https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-4(47)-7-17 EDN: IUVJKE
УДК 624.072.2.014

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЫТЯЖНОЙ БАШНИ ГАЗООЧИСТКИ

С.В. ГУРОВ[1,✉]
О.В. ГЛАЗУНОВ[1]
Д.В. КОНДРАШОВ[1]
Д.Ю. КОНЯШИН[1]
М.И. ФАРФЕЛЬ[1,2], канд. техн. наук

[1] Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций (ЦНИИСК) им. В.А. Кучеренко, АО «НИЦ «Строительство», ул. 2-я Институтская, д. 6, к. 1, г. Москва, 109428, Российская Федерация

[2] ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Ярославское шоссе, д. 26, г. Москва, 129337, Российская Федерация

Аннотация

Введение. Приведены данные, полученные во время проведения научно-технического сопровождения (НТС) изготовления и монтажа сооружения надземной части вытяжной башни высотой 150 м – поддерживающей конструкции газоочистки аглофабрики в г. Новокузнецке в процессе НТС и мониторинга, проводимого сотрудниками Центрального научно-исследовательского института строительных конструкций им. В.А. Кучеренко в период с января 2024 года по май 2025. В наиболее напряженных элементах конструкции, находящихся на отм. +1,700 и +17,000, были установлены механические тензометры и устройства, с которых снимались показания для получения картины напряженного состояния конструкции в целом. При этом проводился анализ данных деформированного состояния, полученных от Заказчика по результатам геодезической службы, выполняющей работы при строительстве.

Цель. Проведение НТС и мониторинга по разработанной в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко методике для наблюдения за состоянием отдельных конструкций и ответственных узлов башни, поддерживающей конструкции газоочистки аглофабрики и для предупреждения коллизий при укрупнении.

Материалы и методы. При изготовлении металлических конструкций применялись следующие неразрушающие методы качества: визуально-измерительный, ультразвуковой контроль и метод капиллярной (цветной) дефектоскопии. Сечения элементов башни – круглые электросварные прямошовные трубы С355 (ГОСТ 27772-2021) различных диаметров, приварные фланцы из толстолистовой стали С390 (ГОСТ 27772-2021), монтажные узлы на болтовых соединениях.

Результаты. Проведение в процессе НТС изготовления и монтажа мониторинга башни, поддерживающей стальные строительные конструкции элементов газоочистки на металлургическом заводе ЕВРАЗ, обеспечивает механическую безопасность сооружения путем контроля напряжений в наиболее нагруженных элементах конструкций, а также путем анализа их перемещений и деформаций.

Ключевые слова: сталь, стальная конструкция, газоочистка аглофабрики, несущая способность, перемещения, деформации, жесткость, стержень

Для цитирования: Гуров С.В., Глазунов О.В., Кондрашов Д.В., Коняшин Д.Ю., Фарфель М.И. Научно-техническое сопровождение строительства вытяжной башни газоочистки. *Вестник НИЦ «Строительство».* 2025;47(4):7–17. https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-4(47)-7-17

Вклад авторов
Все авторы внесли равноценный вклад в подготовку публикации.

Финансирование
Исследование выполнялось за счет Заказчика – ЕВРАЗ ЗСМК.

Конфликт интересов
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 20.08.2025
Поступила после рецензирования 27.09.2025
Принята к публикации 02.10.2025

SCIENTIFIC AND TECHNICAL SUPPORT FOR THE CONSTRUCTION OF A GAS CLEANING EXTRACTION TOWER

S.V. GUROV[1,✉]
O.V. GLAZUNOV[1]
D.V. KONDRASHOV[1]
D.Yu. KONYASHIN[1]
M.I. FARFEL[1,2], Cand. Sci. (Engineering)

[1] *Research Institute of Building Constructions named after V. A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, 2nd Institutskaya str., 6, bld. 1, Moscow, 109428, Russian Federation*

[2] *National Research Moscow State University of Civil Engineering, Yaroslavskoye Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation*

Abstract

Introduction. The article presents data on scientific and technical support (STS) for the manufacture and installation of the above-ground part of a 150 m high extraction tower, which is a supporting structure for gas cleaning at a sintering plant in Novokuznetsk. STS and monitoring were carried out by employees of the Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko from January 2024 to May 2025. The most stressed elements of the structure, located at elevations +1.700 and +17.000, were equipped with mechanical strain gauges and devices; their readings provided an overview of the stress state of the entire structure. In addition, geodetic data on the strain state of the structure acquired during construction and provided by the Customer were analyzed.

