

DOI:10.34031/article_5d08be4f6b0547.30270984

^{1,*}Малахов А.В., ²Косинов В.В.¹Юго-Западный государственный университет
Россия, 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94²Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
Россия, 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95

E-mail: 4ega@inbox.ru

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы, связанные с оценкой технического состояния конструктивных элементов, учитывающие этапы инженерных изысканий, проектирования и монтажа. Важность рассматриваемой тематики обусловлена достаточно большим количеством аварий, на объектах как гражданского, так и промышленного назначения, происходящих до исчерпания несущей способности. Анализ рассматриваемого объекта (металлический каркас промышленного здания) проводился на основании представленной проектной документации, данных полученных с помощью натурного обследования, включающего визуальный и инструментальный контроль, а также численных методов исследования. В результате рассмотрения представлены качественные и количественные параметры объекта капитального строительства, необходимые для оценки технического состояния, включающие: расчетные схемы конструкций каркаса; материалы, их характеристики; дефекты, их параметры. Проведенное исследование показало важность комплексной оценки объектов капитального строительства с точки зрения конструктивной безопасности, поскольку определение недочетов и ошибок на каждом из этапов строительного производства позволяет предотвратить аварийные ситуации, ведущие к частичному или полному разрушению несущей системы, а также разработать меры с целью установления возможности (невозможности) проведения ремонта или реконструкции.

Ключевые слова: обследование, живучесть, конструктивная безопасность, инженерные изыскания, проектирование, монтажные работы.

Аварии на объектах капитального строительства могут возникнуть неожиданно, без проявления дефектов, указывающих на возможность развития подобной ситуации [2, 9, 15]. Этот процесс связан с множеством факторов, как на этапе проектирования, так и этапе возведения зданий и сооружений [1, 4]. Часть факторов обусловлена деятельностью человека (ошибки вследствие низкой компетенции работников, низкого качества организации труда и т.д.), часть имеют естественную природу (топографическое и геологическое строение местности; природные явления, характерные для региона строительства и т.п.).

При этом каждая аварийная ситуация, связанная с объектами капитального строительства, уникальна и не имеет типовых решений. Нередко, авария обусловлена комплексом причин, взаимно влияющих друг на друга.

Анализ сложившихся аварийных условий является сложной задачей для экспертов, поскольку ошибки могут быть допущены не на одном этапе, а сразу на нескольких. Таким образом, требуется рассмотреть несколько групп факторов для полной оценки динамики работы и аварии конструктивной системы.

Группы факторов представлены в соответствии с этапами строительного производства:

изыскательские работы, проектировочные работы, строительно-монтажные работы. Качественная оценка каждой из групп позволяет оценить принятое решение и насколько правильно выполнены работы.

Анализ осуществляется на примере одноэтажного каркасного здания из металлоконструкций. Сооружение имеет Г-образную форму с размерами в осях (А-У)–(1-32) 180,75×96,0 м. В осях (А-Р)–(1-25) размеры составляют 144,0×78,0 м, размеры в осях (А-У)–(26-32) – 36,0×96,0 м. Отметка верха стропильных конструкций – 15.1 м. На рис. 1, 2 представлены план и разрез здания.

Пространственная жесткость сооружения обеспечивается жестким стыком колон с фундаментом, связями по колоннам, связями по фермам и прогонами покрытия.

1. Изыскательские работы. Проведенные исследования позволили установить геологическое строение территории, создать топографическую основу для выполнения планировочных работ. Основной сложностью стало расположение площадки строительства в пойменной части реки. В качестве основания под фундаменты был принят насыпной песчаный грунт.

