданий и сооружений // *Промышленное и гражданское строительство*. 2002. № 1. С. 34–35.
22. Volkov A. Building intelligence quotient: mathematical description // *Applied mechanics and materials*. 2013. Vol. 409–410. Pp. 392–395.
23. Волков А.А. Системы активной безопасности строительных объектов // *Жилищное строительство*. 2000. № 7. С. 13.
24. Volkov A., Chelyshkov P., Sedov A. Application of computer simulation to ensure comprehensive security of buildings // *Applied mechanics and materials*. 2013. Vol. 409–410. Pp. 1620–1623.

Поступила в редакцию 12 октября 2017 г.

Принята в доработанном виде 13 ноября 2017 г.

Одобрена для публикации 28 декабря 2017 г.

О Б АВТОРАХ: Гинзбург Александр Витальевич — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, ginav@mgsu.ru; ORCID: 0000-0002-3898-942X, ResearcherID: J-1769-2016;

Рыжкова Анастасия Игоревна — кандидат технических наук, старший аналитик-эксперт, Общероссийская общественная организация «Деловая Россия», 127473, г. Москва, ул. Делегатская, д. 7, стр. 1, anastacia.ryzhkova@gmail.com; ResearcherID: T-8761-2017.

REFERENCES

1. Mazur I.I., Shapiro V.D., Ol'derogge N.G. *Upravlenie proektami* [Project management]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2001. 874 p. (In Russian)
2. Ginzburg A.V., Ryzhkova A.I. Intensifitsirovanie razvitiya energoeffektivnykh tekhnologiy s uchetom organizatsionno-tekhnologicheskoy nadezhnosti [Intensification of energy efficient technologies development with the consideration of organizational-technological reliability]. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific Review]. 2014, no. 7, pp. 276–280. (In Russian)
3. Ryzhkova A.I. Rezul'taty ekspertnykh otse-nok pri formirovanii ischerpyvayushchego perech-nya potentsial'nykh riskov stroitel'nykh proektov, ispol'zuyushchikh energoeffektivnye tekhnologii [Re-sults of expert response when forming an exhaustive list of potential risks of constructions projects using energy efficient technologies]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of the Moscow State University of Civil Engineering]. 2016, no. 10, pp. 141–150. (In Russian)
4. Abdullayev G. Methodological problems of as-sessment of organizational and technological reliability in construction management of linearly-extended struc-tures. *Journal of Scientific Research and Development*. 2017, no. 4 (1), pp. 6–15. (In Russian)
5. Ginzburg A., Ryzhkova A. Accounting “pure” risks in early stage of investment in construction proj-ects with energy efficient technologies in use. *Ap-plied Mechanics and Materials*. 2014, vols. 672–674, pp. 2221–2224.
6. Garyaeva V.V., Garyaev N.A. Integrated assess-ment of the technical condition of the housing projects on the basis of computer technology. *2014 Computing in Civil and Building Engineering*. Available at: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/9780784413616.166>.
7. Ginzburg A.V. Informatsionnaya model' zhiznennogo tsikla stroitel'nogo ob'ekta [Informational model of the life cycle of a building object]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering]. 2016, no. 9, pp. 61–65. (In Russian)
8. Ginzburg A.V. BIM-tekhnologii na protyazhenii zhiznennogo tsikla stroitel'nogo ob'ekta [BIM-technologies during the life cycle of the construction site]. *Informatsionnye resursy Rossii* [Information Resources of Russia]. 2016, no. 5, pp. 28–31. (In Russian)
9. Mosly I.K. Presentation Study on risk manage-ment for the implementation of energy efficient & re-newable technologies in green office buildings. *School of civil, environmental and chemical engineering RMIT University, Australia*. 2010.
10. Calo R. *Catalogue of questions for the Commit-tee on the Digital Agenda's public discussion on 'The effects of robotics on economics, labour and society'*, 22 June 2016. Available at: <https://www.bundestag.de/blob/428266/195a1cde8d5347849accbbe60ed91865/ads-18-24-102-data.pdf>.
11. Volkov A. General information models of in-telligent building control systems: basic concepts, de-termination and the reasoning. *Applied Mechanics and Materials*. 2014, vols. 838–841, pp. 2973–2976.
12. Zou P.X.W., Zhang G., Wang J. Identifying key risks in construction projects: life cycle and stake-holder perspectives. *Pacific Rim Real Estate Society Conference, 2006*. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.490.2558&rep=rep1&type=pdf>.
13. Bruaux S., Kassel G., Morel G. *An ontological approach to the construction of problem-solving mod-els. LaRIA research report*. Available at: <https://arxiv.org/ftp/cs/papers/0505/0505081.pdf>.
14. Volkov A., Chulkov V., Kazaryan R., Gaz-aryan R. Cycle reorganization as model of dynamics change and development norm in every living and arti-ficial beings. *Applied Mechanics and Materials*. 2014, vols. 584–586, pp. 2685–2688.
15. Ryzhkova A.I. Metodika povysheniya effek-tivnosti organizatsii proizvodstva stroitel'nykh proek-tov, realizuyushchikh energoeffektivnye tekhnologii [Method for increasing the organization efficiency of construction production projects with energy-efficient technologies in use]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Journal of Economy and Entrepreneurship]. 2016, no. 4 (2), pp. 507–510. (In Russian)
16. *One Hundred Year Study on Artificial Intel-ligence (AI100)*. Available at: <https://ai100.stanford.edu>.
17. Ilter D., Dikbas A. A review of the artificial intelligence applications in construction dispute resolu-tion. *CIBW78 Managing IT in Construction 26th Inter-national Conference, at Istanbul*. Available at: <http://itc.scix.net/data/works/att/w78-2009-1-70.pdf>.
18. Megha Jaina, Pathak K.K. *Applications of ar-tificial neural network construction engineering and management — a review*. Available at: <https://pdfs.semanticscholar.org/868d/0765c697b5351b404e5733c96893e5480d64.pdf>.
19. Magaña Martínez D., Fernández-Rodríguez J.C. Artificial intelligence applied to project suc-cess: a literature review. *International Journal of En-gineering Technology, Management and Applied Sci-ences*. August 2014. Vol. 2. Iss. 3. Available at: http://www.ijimai.org/journal/sites/default/files/files/2015/11/ijimai20153_5_10_pdf_21674.pdf.
20. *Artificial Intelligence and Robotics – 2017. Leveraging artificial intelligence and robotics for sustainable growth. March 2017*. Available at: <https://www.pwc.in/assets/pdfs/publications/2017/artificial-intelligence-and-robotics-2017.pdf>.
21. Volkov A.A. Osnovy gomeostatiki zdaniy i sooruzheniy [Foundations of the homeostatics of build-ings and structures]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe*

stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering]. 2002, no. 1, pp. 34–35. (In Russian)

22. Volkov A. Building intelligence quotient: mathematical description. *Applied Mechanics and Materials*. 2013, vol. 409–410, pp. 392–395.

23. Volkov A.A. Sistemy aktivnoy bezopasnosti stroitel'nykh ob'ektov [Systems of active safety of the

construction sites]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2000, no. 7, pp. 13. (In Russian)

24. Volkov A., Chelyshkov P., Sedov A. Application of computer simulation to ensure comprehensive security of buildings. *Applied Mechanics and Materials*. 2013, vol. 409–410, pp. 1620–1623.

Received October 12, 2017

Adopted in final form on November 13, 2017.

Approved for publication on December 28, 2017.

ABOUT THE AUTHORS: **Ginzburg Alexander Vital'evich** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Information Systems, Technologies and Automation in Construction Department, **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, 129337, Russian Federation; ginav@mgsu.ru; ORCID: 0000-0002-3898-942X, ResearcherID: J-1769-2016;

Ryzhkova Anastasiya Igorevna — Candidate of Technical Sciences, Senior Analyst, **All Russia Public Organization “Delovaya Rossiya”**, 7 Delegatskaya st., Moscow, 127473, Russian Federation; anastacia.ryzhkova@gmail.com; ResearcherID: T-8761-2017.