Aim. To perform scientific and technical support and monitoring using a method developed by the Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko for observing the condition of individual structures and critical components of the tower, supporting structures of the sinter plant gas cleaning system, and for preventing collisions during enlargement.

Materials and methods. Metal structures were manufactured using non-destructive testing methods including visual inspection, ultrasonic testing, and capillary (color) flaw detection. The cross-sections of the tower elements are round electric-welded straight-seam pipes C355 (State Standard 27772-2021) of various diameters, welded flanges made of thick-sheet steel C390 (State Standard 27772-2021), and mounting nodes on bolted joints.

Results. The monitoring of the tower supporting the steel structures of the gas cleaning elements at the EVRAZ metallurgical plant, carried out during the STS manufacturing and installation process, ensures the mechanical safety of the structure by controlling the stresses in the most loaded structural elements and by analyzing their movements and deformations.

Keywords: steel, steel structure, gas cleaning of sinter plant, bearing capacity, movement, strain, rigidity, rod

For citation: Gurov S.V., Glazunov O.V., Kondrashov D.V., Konyashin D.Yu., Farfel M.I. Scientific and technical support for the construction of a gas cleaning extraction tower. *Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science*

and Research Center of Construction. 2025;47(4):7–17. (In Russian). https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-4(47)-7-17

Authors contribution statement
All authors made equal contributions to the study and the publication.

Funding
The study was conducted at the expense of the customer EVRAZ ZSMK.

Conflict of interest
The authors declare no conflict of interest.

Received 20.08.2025
Revised 27.09.2025
Accepted 02.10.2025

Введение

В соответствии с ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» [1] мониторингу технического состояния подлежат уникальные здания и сооружения для повышения степени обеспечения их безопасного функционирования, а также для отслеживания степени и скорости изменения технического состояния их несущих конструкций и своевременного принятия, в случае изменения напряженно-деформированного состояния конструкций, экстренных мер по предотвращению их обрушений.

По терминологии Градостроительного Кодекса РФ [2] и статьи 15 Федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [3] к уникальным относятся здания и сооружения с высотой, превышающей 100 м, а также сооружения, где используются конструкции и конструктивные схемы с применением нестандартных или специально разработанных методов расчета или методов, требующих проверки на физических моделях.

Башня, поддерживающая конструкции газоочистки аглофабрики в г. Новокузнецке, имеет «повышенный» уровень ответственности сооружения, класс сооружения – КС-3 по классификации ГОСТ 27751-2014 [4], высота по проекту – 160 м. Именно поэтому она относится к уникальным сооружениям, для которых предусмотрена процедура научно-технического сопровождения (НТС) и мониторинга.

Конструктивные особенности башни

Для поддержания конструкций вытяжки газоочистки аглофабрики были запроектированы несущие конструкции башни (высотой 160 м), элементы которой изготавливались и предварительно собирались на Нижнетагильском заводе металлических конструкций (ООО «НТЗМК», г. Нижний Тагил).

Для выполнения проектных указаний при изготовлении металлоконструкций башни в заводских условиях проводился дополнительный выборочный входной контроль, выборочный операционный контроль и контроль качества сварных соединений, выборочный приемочный контроль материалов и элементов конструкции (рис. 1).