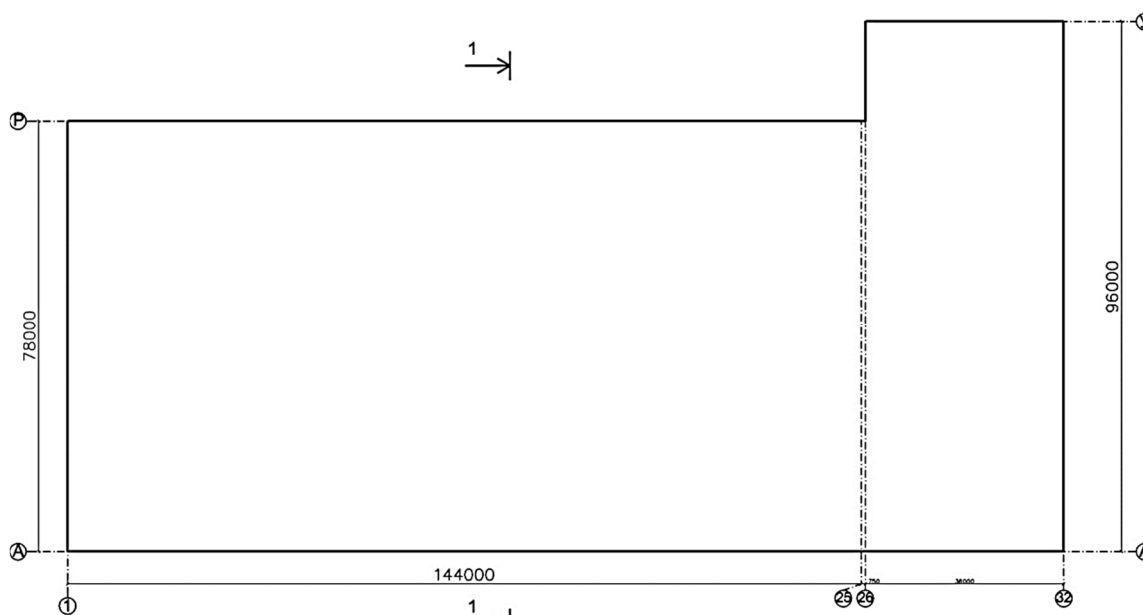


Рис. 1. Компонировочный план здания

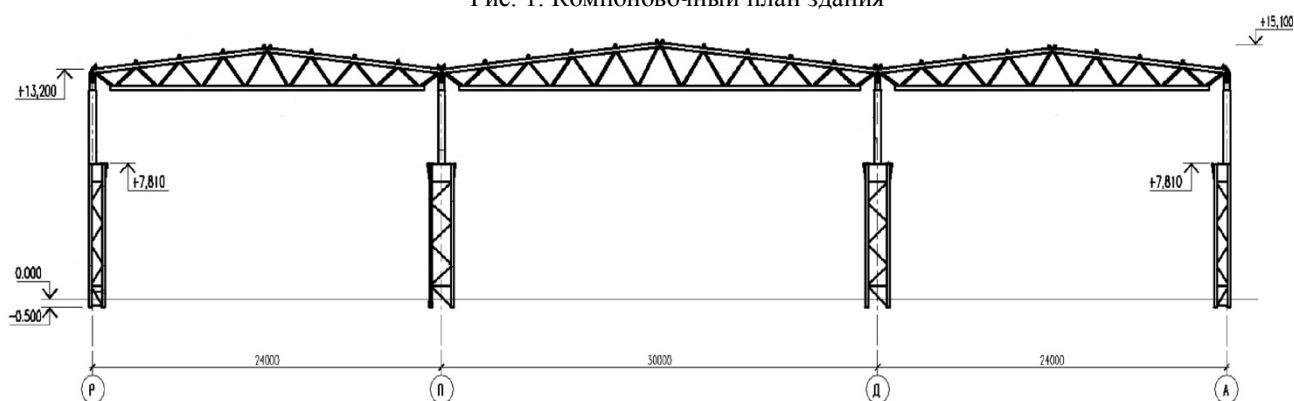


Рис. 2. Разрез 1-1

Близость реки предопределяет высокий уровень грунтовых вод, а сезонное изменение уровня воды в реке приводит к его постоянному изменению. Следствием колебаний УГВ может являться систематическое вымывание насыпного грунта и развитие его неравномерных деформаций. Анализ исполнительной съемки фундаментов в различные моменты времени (сразу после монтажа и по прошествии полугода) дает возможность говорить о разнонаправленных деформациях. Величина отклонения отметок опорных поверхностей колонн от проектных значений составляет до 11 мм, при максимально допустимом значении 5 мм [13]. Особое внимание стоит обратить на то, что, отдельные фундаменты поднялись относительно проектного положения. Т.к. подъем произошел еще до начала периода промерзания грунта, причиной данного явления не может являться морозное пучение. Таким образом, был выявлен первый значительный дефект в работе конструктивной системы, поскольку подобное изменение пространственного положения конструкций не закладывается при проектировании (в естественных условиях здание дает осадку).

