Технология и организация строительства

УДК 69.05

DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-2-100-108

© Н. С. Воловник, канд. техн. наук, доцент
© О. В. Демиденко, канд. техн. наук, доцент
© В. А. Казаков, канд. экон. наук, доцент
(Сибирский государственный автомобильно-
дорожный университет (СибАДИ), г. Омск, Россия)
E-mail: volovnik.natalya@mail.ru, dovanddms@yandex.ru,
k9139742550@gmail.com
© П. В. Гашиков, инженер-строитель
(ООО «Омсктехуглерод», г. Омск, Россия)
E-mail: pasha1114@gmail.com

© N. S. Volovnik, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
© O. V. Demidenko, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
© V. A. Kazakov, PhD in Sci. Ec., Associate Professor
(Siberian State Automobile and Highway
University (SibADI), Omsk, Russia)
E-mail: volovnik.natalya@mail.ru, dovanddms@yandex.ru,
k9139742550@gmail.com
© P. V. Gashkov, civil engineer
(«Omsktekhuglerod» LLC, Omsk, Russia)
E-mail: pasha1114@gmail.com

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ КУЛЬТУРНО-СПОРТИВНОГО СООРУЖЕНИЯ

SCIENTIFIC AND TECHNICAL SUPPORT AT THE CONSTRUCTION AND OPERATION OF CULTURAL AND SPORTS FACILITY

Проанализирована актуальная проблема научно-технического сопровождения универсального большепролетного сооружения, возводимого в г. Нефтеюганске. Рассмотрено и проанализировано проектное решение сооружения. Приведено научно-техническое сопровождение в процессе возведения сооружения и при его эксплуатации. Подобраны и рекомендованы приборы с использованием неразрушающих методов контроля в процессе строительства, система последовательных действий и этапов при эксплуатации. Материалы статьи позволяют планировать натурные измерения на объекте при его строительстве и эксплуатации и являются основой дальнейших исследований.

Ключевые слова: большепролетное сооружение, анализ конструктивных решений сооружения, научно-техническое сопровождение строительства и эксплуатации сооружения.

The article is devoted to the actual problem of scientific and technical support of the universal large-span structure being built in Nefteyugansk. The design solution of the structure is considered and analyzed. During erection and operation of the structure, scientific and technical support has been provided. Instruments using non-destructive methods of inspection during construction have been selected and recommended, a system of sequential actions and stages during operation has been formed. The materials of the article allow planning in-kind measurements on the site during its construction and operation and may be the basis of further research.

Keywords: large-span structure, analysis of structural solutions of the structure, scientific and technical support of construction and operation of the facility.

Для того чтобы предотвратить аварии при эксплуатации и строительстве сооружений, необходимо осуществлять систематический контроль их технического состояния и разрабатывать инженерные мероприятия по безотказной работе строительных конструкций. Для этого были разработаны мероприятия по научно-техническому сопровождению для большепро-

летного спортивного сооружения при его строительстве и эксплуатации.

Обсуждение вопросов проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений (в том числе большепролетных) находится постоянно под пристальным вниманием отечественных и зарубежных ученых, что отражено в целом ряде работ и говорит об актуальности

вопросов обсуждения [1–11]. И. В. Рубцов, А. В. Кухта, О. И. Рубцов, А. М. Галушко в [12], рассматривая вопросы научно-технического сопровождения строительства и эксплуатации большепролетных сооружений, обосновывают качественные и количественные параметры размещения зон установки датчиков, а также критерии системы научно-технического сопровождения. В. В. Гурьев, В. М. Дорофеев, А. М. Стражников в статье, посвященной проблемам безопасной эксплуатации большепролетных зданий и сооружений [13], предлагают предусмотреть в плане работ по безопасной эксплуатации зданий проведение контроля технического состояния большепролетных сооружений и научно-техническое сопровождение их эксплуатации. В работе В. В. Гурьева, В. М. Дорофеева, Д. А. Лысова, Н. В. Назьмова [14], посвященной автоматизированному контролю конструктивной безопасности объектов, представлен опыт технического сопровождения при эксплуатации большепролетного крытого конькобежного центра в Крылатском в Москве и олимпийских объектов в Сочи. П. Г. Еремеев в работе [15] отмечает, что в связи с пропагандой здорового образа жизни в стране наибольшее распространение получает строительство комплексов большепролетных спортивных сооружений из металлических конструкций. В статье не только обобщен опыт проектирования, выполнения расчетов, но и уделено особое внимание научно-техническому сопровождению возведения и эксплуатации спортивных сооружений.