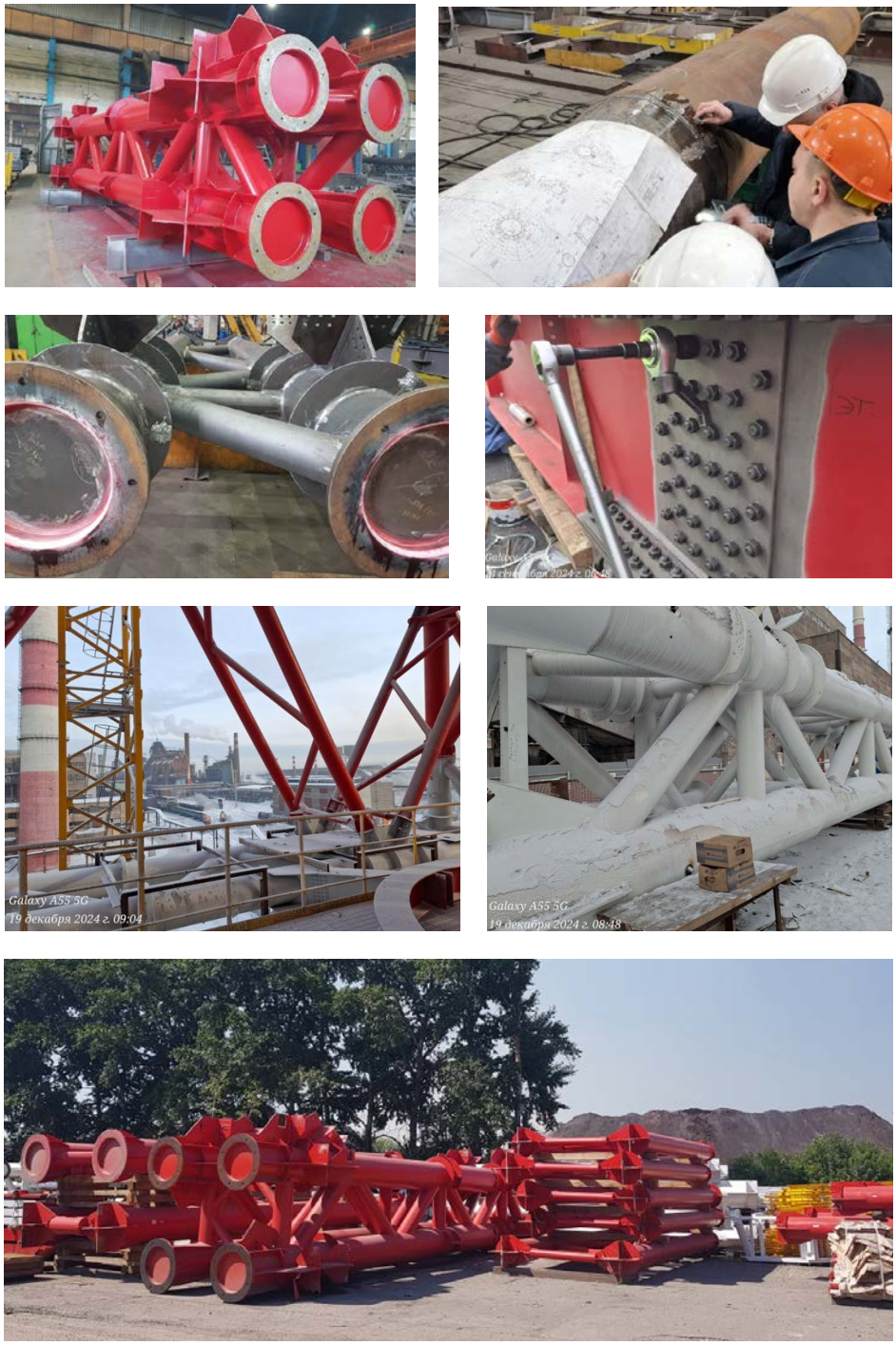


Рис. 1. Операционный неразрушающий контроль сварных соединений, контроль геометрических параметров на заводе ООО «НТЗМК», входной контроль конструкций башни на площадке строительства, контроль болтовых соединений и монтажа конструкций башни

Fig. 1. Operational non-destructive testing of welded joints, inspection of geometric parameters at the NTZMK LLC plant, entrance inspection of tower structures at the construction site, inspection of bolted joints and installation of tower structures

При выборе поставляемого проката, для изготовления элементов конструкций, были проведены консультации по подбору и сплошная проверка сертификатов на материал на соответствие предъявляемым требованиям нормативно-технических документов и проектной документации. Также проведены консультации по выбору сварочных материалов, оборудования и наполнению технологических карт на проведение сварочных и контрольных работ.