Помимо этого, обнаружено сверхнормативное отклонение оголовков колонн, в горизонтальной и вертикальной плоскостях, от проектного положения, вследствие перекоса фундаментов, что приводит к работе колонны на изгиб. Учитывая вышеизложенное, можно отметить, что уже на первом этапе были опущены ошибки, связанные с неверной оценкой топографо-геологических условий площадки, что является одной из причин аварии.

2. Проектные работы.

Анализ конструктивных решений, примененных в рассматриваемой системе (колонн, ферм, подкрановых балок, а также узлов опирания конструкций и крепления подкрановых рельс), показал, что они выполнены в соответствии с принятыми в практике проектирования стальных каркасов одноэтажных зданий решениями. Материалы соответствуют принятым конструктивным решениям [11, 14].

По результатам статического и конструктивного расчетов подстропильной фермы пролетом 12 м следует отметить:

- все элементы фермы удовлетворяют требованиям первой и второй групп предельных состояний;

- прогиб фермы находится в пределах допустимого.

На рис. 3 представлена модель подстропильной фермы длиной 12 метров. По результатам статического и конструктивного расчетов стропильных ферм пролетом 24 м и 30 м следует отметить:

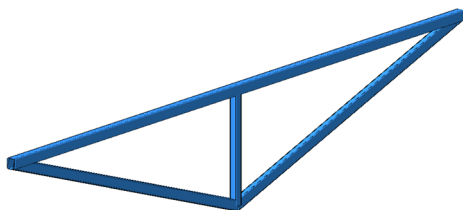


Рис. 3. Модель подстропильной фермы длиной 12 метров

- все элементы ферм за исключением элементов нижнего пояса удовлетворяют требованиям первой и второй групп предельных состояний ;

- элементы нижнего пояса фермы не удовлетворяют требованиям второй группы предельных состояний;

- прогиб фермы находится в пределах допустимого.

На рис. 4 и 5 представлены модели стропильных ферм длиной 24 и 30 метров.

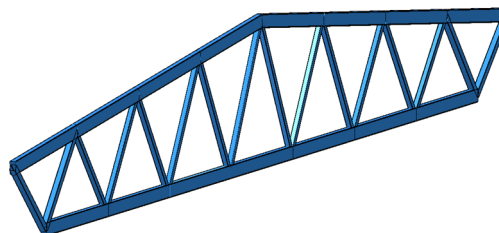


Рис. 4. Модель стропильной фермы длиной 24 метров

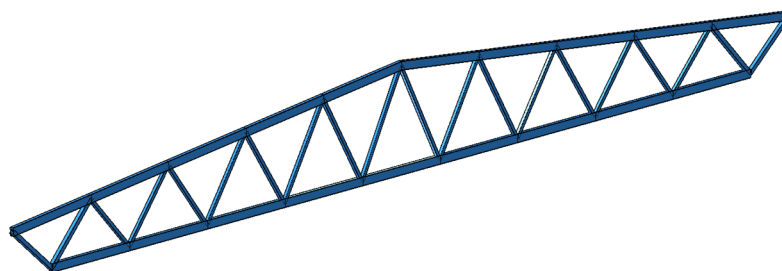


Рис. 5. Модель стропильной фермы длиной 30 метров

Таким образом, при общем соответствии конструктивных решений, принятых в проекте, строительным нормам, было допущено использование элементов частично не удовлетворяющих допускам по второй группе предельных состояний (прогиб нижнего пояса стропильных ферм), что, безусловно, является грубым нарушением.

