

Гидротехническое строительство

Оригинальная статья

УДК 626.8:624.9

DOI: 10.26897/1997-6011-2023-4-52-58



ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО КОМПЛЕКСНЫМ ОБСЛЕДОВАНИЯМ И РАСЧЕТНЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ СООРУЖЕНИЙ И КОНСТРУКЦИЙ ТЭЦ С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ

Рубин Олег Дмитриевич^{1,2}, д-р техн. наук, директор филиала, профессор НИУ МГСУ; SPIN-код: 2720-6627, AuthorID: 423001; ORCID: 0000-0002-0630-3251; SCOPUS: 7004427140; ResearcherID: AAE-6688-2022; o.rubin@hydroproject.ru

Антонов Антон Сергеевич^{1,2✉}, канд. техн. наук, главный инженер, доцент НИУ МГСУ; SPIN-код: 7374-6867, AuthorID: 238171; ORCID: 0000-0002-8310-9604; SCOPUS: 57197566337; ResearcherID: AAC-7597-2022; antonov.an.s@yandex.ru

Ильин Юрий Алексеевич¹, канд. техн. наук, заместитель директора филиала по исследованиям строительных конструкций; yu.ilin@hydroproject.ru

Баклыков Игорь Вячеславович¹, главный специалист филиала; SPIN-код: 7987-9045, AuthorID: 915462; i.baklykov@hydroproject.ru

¹ Филиал АО Проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт «Гидропроект» им. С.Я. Жука – Научно-исследовательский институт энергетических сооружений (Филиал АО Институт Гидропроект-НИИЭС); 125362, г. Москва, Строительный проезд, 7а, Россия

² Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, Россия

Аннотация. Цель работы – выполнение обследований для определения фактического состояния ТЭЦ, расположенных в районах с высокой сейсмической активностью, на основе комплексных инструментальных обследований и расчетных исследований. В статье представлен подход к оценке длительно эксплуатируемых ТЭЦ в зоне повышенной сейсмической активности. За период длительной эксплуатации строительные конструкции претерпевали изменения в сравнении с проектными предпосылками. При этом действующие в настоящее время нормативные документы содержат указания к применению повышенной на 1-2 балла расчетной сейсмичности относительно проектных данных 1960-1970-х гг. Таким образом, построенные 45-60 лет назад и эксплуатируемые в настоящее время ТЭЦ испытывают дефицит надежности при сейсмических событиях высокой интенсивности. В статье приводятся рекомендации к составлению программы визуального обследования металлических и железобетонных конструкций, а также комплексных инструментальных обследований. Представлены рекомендации к составлению программы для визуального обследования металлических и железобетонных конструкций, а также комплексным инструментальным обследованиям. Даны предложения по разработке конечно-элементных моделей сооружений для оценки сейсмостойкости на воздействия проектного и контрольного землетрясения.

Ключевые слова: сейсмостойкость, ТЭЦ, инструментальное обследование, расчетные исследования, сейсмическое воздействие, композиты, композитное усиление конструкций

Формат цитирования: Рубин О.Д., Антонов А.С., Ильин Ю.А., Баклыков И.В. Предложения по комплексным обследованиям и расчетным исследованиям сооружений и конструкций ТЭЦ с целью повышения сейсмостойкости // Природообустройство. 2023. № 4. С. 52-58. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-4-52-58.

© Рубин О.Д., Антонов А.С., Ильин Ю.А., Баклыков И.В., 2023

Original article

PROPOSALS FOR COMPREHENSIVE SURVEYS AND COMPUTATIONAL STUDIES OF TPP STRUCTURES AND CONSTRUCTIONS IN ORDER TO INCREASE SEISMIC RESISTANCE

Rubin Oleg Dmitrievich^{1,2}, *doctor of technical sciences, director of the Branch; professor,*
National Research University MGSU; SPIN-code: 2720-6627, AuthorID: 423001; o.rubin@hydroproject.ru

Antonov Anton Sergeevich^{1,2}✉, *candidate of technical sciences, chief engineer,*
associate professor, National Research University MGSU;

SPIN code: 7374-6867, AuthorID: 238171; ORCID: 0000-0002-8310-9604; SCOPUS: 57197566337; Researcher ID: AAC-7597-2022; antonov.an.s@yandex.ru

Ilyin Yuriy Alekseevich¹, *candidate of technical science,*
deputy director of the Branch for research of building structures,
yu.ilin@hydroproject.ru

Baklykov Igor Vyacheslavovich¹, *chief specialist of the Branch;*

SPIN code: 7987-9045, AuthorID: 915462; i.baklykov@hydroproject.ru

¹ Branch of JSC "Design, Survey and Research Institute "Hydroproject" named after S.Y. Zhuk – Scientific Research Institute of Power Structures (Branch of JSC Institute Hydroproject-NIIES), 125362, Moscow, Stroitelny proezd, 7a, Russia