На каждую принятую партию проката были дополнительно проконтролированы сортамент и классы прочностей сталей, клейма поставщика проката, бирки на пачках и маркировка на листах и сертификатах качества. Также выборочно проконтролирован прокат на отсутствие видимых расслоений, раковин, трещин, закатов, вмятин и деформаций, превышающих допустимые по нормативно-техническим документам на прокат.

Специалисты ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко совместно с представителями завода-изготовителя и Заказчика проводили контрольную сборку элементов башни при последовательном укрупнении. В ходе контрольной сборки проверялось соответствие изготовленных конструкций требованиям проекта и нормативной документации, величины зазоров во фланцевых соединениях.

При изготовлении металлических конструкций применялись следующие неразрушающие методы качества: визуально-измерительный, ультразвуковой контроль и метод капиллярной (цветной) дефектоскопии (рис. 1).

В 2024 г. в г. Новокузнецке для поддержки конструкции газовой очистки аглофабрики была смонтирована четырехугольная башня с сечением, уменьшающимся к верху, по высоте и по форме напоминающая Эйфелеву башню в Париже. Монтаж конструкций осуществлялся с помощью двух кранов, установленных на отдельных фундаментах.

В ходе НТС башни на строительной площадке специалистами ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко проводились следующие работы:

– выборочный входной контроль конструкций башни;

– выборочный визуальный контроль качества поступающих на стройплощадку материалов и конструкций в объеме 5 % от общего объема контрольных мероприятий;

– участие в укрупнительной контрольной сборке металлоконструкций на площадке завода-изготовителя и строительной площадке, установке, выверке и закреплении металлоконструкций башни;

– разработка рекомендаций по устранению выявленных дефектов в ходе выполнения работ по монтажу металлоконструкций башни;

– оказание научно-технического содействия при решении технических вопросов, возникающих в ходе работ по укрупнению и монтажу стальных строительных конструкций башни;

– участие в работе совещаний и видеоконференций.

Процесс возведения башни показан на рис. 2.

а (a) **б (b)** **в (c)**

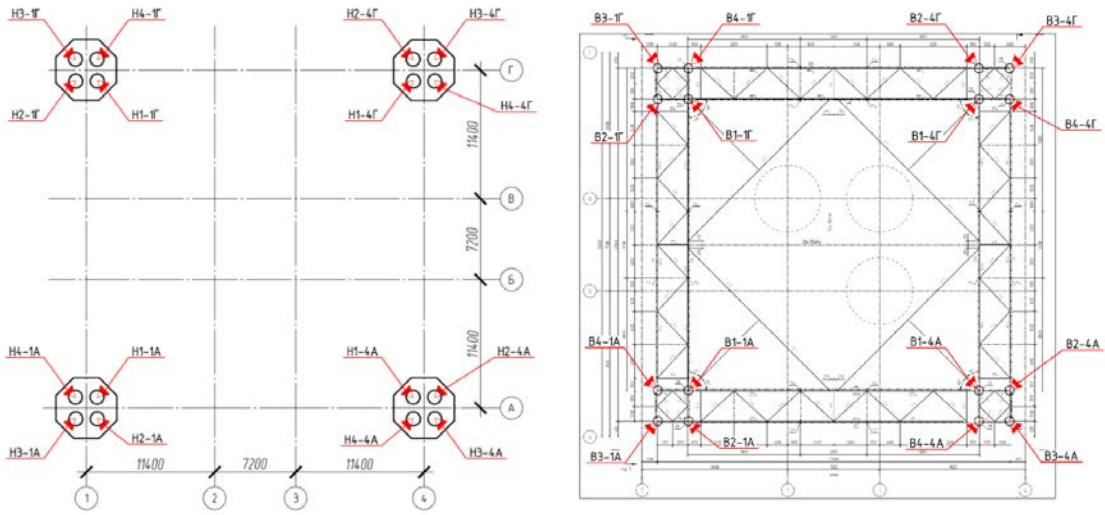
Рис. 2. Монтируемые (*а* – 19.12.2024; *б* – 24.04.2025) и окончательно установленные (*в* – 29.05.2025) конструкции башни, поддерживающие газоочистку аглофабрики