3. Монтаж конструкций объекта. Анализ исполнительной съемки, визуальный контроль и контроль качества возведения объекта показал, что в ходе работ были допущены множественные ошибки, связанные с точностью монтажа, как в отношении высотных, так и плановых отметок [6, 7, 12]. Отклонения были выявлены по следующим параметрам:

- смещение осей колонн и опор относительно разбивочных осей в опорном сечении (до 18 мм);

- отклонение осей колонн от вертикали в верхнем сечении (до 41 мм);

- значения отклонения контрольных точек подстропильных и стропильных ферм цеха от проектных значений в плане (до 23 мм);

- значения отклонения контрольных точек подстропильных и стропильных ферм цеха от проектных значений по высоте (до 14 мм);

- значения отклонения подстропильных и стропильных ферм цеха из рабочей плоскости (до 12 мм);

Вследствие этого были изменены узлы крепления конструкций, разработанные в проекте (рис. 6). Были добавлены металлические пластины между конструкцией и опорной поверхностью. При этом площадь установленных пластин, в большинстве случаев, была меньше контактных площадей конструкций и опор (рис. 7). Включение в работу этих элементов, не учтенных в проекте, привело к снижению общей жесткости конструктивной системы. В отдельных узлах стропильные и подстропильные фермы не опираются на опорные пластины (или опираются не по всей ширине). Также обнаружено увеличение диаметров отверстий на опорных пластинах колонн для установки стропильных и подстропильных ферм (рис. 8). С учетом указанных недостатков монтажа, изменяются условия работы болтов креплений конструкций.

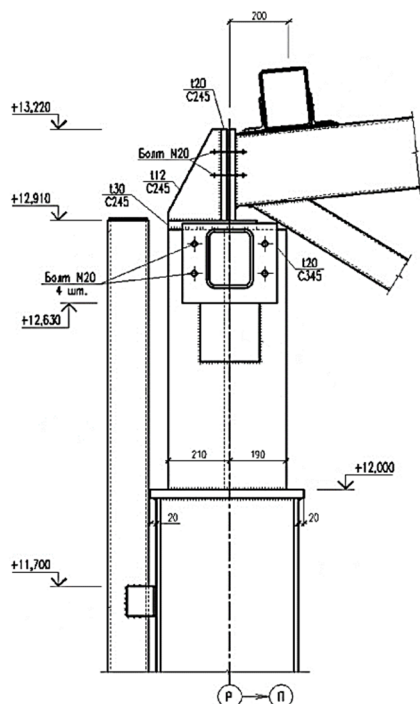


Рис. 6. Узел сопряжения конструкций, разработанный в проекте

Описанные выше дефекты способствуют тому, что конструкции находятся в напряженно-деформированном состоянии не характерном для их типа (изгиб колонн, кручение и растяжение ферм). Помимо силового, на конструкции, осуществляется средовое воздействие, проявлением которого является коррозия, изменяющая сечение элементов [5, 10].

Таким образом, комплексная оценка различных групп факторов говорит о том, что были опущены ошибки на каждом этапе выполнения работ. Неверная трактовка данных инженерных изысканий, повлекшая некачественную подготовку площадки для возведения объекта, явилась первым звеном в цепи комплексных ошибок. При общем соответствии используемых конструктивных решений и материалов строительным нормам, были сделаны допущения, касаемые отдельных конструктивных элементов, при выполнении поверочных расчетов, в частности сверхнормативный прогиб нижнего пояса стропильных ферм. Подобные допущения могли иметь существенное влияние на работоспособность конструктивной системы. Низкое качество монтажа конструкций многократно усилило эффект от допущенных ранее ошибок. Результатом суммы последовательных ошибок стал низкий уровень живучести конструктивной системы и малое время ее разрушение вследствие локального повреждения (разрушение одного узла крепления из-за среза болта), даже без приложения сверхнормативной нагрузки [8].



Рис. 7. Установка дополнительных пластин между контактными площадями



Рис. 8. Увеличение диаметров отверстий опорных пластин (послеаварийное состояние)

Таким образом, проведенный комплексный анализ показывает необходимость оценки всех стадий строительного производства: от инженерных изысканий до мероприятий эксплуатационного периода. Это позволит выявить наиболее проблемные зоны конструктивных систем и разработать своевременные меры по предотвращению аварийных ситуаций. При этом должны использоваться методы визуального и инструментального контроля на различных временных отрезках, т.е. должен выполняться технический мониторинг характеристик объекта (как статических, так и динамических) [3], а также анализ проектных решений и условий строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алмазов В.В. Динамика прогрессирующего разрушения монолитных многоэтажных каркасов. М.: АСВ, 2013. 128 с.
2. Аугустин Я. Аварии стальных конструкций. М.: Стройиздат, 1978. 175 с.
3. Бардин А.В., Улыбин А.В. Влияние дефектов и повреждений на динамические параметры зданий / Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения. Материалы IX научно-практической конференции // Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (Санкт-Петербург, 11-12 октября

2018), Санкт-Петербург: Издательство политехнического университета, 2018. С. 13–21.