² National Research Moscow State University of Civil Engineering (NIU MGSU), 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, Russia

Annotation. *The purpose of the work is to carry out surveys to determine the actual state of thermal power plants located in areas with high seismic activity on the basis of comprehensive instrumental surveys and computational studies. The authors present an approach to the assessment of long-term operated thermal power plants in the zone of increased seismic activity. Over the period of long-term operation, the building structures have undergone changes in comparison with the design prerequisites, while the current regulatory documents contain instructions for the use of an increase in the calculated seismicity by 1-2 points relative to the design data of the 60-70 years. The article provides recommendations for drawing up a program for visual inspection of metal and reinforced concrete structures, as well as comprehensive instrumental surveys. Thus, the thermal power plants built 45-60 years ago and currently in operation are experiencing a lack of reliability during high-intensity seismic events. The article provides recommendations for drawing up a program of visual inspection of metal and reinforced concrete structures, as well as comprehensive instrumental surveys. Recommendations for drawing up a program for visual inspection of metal and reinforced concrete structures, as well as comprehensive instrumental surveys are presented. Proposals are given for the development of finite element models of structures for assessing seismic resistance to the effects of a design and control earthquake.*

Keywords: *earthquake resistance, thermal power plant, instrumental survey, computational studies, seismic impact*

Format of citation: *Rubin O.D., Antonov A.S., Ilyin Yu.A., Baklykov I.V. Proposals for comprehensive surveys and computational studies of TPP structures and constructions in order to increase seismic resistance // Prirodobustrojstvo. 2023. № 4. P. 52-58. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-4-52-58.*

Введение. В последние годы только на территории Российской Федерации зафиксировано 9 крупных землетрясений интенсивностью более 7 баллов по шкале МСК-64. При этом большинство воздействий диагностируются в Дальневосточном федеральном округе. С учетом текущего состояния энергетической инфраструктуры, значительного возраста объектов, а также различия в нормах проектирования 1950 и 2020 гг. при возникновении сейсмособытий уровня МРЗ 7 и более баллов возможно локальное повреждение и разрушение несущих конструкций. Наиболее критичным это является для ТЭЦ, обеспечивающих регион не только стабильным электроснабжением, но и теплом

в любой период времени. В связи с этим встает актуальный вопрос об обеспечении безопасности объектов тепловой и электрической генерации.

Следует отметить, что за период длительной эксплуатации ТЭЦ строительные конструкции претерпевали существенные изменения и в настоящее время отличаются от начальных проектных решений. Таким образом, построенные в СССР и эксплуатируемые в настоящее время инфраструктурные объекты испытывают дефицит надежности при сейсмических событиях высокой интенсивности.

Для обеспечения безопасной эксплуатации объектов требуется выполнение мероприятий по оценке фактического состояния объектов,

выработка единого подхода к методологии оценки сооружений, а также расчетным исследованиям. В статье рассматривается подход к разработке программы оценки сооружений, входящих в ТЭЦ.

Цель исследований: определение фактического состояния ТЭЦ, расположенных в районах с высокой сейсмической активностью, на основе комплексных инструментальных обследований и расчетных исследований.

Материалы и методы исследований. Для оценки состояния ТЭЦ должны быть применены натурные и визуальные обследования, в том числе неразрушающий контроль. При проведении инструментального обследования должны применяться:

- ультразвуковая тощинометрия;
- контроль антикоррозионного покрытия;
- контроль твердости металла.

Для проведения обследования и оценки состояния конструкций применялся Межгосударственный стандарт ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.

Необходимы выполнение анализа исходных данных за период эксплуатации сооружений, работа с оценкой проектной, исполнительной, технологической и эксплуатационной документации, данных натурных наблюдений.

Расчетные исследования выполняются после проведения инструментальных обследований и должны позволять оценить фактическое напряженно-деформированное состояние всей конструкции. Расчеты должны быть выполнены с использованием программного обеспечения, сертифицированного на территории Российской Федерации и учитывающего действующие нормы и правила. К одному из вариантов такого программного обеспечения относится ANSYS, позволяющий решать сложные междисциплинарные задачи с учетом термических, динамических и сейсмических воздействий [1-6].

Результаты и их обсуждение. В качестве примера объектами обследования выбраны железобетонные и металлические конструкции зданий ТЭЦ.

Первым объектом стало здание химической очистки воды (рис. 1), состоящее из:

- железобетонных колонн каркаса;
- стальных колонн каркаса;
- железобетонных балок перекрытий и покрытий;
- железобетонных плит перекрытий и покрытий.

Корпус химической очистки воды представляет собой каркасное сооружение сложной формы в плане и переменное по высоте. Здание обычно представлено в виде двух антисейсмических отсеков, разделенных антисейсмическими швами.