В других работах ученых отмечено, что при возведении высотных и большепролетных зданий и сооружений важны не только вопросы применения современных технологий, высокопроизводительного современного монтажного оборудования, но и научно-техническое сопровождение процесса строительства, а также наблюдение за техническим состоянием конструкций сооружения при его эксплуатации [16–20].

В работах П. Г. Еремеева, И. И. Ведякова [21, 22] отмечено, что аварийные ситуации, возникающие в процессе эксплуатации, а также строительстве зданий и сооружений напрямую связаны с вопросами систематического контроля за состоянием несущих конструкций сооружения, что указывает на актуальность исследо-

ваний такого плана. Практика показывает необходимость организации научно-технического сопровождения для таких сооружений в период их монтажа и эксплуатации. В работе также рассматривалась система по определению наблюдаемых точек для оценки состояния конструкций уникального сооружения по разработанным критериям.

В работах [23, 24] отмечено, что для повышения надежности работы большепролетных сооружений неперенным условием является необходимость систематического контроля за техническим состоянием конструкций и организация этого контроля.

Авторами А. А. Шоломицким, Е. К. Лагутиной, Е. Л. Соболевой, кроме обзора и анализа различных вариантов научно-технического сопровождения для большепролетных сооружений (в нормативной и научной литературе), предложена методика с применением наземного лазерного сканера. Определены особенности научно-технического сопровождения во время строительства. Ими же рассматриваются задачи научно-технического сопровождения для большепролетных сооружений на современном уровне, а именно — в контексте внедрения моделирования и BIM-технологий [24]. J. C. Chen, J. A. Garba в работе [25] отмечают также необходимость исследований работоспособности конструкций зданий и сооружений в процессе их строительства и эксплуатации.

Обзор публикаций отечественных и зарубежных ученых констатирует актуальность темы данной статьи. Представленные материалы и полученные результаты имеют практическое значение для возведения и эксплуатации данного типа спортивных сооружений, отражая их универсальность и индивидуальность.

В действующей в стране системе методической и нормативной документации, включая ГОСТы, отмечена необходимость научно-технического сопровождения строительства, что особенно важно при применении новых, недостаточно изученных конструкций сооружений. Оперативный контроль технического состояния строительных конструкций проводят непрерывно на основе данных комплексного обследования объекта строительства. Научно-техническое сопровождение строительства объекта дает нам

возможность обеспечивать надежную работу строительных конструкций, а следовательно, и безаварийное состояние большепролетного сооружения.

Перед разработкой проекта научно-технического сопровождения, как правило, возникает необходимость в анализе проектного решения возводимого здания или сооружения. Такой анализ позволяет оценить запроектированное сооружение и с точки зрения безопасности его эксплуатации, и рассмотреть варианты улучшения его конструктивной системы для увеличения надежности работы конструкций, если в этом есть необходимость.

Во всех работах обзора публикаций по большепролетным зданиям и сооружениям рассмотрены вопросы научно-технического сопровождения. Все рассмотренные сооружения в обзоре публикаций индивидуальны, со своими особенностями в конструктивном отношении. Цель работы — на основании изучения нормативной документации, публикаций на данную тему предложить научно-техническое сопровождение объекта при его строительстве и эксплуатации.

Данный объект относится к классу сооружений КС-2 (п. 10.1 ГОСТ 27751–2014) с нормальным уровнем ответственности. Данное культурно-спортивное сооружение, будучи большепролетным, нуждается в научно-техническом сопровождении как на стадии монтажа, так и на стадии его эксплуатации, что представляет зна-

чительный интерес и является темой данных исследований.

Анализ конструктивных решений строительной системы сооружения

Рассмотрим проектное решение сооружения. На рис. 1 представлена конструктивная система культурно-спортивного сооружения.

Основными несущими конструкциями каркаса над ледовым полем являются поперечные рамы пролетом 42 м. Шаг рам 6 м. Колонны и ригели выполнены из сварных двутавров переменного и постоянного сечения.