Fig. 2. Structures of the tower supporting gas cleaning at the sintering plant, mounted (*a* – 19.12.2024; *b* – 24.04.2025) and finally installed (*c* – 29.05.2025)

Используемые приборы

Для проведения НТС и мониторинга напряженного состояния конструкций башни на ее опорных стойках были установлены механические тензометры ТМИ-500М с использованием деформометров ИЧ-10 (рис. 3 и 4), разработанные в ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко и получившие патенты РФ № 135927, № 220058, № 2808937 (рис. 5). С их помощью по методике, описанной в [5], определялись деформации и напряжения в элементах поддерживающей конструкции газовой очистки на металлургическом заводе ЕВРАЗ в г. Новокузнецке.

Схема мест расположения датчиков определения напряжений, их вид в установленном состоянии и снятии данных представлены на рис. 3. и 6. Установка базы под механические тензометры типа ТМИ со съемными деформометрами и настройка самих приборов показаны на рис. 4, 7, 8. Всего было установлено и настроено 30 датчиков: 16 были установлены на отм. +1,700 м от верха четырех фундаментов и 14 датчиков – на отм. +17,000 м.



а (a) **б (b)**

Рис. 3. *а* – Общий вид фрагмента башни с местами установки тензометров и типовой узел их фиксации на высоте 1,7 м от отм. ±0,000; *б* – схема расположения механических тензометров с их условными обозначениями на отм. +17,000

Fig. 3. *a* – General view of the tower fragment with locations for installing strain gauges and a typical mounting unit at a height of 1.7 m from elevation ±0.000; *b* – layout of mechanical strain gauges with their designations at elevation +17.000

Рис. 4. Установленное приспособление под механический тензометр перед настройкой

Fig. 4. Fixture installed for mechanical strain gauge before adjustment

Рис. 5. Патенты на приборы, используемые при мониторинге
Fig. 5. Patents for monitoring devices