Устойчивость здания обеспечивается жесткими дисками из железобетонных плит покрытия, системой вертикальных связей по колоннам и горизонтальных связей по балкам покрытия. Фундаменты под колонны монолитные железобетонные, ростверки на свайном основании из буронабивных свай, диаметр лидерного ствола – 300 мм, под самонесущие стены установлены фундаментные балки. Колонны металлические выполнены из сварных двутавров и коробчатого сечения из двух швеллеров.

Балки и вертикальные связи металлические, выполнены из прокатных и сварных двутавров, прокатных швеллеров, уголков и металлического листа.

Перекрытия представлены железобетонными ребристыми плитами, отдельные участки перекрытия могут быть монолитными.

Красным цветом выделена зона работ. Наибольшее внимание требуется уделять несущему каркасу, узлам сопряжения и точкам размещения оборудования.

Для здания химической очистки воды характерны значительные температурные нагрузки и испарения, вследствие чего могут быть образованы дополнительные локальные зоны повреждения конструкций.

Вторым объектом ТЭЦ для примера выбрано здание главного корпуса (рис. 2), которое состоит из:

- железобетонных колонн каркаса;
- стальных стропильных двускатных ферм;
- железобетонных плит перекрытий;
- железобетонных балок;
- железобетонных конструкций фундаментов турбоагрегатов;
- железобетонных конструкций опор котлоагрегатов.



Рис. 1. Общий вид здания химической очистки воды
Fig. 1. General view of the chemical water treatment building

Здание главного корпуса имеет типовую компоновку для станций средней мощности. Конструктивно здание представлено в каркасном варианте, с шагом основных колонн вдоль пролета от 4 до 6 м. В состав сооружения входят:

- главное распределительное устройство;
- машинное отделение;
- деаэрационное отделение;
- котельное отделение;
- бункерное отделение;
- дымососное отделение.

Устойчивость здания в поперечном направлении обеспечена жесткими рамными узлами бункерной и деаэрационной этажерок, в продольном направлении – системой вертикальных связей и распорок по колоннам. В связи с этим при сейсмических событиях высокой интенсивности наибольшее воздействие будут испытывать деаэрационные этажерки, обеспечивающие пространственную жесткость конструкции.

Строительные конструкции представлены следующими элементами:

- фундаменты монолитные железобетонные стаканного типа под стеной дымососного отделения;
- колонны монолитные железобетонные с выпусками консолей под подкрановые балки;
- стропильные конструкции – металлические двускатные фермы из уголкового профиля в котельном и машинном отделениях, монолитные железобетонные балки прямоугольного сечения в деаэрационном, бункерном и дымососном отделениях;
- междуэтажные перекрытия монолитные железобетонные ребристые по монолитным железобетонным балкам;
- подкрановые конструкции – стальные пролетные неразрезные балки из прокатного металла.

Ввиду высокой сейсмичности района строительства проектом предусмотрено устройство антисейсмических поясов по стеновому ограждению.

Красным цветом выделена зона работ. Наибольшее внимание требуется уделять колоннам и балкам деаэрационной этажерки, точкам сопряжения железобетонных и металлических конструкций, фундаментам турбоагрегатов ввиду значительных температурных и вибрационных нагрузок, приводящих к выкашиванию бетона и большому включению арматурного каркаса в работу при статических постоянных нагрузках.

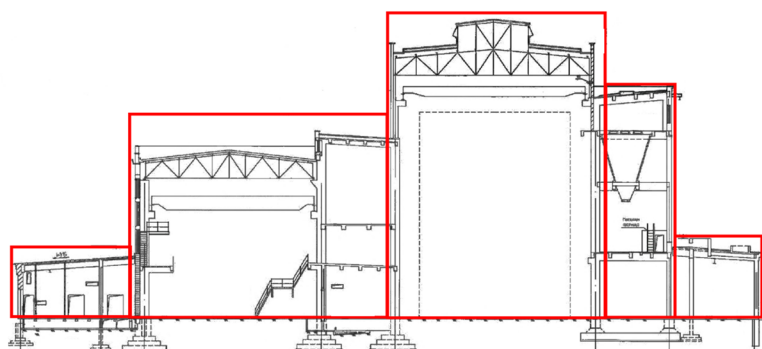


Рис. 2. Общий вид здания главного корпуса

Fig. 2. General view of the main building

На основании опыта исследований при составлении дальнейших программ аналогичных объектов рекомендуется:

1. Выполнять анализ исходных данных за период эксплуатации сооружений, проектной документации, эксплуатационной документации.

2. На основании исходных данных – разработка пространственных математических моделей и выполнение предварительных расчетных исследований для определения наиболее критичных узлов конструкции, обследованию которых необходимо уделить наибольшее внимание.

3. Выбирать типовые конструктивные узлы и основные несущие элементы, исходя из данных предварительных расчетов.