По торцам блока предусмотрен несущий фахверк. Шаг стоек фахверка 6 м. Стойки и балки фахверка выполнены из сварных двутавров постоянного сечения. Сопряжение балок фахверка со стойкой фахверка шарнирное, сопряжение стоек фахверка с фундаментами жесткое.

Основными несущими конструкциями примыкающих помещений являются поперечные одно-, двух- и трехэтажные рамы с пролетами от 24 до 9 м. Основной шаг рам 6 м.

Колонны и балки перекрытий примыкающих помещений выполнены из сварных двутавров постоянного сечения. Сопряжение колонн с фундаментом жесткое. Сопряжение колонн с балками в плоскости рамы жесткое на накладках с высокопрочными болтами и шарнирное.

Перекрытие примыкающих помещений выполнено железобетонным монолитным толщиной 160 мм по съемной опалубке с максимальной

Рис. 1. Конструктивная система здания

ячейкой 3×6 м. Для обеспечения диска жесткости по перекрытию арматуру необходимо приварить к металлическим балкам.

Связевая система каркаса над ледовым полем состоит из двух поперечных блоков горизонтальных и вертикальных связей, распорок. Горизонтальные связи гибкие с предварительным натяжением, выполнены из круглой стали.

Вертикальные связи основной части блока гибкие с предварительным натяжением, выполнены из круглой стали. Вертикальные связи прилегающих помещений — крестовые и порталные из гнутых замкнутых профилей квадратного сечения.

Пространственная жесткость обеспечивается собственной жесткостью несущих конструкций, системой связей, распорок, диском жесткости монолитного перекрытия.

В результате подробного рассмотрения и анализа конструктивного решения строительной системы сооружения было выявлено соответствие принятых в проекте конструктивных ре-

шений нормативным требованиям при проектировании и строительстве.

Научно-техническое сопровождение и неразрушающие методы контроля при возведении сооружения

Неразрушающие методы контроля материалов строительных конструкций, применяемые на этапе их возведения, представлены в табл. 1.

Научно-техническое сопровождение при эксплуатации сооружения

Контролируемые показатели научно-технического сопровождения при эксплуатации сооружения приведены в табл. 2.

На рис. 2 представлена схема коммутации блоков базовой станции, которая собирает сигналы с датчиков. Обработка результатов производится с использованием ПЭВМ.

Приборы для определения напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов приведены в табл. 3.

При помощи электронного тахеометра в проекте научно-технического сопровождения

Таблица 1

Неразрушающие методы контроля, применяемые на этапе возведения объекта

Объект контроля	Методы определения и испытания	Приборы, инструменты измерения и оборудование
Химический состав стали	Эмиссионный спектральный анализ. Суть метода: атомные элементы выдают излучения волн, измеренных по длинам. Эта спектральность выявляется электронным свойством атомной оболочки и молекулы, а также действием атомно-ядерной массы на энергетическом уровне	Спектрометр состоит из системы возбуждения спектров, оптической системы программного обеспечения для качественного анализа материалов по их спектру для автоматического определения марки
Механические свойства стали	Магнитный способ. В основе метода заложено измерение напряженности магнитного поля предварительно намагниченного и размагниченного металла — коэрцитивной силы. Преобразователь намагничивает определенный участок обследуемой конструкции, затем следует его размагничивание с помощью нарастающего поля, а измерительный блок затем фиксирует величину коэрцитивной силы	КРМ-Ц-K2M состоит из электронного блока и преобразователя, присоединяемого к блоку гибким кабелем, а также двух настроечных образцов коэрцитивной силы
Качество сварных швов	Ультразвуковой способ. Суть метода основана на способности ультразвуковых волн отражаться от границ, разделяющих две среды с разными свойствами. Пройдя металл, волна отражается и возвращается обратно. При этом она фиксируется специальным датчиком. При обнаружении дефекта прибор отображает искажение волны	Ультразвуковой дефектоскоп состоит из электронного блока, УЗ пьезоэлектрического преобразователя, кабеля соединительного (УЗ ПЭП/электронный блок), кабеля соединительного (компьютер/электронный блок), сетевого блока питания, съемной аккумуляторной батареи

Рис. 2. Схема коммутации блоков базовой станции

большепролетного сооружения выполняется контроль деформаций. Важным моментом является то, что эта система обеспечивает безопасную эксплуатацию строительных конструкций культурно-спортивного сооружения. Все расчеты отвечают современным требованиям Регламента по безопасности зданий и сооружений.