4. Бойко М.Д. Диагностика повреждений и методы восстановления эксплуатационных качеств зданий. Л.: Стройиздат, 1995. 334 с.

5. Добромыслов А.Н. Оценка надежности зданий и сооружений по внешним признакам. Москва: АСВ, 2008. 72 с.

6. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М.: Стандартинформ, 2010. 60 с.

7. ГОСТ Р 54257-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования. М.: Стандартинформ, 2015. 13 с.

8. Колчунов В.И. Живучесть зданий и сооружений при запроектных воздействиях. М.: АСВ, 2014. 208 с.

9. Малахов А.В., Косинов В.В. Мониторинг динамики развития дефектов при обследовании кирпичных зданий и сооружений / Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их реше-

ния. Материалы VIII научно-практической конференции // Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (Санкт-Петербург, 13 октября 2017), Санкт-Петербург: Издательство политехнического университета, 2017. С. 136–140.

10. Обследование и испытание зданий и сооружений. М.: Высшая школа, 2004. 447 с.

11. Рекомендации по оценке состояния и усилению строительных конструкций промышленных зданий и сооружений. М.: Стройиздат, 1989. 105 с.

12. СП 16.13330.2011 "Стальные конструкции".

13. СП 70.13330.2011 "Несущие и ограждающие конструкции".

14. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. American Society of Civil Engineers. Reston. Virginia. 2010.

15. Travush V., Emelianov S., Kolchunov V., Bulgakov A. Procedia engineering. 2016. Vol. 164. 416 p.

Информация об авторах

Малахов Александр Валерьевич, аспирант кафедры уникальных зданий и сооружений. E-mail: 4ega@inbox.ru. Юго-Западный государственный университет. Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94.

Косинов Виктор Васильевич, старший преподаватель кафедры городского хозяйства и строительства автомобильных дорог. E-mail: t.e.k.i.l.a.87@mail.ru. Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева. Россия, 302026, Орел, ул. Комсомольская, д. 95.

Поступила в январе 2019 г.

© Малахов А.В., Косинов В.В., 2019

^{1,*}*Malakhov A.V.*, ²*Kosinov V.V.*

¹*Southwest State University*

Russia, 305040, Kursk, st. 50 let Oktyabrya, 94

²*Orel State University named after I.S. Turgenev*

Russia, 302026, Orel, st. Komsomolskaya, 95

**E-mail: 4ega@inbox.ru*

DETERMINATION OF TECHNICAL CONDITION OF BUILDING CONSTRUCTIONS BASED ON COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF BUILDING PRODUCTION

Abstract. *The article deals with the issues related to the assessment of the technical condition of structural elements, taking into account the stages of engineering research, design and installation. The importance of the topic under consideration is due to a large number of accidents at civil and industrial facilities that occur before the exhaustion of the bearing capacity. The analysis of the object (the metal frame of industrial buildings) is carried out on the basis of project documentation, data obtained by a full-scale survey, visual and instrumental control, numerical methods of research. The qualitative and quantitative parameters of the capital construction object necessary for assessing the technical condition are presented. They include design schemes of frame structures, materials, their characteristics, defects and parameters. The study shows the importance of comprehensive assessment of capital construction facilities in terms of constructive safety. Identification of errors at each stage of construction allows to prevent emergencies that lead to the destruction of the load-bearing system and to develop measures to establish the possibility (impossibility) of repair or reconstruction.*

Keywords: *inspection, survivability, constructive safety, engineering surveys, design, installation work.*