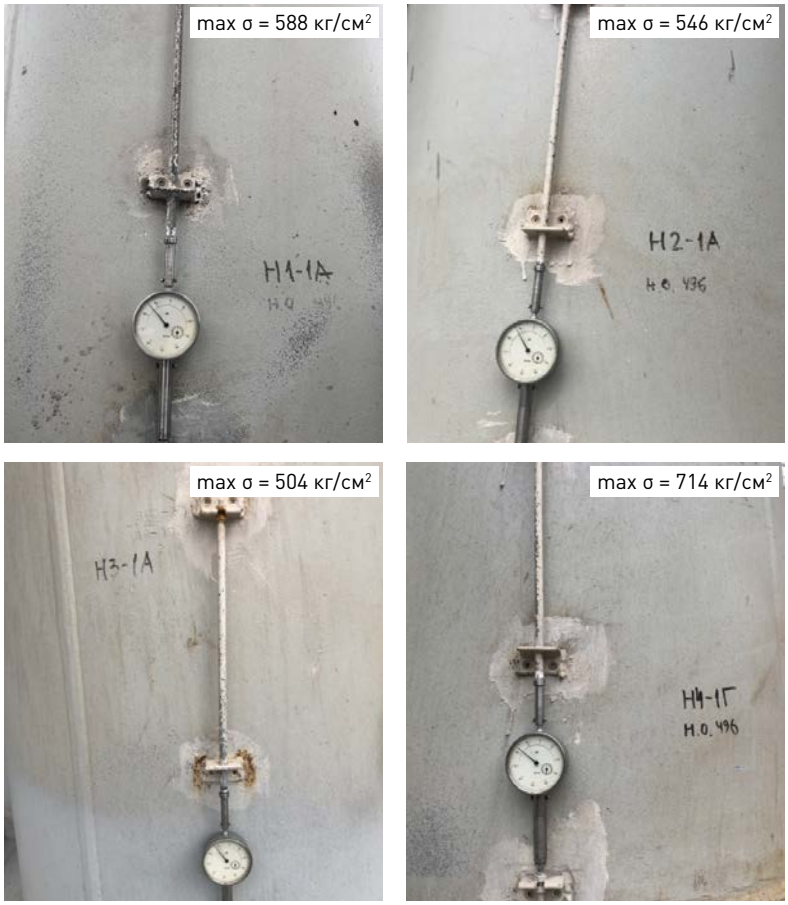


Рис. 6. Внешний вид датчиков и снятие показаний
Fig. 6. View of gauges and reading of measurements

Рис. 7. Настройка механического тензометра перед измерением на конструкциях башни
Fig. 7. Adjusting the mechanical strain gauge before measurement on tower structures

Рис. 8. Установка тензометров на отм. +1,700 (на высоте 1,7 м от отм. ±0,000) в сечениях 1/А и 1/Г
Fig. 8. Installation of strain gauges at elevation +1.700 (at a height of 1.7 m from elevation ±0.000) in sections 1/A and 1/G

Результаты измерений напряженного состояния

По результатам выполненного мониторинга напряженно-деформированного состояния определено, что уровни напряжений в элементах, смонтированных в проектное положение конструкций, увеличивались равномерно до момента начала работ по забиванию свай на соседнем участке во время проведения строительно-монтажных работ. В дальнейшем подтвердилось, что негативное влияние от динамического воздействия на грунты забиваемых свай в непосредственной близости с опорными железобетонными фундаментами привело к локальному снижению напряжения сжатия в наиболее нагруженных элементах опорных частей башни. При этом величины снижения напряжений сжатия и значения перемещений фундаментов на смонтированные конструкции влияют незначительно.

Анализ периодически представляемых монтажной организацией ООО «Мост» результатов геодезической съемки в процессе укрупнения и монтажа показывал, что зафиксированные фактические величины отклонений от проектных значений не превышали предельных допустимых значений, установленных СП 70.13330.2012 [6].

Качество нанесенных лакокрасочных покрытий по баллу адгезии и толщине сухой пленки соответствует требованиям ГОСТ 23118-2019 [7] и проекта. На поверхностях металлических конструкций были выявлены повреждения нанесенного лакокрасочного покрытия. Повреждения имели локальный характер и устранялись на приобъектном участке монтажной организацией. Причиной локального повреждения лакокрасочного покрытия являлись погрузо-разгрузочные работы при транспортировании конструкций. После ремонта участки подвергались контролю.

Выводы

1. Элементы башни испытывали в основном сжимающие напряжения от собственного веса конструкций.

2. Ветровая нагрузка на моменты измерений не оказывала существенного воздействия на несущую способность башни вследствие решетчатой конструкции.

3. Сейсмическая нагрузка на каркас башни на момент измерений не была зафиксирована.

4. Максимальный уровень зафиксированных напряжений в элементах без учета сейсмической нагрузки составил 70 Н/мм^2.

Список литературы

1. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Москва: Стандартинформ; 2014.
2. Градостроительный Кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ [интернет]. Режим доступа: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=501796.
3. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ [интернет]. Режим доступа: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=475858.
4. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. Москва: Стандартинформ; 2019.
5. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство». Программа проведения работ по мониторингу конструкций поддерживающих конструкций башен газоочистки аглофабрики высотой 150 м. Москва; 2024.
6. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. Москва: Минрегион России; 2012.
7. ГОСТ 23118-2019. Конструкции стальные строительные. Общие технические условия. Москва: Стандартинформ; 2020.
8. *Фарфель М.И., Гукова М.И., Кондрашов Д.В., Коняшин Д.Ю.* Апробированная методика проведения мониторинга в зданиях и сооружениях. Вестник НИЦ «Строительство». 2021;28(1):110-123. https://doi.org/10.37538/2224-9494-2021-1(28)-110-123.
9. *Егоров М.И., Баранов Д.С.* Мониторинг напряженно-деформированного состояния несущих конструкций уникальных сооружений Москвы. Промышленное и гражданское строительство. 2001;(10):14–17.