Система научно-технического сопровождения, выявляющая деформации несущих конструкций на ранней стадии, обеспечивает безаварийную работу сооружения в целом.

Электронный тахеометр контролирует работоспособность несущих конструкций каркаса по деформационным маркам (рис. 3). Данные исследований обрабатываются на компьютере.

Определение мест размещения деформационных марок не составляет затруднений, так как следует в этом случае руководствоваться действующим регламентом и нормативным требованиям.

Система научно-технического сопровождения предполагает возможности управления циклами измерений дистанционно. Исходные координаты опорных точек тахеометра и деформационных марок определяются исследователем с последующей передачей на компьютер.

Результаты

Для достижения цели исследования было выполнено следующее:

1. Проведен обзор отечественных и зарубежных публикаций по данной теме, изучены нормативные документы, что позволило подтвердить актуальность темы исследования.
2. Выполнен анализ проектного решения конструктивной системы сооружения, выявивший, что конструктивная система в совершенствовании не нуждается.
3. Разработано научно-техническое сопровождение процесса возведения культурно-спортивного сооружения.

Таблица 2

Контролируемые показатели

№ п/п	Наименование конструкции	Контролируемые показатели
1	Колонна	Вертикальные перемещения
2	Ригель покрытия	Угол наклона ригелей, напряжение во фланцевых соединениях
3	Затяжки	Деформации в арматуре

Таблица 3

Приборы для научно-технического сопровождения при эксплуатации

Марка прибора	Описание
NI I82P-4P12-P-C	Датчик угла наклона NI I82P-4P12-P-C предназначен для высокоточного измерения угла наклона различных объектов по двум независимым осям относительно вектора силы тяжести. Основу датчиков составляет двухосевой акселерометр, созданный по технологии MEMS (микроэлектромеханическая система). Выходной сигнал — ток (NI I82P-4P12-P-C), пропорциональный углу наклона. Углом отклонения по любой из осей $-90^\circ \dots 0^\circ \dots +90^\circ$ соответствуют токи на выходах 4 мА... 12 мА... 20 мА
BF-СТ	Датчики напряжений серии BF-СТ созданы для измерения напряжения, при этом оба конца датчика привариваются к арматурному стержню. Для длительных стабильных измерений датчик имеет специальную конструкцию, наполненную инертным газом. Тензорезистор с температурной самокомпенсацией, используемый в тензодатчике, позволяет проводить измерения напряжения арматурного стержня. Измерение напряжения номинальным диапазоном 300 МПа
Тензометрический датчик типа «Г»	Датчик типа «Г» предназначен для контроля нагрузок, действующих на резьбовые соединения. При установке датчик ставится вместо штатных гаек. Возможно изготовление датчика на любой размер и шаг резьбы начиная с М20. Конструктивно датчик состоит из двух частей — измерительной части и силовой. Датчик может измерять нагрузки, действующие как на болт, так и на основание конструкции

Рис. 3. Деформационная марка на стальной несущей колонне

4. Выполнен проект научно-технического сопровождения сооружения, предназначенный для оценки надежности работоспособности несущих конструкций здания в процессе его эксплуатации.

Таким образом, разработанная система научно-технического сопровождения процесса возведения культурно-спортивного сооружения в процессе строительства и при его эксплуатации предназначена для контроля его технического состояния с целью предупреждения возникновения аварийных ситуаций.

Исследования будут полезны как для заказчика, так и для подрядчика при заключении контрактов на строительство, а также для эксплуатирующей организации. Материалы данной статьи позволяют для данного типа сооружений планировать натурные измерения, так как безаварийная работа конструкций важна и в период возведения объекта, и при его эксплуатации, что составит суть дальнейших исследований.

Библиографический список

1. Еремеев П. Г., Ведяков И. И. Проектирование и возведение металлических конструкций большепро-

летных уникальных зданий и сооружений // Строительные материалы. 2017. № 4. С. 55–58.

2. Горпинченко В. М., Егоров М. И. Мониторинг технического состояния конструкций социально значимых большепролетных сооружений Москвы // Промышленное и гражданское строительство. 2006. № 8. С. 16–19.