REFERENCES

1. Almazov V.V. Dynamik of the progressing destruction of monolithic multystoried frameworks [*Dinamika progressiruyushchego razrusheniya monolitnykh mnogoetazhnykh karkasov*]. M.: ASV, 2013. 128 p. (rus)
2. Augustin I. Accidents of steel structures [*Avarii stal'nykh konstrukcij*]. M.: Stroyizdat, 1978. 175 p. (rus)
3. Bardin A.V., Ulybin A.V. Influence of defects and damages on dynamic parameters buildings [*Vliyaniye defektov i povrezhdenij na dinamicheskie parametry zdaniy*]. Obsledovanie zdaniy i sooruzhenij: problemy i puti ih resheniya. Materialy IX nauchno-prakticheskoy konferencii. Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (St. Petersburg, on October 11-12, 2018). St. Petersburg: Publishing house of the polytechnical university. 2018. Pp. 13–21. (rus)
4. Boiko M.D. Diagnostics of damages and methods of restoration of operational qualities of buildings [*Diagnostika povrezhdenij i metody vostanovleniya ekspluatacionnykh kachestv zdaniy*]. L.: Stroyizdat, 1995. 334 p. (rus)
5. Dobromyslov A.N. Assessment of reliability of buildings and constructions on external signs [*Ocenka nadezhnosti zdaniy i sooruzhenij po vneshnim priznakam*]. Moscow: ASV, 2008. 72 p. (rus)
6. State standard specification 31937-2011 of the Building and construction. Rules of inspection and monitoring of technical condition [*Zdaniya i sooruzheniya. Pravila obsledovaniya i monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya*]. M.: Standartinform, 2010. 60 p. (rus)
7. State standard specification P 54257-2014 Reliability of Building Constructions and Bases. Basic provisions and requirements [*Nadezhnost' stroitel'nykh konstrukcij i osnovanij. Osnovnye polozheniya i trebovaniya*]. M.: Standartinform, 2015. 13 p. (rus)
8. Kolchunov V.I. Durability of buildings and constructions at beyond design basis influences [*Zhivuchest' zdaniy i sooruzhenij pri zaproektnykh vozdeystviyah*]. M.: DIA, 2014. 208 p. (rus)
9. Malakhov A.V., Kosinov V.V. Monitoring of dynamics of development of defects at inspection of brick buildings and constructions [*Monitoring dinamiki razvitiya defektov pri obsledovanii kirpichnykh zdaniy i sooruzhenij*]. Obsledovanie zdaniy i sooruzhenij: problemy i puti ih resheniya. Materialy VIII nauchno-prakticheskoy konferencii. Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (St. Petersburg, on October 13, 2017), St. Petersburg: Publishing house of the polytechnical university, 2017. Pp. 136–140. (rus)
10. Inspection and test of buildings and constructions [*Obsledovanie i ispytanie zdaniy i sooruzhenij*]. M.: Vysshaya Shkola, 2004. 447 p. (rus)
11. Recommendations about assessment of a state and to strengthening of building constructions of industrial buildings and constructions [*Rekomendacii po ocenke sostoyaniya i usileniyu stroitel'nykh konstrukcij promyshlennykh zdaniy i sooruzhenij*]. M.: Stroyizdat, 1989. 105 p. (rus)
12. SP 16.13330.2011 "Steel structures" [*Stal'nye konstrukcii*]. (rus)
13. SP 70.13330.2011 "The bearing and enclosing structures" [*Nesushchie i ograzhdayushchie konstrukcii*]. (rus)
14. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. American Society of Civil Engineers. Reston, Virginia. 2010.
15. Travush V., Emelianov S., Kolchunov V., Bulgakov A. Procedia engineering. 2016. Vol. 164. 416 p.

Information about the authors

Malakhov, Aleksandr V. Postgraduate student. E-mail: 4ega@inbox.ru. Southwest State University. Russia, 305040, Kursk, st. 50 let Oktyabrya, 94.

Kosinov, Victor V. Senior lecturer. E-mail: t.e.k.i.l.a.87@mail.ru. Orel State University named after I.S. Turgenev. Russia, 302026, Orel, st. Komsomolskaya, 95.

Received in January 2019

Для цитирования:

Малахов А.В., Косинов В.В. К определению технического состояния строительных конструкций на основе комплексной оценки строительного производства // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 6. С. 22–27. DOI:10.34031/article_5d08be4f6b0547.30270984

For citation:

Malakhov A.V., Kosinov V.V. Determination of technical condition of building constructions based on comprehensive assessment of building production. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 6. Pp. 22–27. DOI:10.34031/article_5d08be4f6b0547.30270984