References

1. State Standard 31937-2011. Buildings and constructions. Rules of inspection and monitoring of the technical condition. Moscow: Standartinform Publ.; 2014. (In Russian).
2. Urban Development Code of the Russian Federation of December 29, 2004, No. 190-FZ [internet]. Available at: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=501796. (In Russian).
3. Technical Regulations on the Safety of Buildings and Structures: Federal Law of December 30, 2009, No. 384-FZ [internet]. Available at: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=475858. (In Russian).
4. State Standard 27751-2014. Reliability for constructions and foundations. General principles. Moscow: Standartinform Publ.; 2019. (In Russian).
5. Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction. Program for monitoring the supporting structures of 150-meter high gas cleaning towers of a sintering plant. Moscow; 2024. (In Russian).
6. SP 70.13330.2012. Load-bearing and separating constructions. Updated version of SNiP 3.03.01-87. Moscow: Ministry of Regional Development of Russia; 2012. (In Russian).
7. State Standard 23118-2019. Building steel structures. General specifications. Moscow: Standartinform Publ.; 2020. (In Russian).

8. *Farfel M., Gukova M., Kondrashov D., Konyashin D.* Proven methods of monitoring in buildings and structures. Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction. 2021;28(1):110-123. (In Russian). https://doi.org/10.37538/2224-9494-2021-1(28)-110-123.
9. *Egorov M.I., Baranov D.S.* Monitoring the Stress-Strain State of Load-Bearing Structures of Unique Moscow Buildings. Promyshlennoe i Grazhdanskoe Stroitel'stvo = Industrial and Civil Engineering. 2001;(10):14–17. (In Russian).

Информация об авторах / Information about the author

Сергей Викторович Гуров✉**,** заведующий лабораторией прочности проката и соединений, отдел металлических конструкций, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: x25xe@mail.ru
Sergey V. Gurov✉**,** Head of the Laboratory for Strength of Rolled Products and Joints, Department of Metal Structures, Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: x25xe@mail.ru

Олег Владимирович Глазунов, заместитель заведующего лабораторией прочности проката и соединений, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: oglazunov71@mail.ru
Oleg V. Glazunov, Deputy Head of the Laboratory for Strength of Rolled Products and Joints, Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: oglazunov71@mail.ru

Дмитрий Владимирович Кондрашов, ведущий научный сотрудник лаборатории расчеты и экспертизы металлических конструкций, отдел металлических конструкций, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: dkondras@mail.ru
Dmitry V. Kondrashov, Leading Researcher, the Laboratory for Calculation and Examination of Metal Structures, Department of Metal Structures, Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: dkondras@mail.ru

Дмитрий Юрьевич Коняшин, старший научный сотрудник лаборатории расчетов и экспертизы металлических конструкций, отдел металлических конструкций, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: dkon10@yandex.ru
Dmitry Yu. Konyashin, Senior Researcher, the Laboratory for Calculation and Examination of Metal Structures, Department of Metal Structures, Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: dkon10@yandex.ru

Михаил Иосифович Фарфель, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории расчетов и экспертизы металлических конструкций, отдел металлических конструкций, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»; доцент кафедры металлических и деревянных конструкций, НИУ МГСУ, Москва
e-mail: farfelmi@yandex.ru
Mikhail I. Farfel, Cand. Sci. (Engineering), Leading Researcher, the Laboratory for Calculation and Examination of Metal Structures, Department of Metal Structures, Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction; Associate Professor, Department of Metal and Wooden Structures, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow
e-mail: farfelmi@yandex.ru

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author