3. Fudge J., Brown S. Prefabricated modular concrete construction // Building engineer. 2011. No. 86 (6). Pp. 20–21.

4. Generalova E., Generalov V. Designing High-Rise Housing: The Singapore Experience // CTBUH Gornal. Chicago, Illinois Institute of Technology. 2014. Issue IV. Pp. 40–45.

5. Ali M., Al-Kodmany K. Tall Buildings and Urban Habitat of the 21st Century: A Global Perspective // Buildings. 2012. № 2. Pp. 384–423.

6. Elbakheit A. R. Why Tall Buildings? The Potential of Sustainable Technologies in Tall Buildings // International Journal of High-rise Buildings. 2012. Vol. 1, № 2. Pp. 117–123.

7. Дорофеев В. М. Вопросы безопасности эксплуатации спортивных сооружений с большепролетными конструкциями // Строительство и недвижимость. 2007. № 22. С. 20–23.

8. Дорофеев В. М., Лысов Д. А., Денисов А. С. Особенности проектирования автоматизированных стационарных систем мониторинга технического состояния несущих конструкций большепролетных спортивных сооружений олимпиады-2014 в Сочи // Промышленное и гражданское строительство. 2011. № 12. С. 46–48.

9. Нугужин Ж. С., Ережепов Б. Б., Курохтин А. Ю. Комплексный подход к мониторингу технического состояния зданий и сооружений повышенного уровня ответственности (на примере города Астаны) // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 12. С. 93–95.

10. Дисиков Ю. Ю. Современные тенденции проектирования и строительства уникальных зданий и сооружений // Новая наука: Теоретический и практический взгляд. 2017. № 2. С. 66–68.

11. Самосудова Н. В. Обзор современных тенденций развития строительных технологий в Китае // Недвижимость: экономика, управление. 2016. № 2. С. 69–74.

12. Рубцов И. В., Кухта А. В., Рубцов О. И., Галушко А. М. Некоторые особенности мониторинга большепролетных сооружений // Вестник МГСУ. 2010. № 4–5. С. 322–328.

13. Гурьев В. В., Дорофеев В. М., Стражников А. М. О проблемах безопасной эксплуатации большепролетных зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 5. С. 9–14.

14. Гурьев В. В., Дорофеев В. М., Лысов Д. А., Назьмов Н. В. Автоматизированный контроль конструктивной безопасности уникальных объектов, включая высотные и широкопролетные // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2011. № 2. С. 55–61.

15. Еремеев П. Г. Металлические пространственные конструкции покрытий уникальных большепролетных сооружений в России // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 10. С. 9–14.

16. Liu J., Chow W. K. Determination of Fire Load and Heat Release for High-rise Residential Buildings // Procedia Engineering. 2014. Vol. 84. Pp. 491–497.

17. Боброва Т. В., Панченко П. М. Техническое нормирование рабочих процессов в строительстве на основе пространственно-временного моделирования // Инженерно-строительный журнал. 2017. № 8 (76). С. 84–97. doi: 10.18720/MCE.76.8.

18. Нугужин Ж. С., Ережепов Б. Б., Курохтин А. Ю. Комплексный подход к мониторингу технического состояния зданий и сооружений повышенного уровня ответственности (на примере города Астаны) // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 12. С. 93–95.

19. Еремеев П. Г. Разработка, исследование, проектирование и возведение большепролетных металлических конструкций уникальных зданий и сооружений // Вестник ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко «Исследования по теории сооружений». 2009. № 1. С. 107–122.

20. Гордиенко В. Е. Мониторинг: пути повышения надежности и прогнозирования остаточного ресурса металлических конструкций зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2005. № 12. С. 50–53.

21. Еремеев П. Г., Ведяков И. И. Проектирование и возведение металлических конструкций большепролетных уникальных зданий и сооружений // Строительные материалы. 2017. № 4. С. 55–58.

22. Еремеев П. Г., Ведяков И. И. Мониторинг и эксплуатация металлических конструкций уникальных большепролетных сооружений // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2017. № 5–6 (220–221). С. 46–48.

23. Еремеев П. Г. Опыт проведения технического мониторинга и эксплуатации конструкций покрытий уникальных большепролетных сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2008. № 2. С. 52–53.

24. Шоломицкий А. А., Лагутина Е. К., Соболева Е. Л. Применение лазерного сканирования для мониторинга большепролетных сооружений // Вестник СГУГИТ. 2018. Т. 23. № 2. С. 43–57.

25. Chen J. C., Garba J. A. On-orbit damage assessment for large space structures // *AIAA Journal*. 1988. Vol. 26, No. 9. Pp. 1119–1126.

References

1. Ereemeev P. G., Vedyakov I. I. *Proektirovanie i vozvedenie metallicheskih konstruktsiy bol'sheproletnykh unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy* [Design and construction of metal structures of large-span unique buildings and structures]. *Stroitel'nye materialy – Building materials*, 2017, no. 4, pp. 55–58.
2. Gorpichenko V. M., Egorov M. I. *Monitoring tekhnicheskogo sostoyaniya konstruktsiy sotsial'no znachimykh bol'sheproletnykh sooruzheniy Moskvy* [Monitoring of the technical condition of structures of socially significant large-span structures in Moscow]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo – Industrial and civil construction*, 2006, no. 8, pp. 16–19.
3. Fudge J., Brown S. Prefabricated modular concrete construction. *Building engineer*, 2011, no. 86 (6), pp. 20–21.
4. Generalova E., Generalov V. Designing high-rise housing: the Singapore experience. *CTBUH Gornal*. Chicago, Illinois Institute of Technology, 2014, iss. IV, pp. 40–45.
5. Ali M., Al-Kodmany K. Tall Buildings and Urban Habitat of the 21st Century: A Global Perspective. *Buildings*, 2012, no. 2, pp. 384–423.
6. Elbakheit A. R. Why Tall Buildings? The Potential of Sustainable Technologies in Tall Buildings. *International Journal of High-rise Buildings*, 2012, vol. 1, no. 2, pp. 117–123.
7. Dorofeev V. M. *Voprosy bezopasnosti ekspluatatsii sportivnykh sooruzheniy s bol'sheproletnymi konstruktsiyami* [Safety issues of operation of sports facilities with large span structures]. *Stroitel'stvo i nedvizhimost' – Construction and real estate*, 2007, no. 22, pp. 20–23.
8. Dorofeev V. M., Lysov D. A., Denisov A. S. *Osobennosti proektirovaniya avtomatizirovannykh statsionarnykh sistem monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya nesushchikh konstruktsiy bol'sheproletnykh sportivnykh sooruzheniy olimpiady-2014 v Sochi* [Features of designing automated stationary systems for monitoring the technical condition of load-bearing structures of large-span sports facilities of the 2014 Olympic games in Sochi]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo – Industrial and civil construction*, 2011, no. 12, pp. 46–48.
9. Nuguzhinov Zh. S., Erezhepov B. B., Kurokhtin A. Yu. *Kompleksniy podkhod k monitoringu tekhnicheskogo sostoyaniya zdaniy i sooruzheniy povyshennogo urovnya otvetstvennosti (na primere goroda Astany)* [Integrated approach to monitoring the technical condition of buildings and structures of increased responsibility (on the example of the city of Astana)]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo – Industrial and civil construction*, 2012, no. 12, pp. 93–95.
10. Disikov Yu. Yu. *Sovremennyye tendentsii proektirovaniya i stroitel'stva unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy* [Modern trends in the design and construction of unique buildings and structures]. *Novaya nauka: Teoreticheskiy i prakticheskiy vzglyad – New science: Theoretical and practical view*, 2017, no. 2, pp. 66–68.
11. Samosudova N. V. *Obzor sovremennykh tendentsiy razvitiya stroitel'nykh tekhnologiy v Kitae* [Review of current trends in the development of construction technologies in China]. *Nedvizhimost': ekonomika, upravlenie – Real estate: Economics, management*, 2012, pp. 69–74.
12. Rubtsov I. V., Kukhta A. V., Rubtsov O. I., Galushko A. M. *Nekotorye osobennosti monitoringa bol'sheproletnykh sooruzheniy* [Some features of monitoring of large-span structures]. *Vestnik MGSU – Bulletin of MGSU*, 2010, no. 4–5, pp. 322–328.
13. Gur'ev V. V., Dorofeev V. M., Strazhnikov A. M. *O problemakh bezopasnoy ekspluatatsii bol'sheproletnykh zdaniy i sooruzheniy* [About the problems of safe operation of large-span buildings and structures]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo – Industrial and civil construction*, 2007, no. 5, pp. 9–14.
14. Gur'ev V. V., Dorofeev V. M., Lysov D. A., Naz'mov N. V. *Avtomatizirovannyi kontrol' konstruktivnoy bezopasnosti unikal'nykh ob'ektov, vklyuchaya vysotnye i shirokoproletnye* [Automated control of structural safety of unique objects, including high-rise and wide-span ones]. *Stroitel'naya mekhanika inzhenernykh konstruktsiy i sooruzheniy – Construction mechanics of engineering facilities and structures*, 2011, no. 2, pp. 55–61.
15. Ereemeev P. G. *Metallicheskie prostranstvennye konstruktsii pokrytiy unikal'nykh bol'sheproletnykh sooruzheniy v Rossii* [Metal spatial designs of unique long-span structure enclosures in Russia]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo – Industrial and civil construction*, 2013, no. 10, pp. 9–14.
16. Liu J., Chow W.K. Determination of fire load and heat release for high-rise residential buildings. *Procedia Engineering*, 2014, vol. 84, pp. 491–497.
17. Bobrova T. V., Panchenko P. M. *Tekhnicheskoe normirovanie rabochikh protsessov v stroitel'stve na osnove prostranstvenno-vremennogo modelirovaniya* [Technical normalization of work processes in construction based on space-time modeling]. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal – Engineering and construction magazine*, 2017, no. 8 (76), pp. 84–97. DOI: 10.18720/MCE.76.8.
18. Nuguzhinov Zh. S., Erezhepov B. B., Kurokhtin A. Yu. *Kompleksniy podkhod k monitoringu tekhnicheskogo sostoyaniya zdaniy i sooruzheniy povyshennogo urovnya otvetstvennosti (na primere goroda Astany)* [Integrated approach to monitoring the technical condition of buildings and structures of increased

responsibility (on the example of the city of Astana)]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo – Industrial and civil construction*, 2012, no. 12, pp. 93–95.

19. Ereemeev P. G. *Razrabotka, issledovanie, projektirovanie i vozvedenie bol'sheproletnykh metallicheskih konstruktsiy unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy* [Development, research, design and construction of large-span metal structures of unique buildings and structures]. *Vestnik TsNIISK im. V. A. Kucherenko. Issledovaniya po teorii sooruzheniy – Bulletin of TSNIISK named after V. A. Kucherenko. Research on the theory of structures*, 2009, no. 1, pp. 107–122.

20. Gordienko V. E. *Monitoring: puti povysheniya nadezhnosti i prognozirovaniya ostatochnogo resursa metallicheskih konstruktsiy zdaniy i sooruzheniy* [Monitoring: ways to improve the reliability and forecast the residual resource of metal structures of buildings and structures]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo – Industrial and civil construction*, 2005, no. 12, pp. 50–53.

21. Ereemeev P. G., Vedyakov I. I. *Projektirovanie i vozvedenie metallicheskih konstruktsiy bol'sheproletnykh unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy* [Design and construction of metal constructions of large-span unique buildings and structures]. *Stroitel'nye materialy – Building materials*, 2017, no. 4, pp. 55–58.

22. Ereemeev P. G., Vedyakov I. I. *Monitoring i ekspluatatsiya metallicheskih konstruktsiy unikal'nykh bol'sheproletnykh sooruzheniy* [Monitoring and operation of metal designs of unique large-span structures]. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka – Construction materials, equipment, technologies of the XXI century*, 2017, no. 5–6, (220–221), pp. 46–48.

23. Ereemeev P. G. *Opyt provedeniya tekhnicheskogo monitoringa i ekspluatatsii konstruktsiy pokrytiy unikal'nykh bol'sheproletnykh sooruzheniy* [Experience in technical monitoring and operation of coating designs of unique long span structures]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo – Industrial and civil construction*, 2008, no. 2, pp. 52–53.

24. Sholomitskiy A. A., Lagutina E. K., Soboleva E. L. *Primenenie lazernogo skanirovaniya dlya monitoringa bol'sheproletnykh sooruzheniy* [Application of laser scanning for monitoring of large-span structures]. *Vestnik SGUGIT – Bulletin of SGUGIT*, 2018, vol. 23, no. 2, pp. 43–57.

25. Chen J. C., Garba J. F. On-orbit damage assessment for large space structures. *AIAA Jornal*, 1988, no. 26 (12), pp. 1119–1126.