4. Произвести обследование, включающее в себя визуальное обследование металлических и железобетонных конструкций; локализовать зоны появления дефектов и повреждений с замерами и предварительной оценкой технического состояния; составить схемы дефектов и повреждений с фиксацией их мест и характера.

5. Произвести комплексное инструментальное обследование, включающее в себя:

- измерение геометрических параметров;
- определение параметров видимых дефектов;
- контроль состояния крепежных соединений;
- контроль состояния уплотнений;
- контроль антикоррозионного покрытия металла;
- определение износа составных частей металлоконструкций;
- определение твердости металла;
- определение степени коррозионного износа методом ультразвуковой толщинометрии.
- выполнение сравнения фактической и номинальной (проектной) толщины для определения относительного износа;
- определение прочности бетона механическим и ультразвуковым методом неразрушающего контроля;

• возможное применение сейсмического просвечивания для определения прочности подкрановых колонн и фундаментов.

6. На основании данных обследований выполнить доработку пространственных математических моделей и заложить в них обнаруженные дефекты.

7. Завершающий этап исследований – расчеты НДС строительных конструкций с учетом сейсмических и температурных воздействий производимые в сертифицированных программных комплексах с учетом выявленных дефектов.

На рисунке 3 в качестве примера представлены общие виды конструкций каркаса главного корпуса, требующих наибольшего внимания для инструментального и визуального обследования по данным предварительных расчетов.

Для оценки состояния бетона сооружений ТЭЦ необходимо определить прочность бетона отдельных конструкций. Оценочное исследование прочности бетона должно всегда производиться в расчетных элементах сечения конструкции с целью выявления возможных зон снижения прочности бетона. Для гарантированной точности измерений необходимо дублирование неразрушающих методов контроля с последующей выбраковкой некондиционных результатов. В связи с этим рекомендуется одновременное применение приборов, измеряющих прочность методом упругого отскока (склерометры), а также ультразвуковыми приборами типа УКС-МГ4С. При существенной разнице показаний возможно применение метода отрыва со скалыванием.

Перед проведением испытаний необходимо всегда удалять штукатурный слой, прочность бетона определять с использованием интерполяционных кривых, подстроенных под конкретные прочности и исследуемые конструкции. Прочность бетона конструкции определяется как среднее из групп замеров в пределах одного конструктивного элемента с учетом выбраковки некондиционных результатов, что обычно составляет не более 5% от верхнего и нижнего диапазона замеров.

В таблице 1 в качестве примера представлены прочностные параметры бетона

при исследованиях ультразвуком и методом упругого отскока.

Результаты анализа показывают, что представленные методы могут дать расхождение до 10-12% в зависимости от условий, в которых проводились замеры, а также нагрузок и внешних факторов.

Для оценки сейсмостойкости сооружений необходимо в соответствии с СП14.13330.2018 выполнить расчетные исследования на основные и особые сочетания нагрузок, в том числе на сейсмическое воздействие проектного и максимального расчетного землетрясения. При максимальном



Рис. 3. Общий вид колонн, подкрановых балок и покрытия главного корпуса (а); железобетонный каркас здания деаэрационной этажерки (б)

Fig. 3. a) General view of columns, crane beams and covering of the main building; b) Reinforced concrete frame of the deaeration stack the building

Таблица 1. Средняя прочность бетона для отдельных конструкций

Table 1. Average concrete strength for individual structures

№№ п\п	Положение точки <i>Point position</i>	Средняя прочность склерометр, МПа <i>Average strength sclerometer, MPa</i>	Средняя прочность ультразвук, МПа <i>Average strength ultrasound, MPa</i>
1	Турбинное отделение / <i>Turbine room</i>	28,6	26,2
2	Деаэрационное отделение / <i>Deaerator room</i>	34,9	34,2
3	Бункерное отделение / <i>Bunker room</i>	35,4	33,1
4	Каркас здания химической очистки воды <i>Frame of the chemical water treatment building</i>	33,0	34,8

расчетном землетрясении необходимо применять пространственные динамические модели конструкций и учитывать пространственный характер сейсмических воздействий.

Для определения собственных частот колебаний выполняется модельный анализ на пространственной модели с фактически определенными частотами. В результате определяются формы и частоты собственных колебаний, необходимые для дальнейших расчетных исследований сейсмостойкости. На основании расчетов модельного анализа выполняется спектральный анализ, при котором на сооружения задается расчетный спектр акселерограмм (спектр отклика) и вычисляются перемещения и напряжения в конструкциях.

На рисунке 4а представлена первая форма колебаний здания главного корпуса, на рисунке 4б – перемещения конструкций.

Выводы

1. Для обеспечения нормативного уровня сейсмостойкости длительно эксплуатируемых ТЭЦ, расположенных в районах с высокой сейсмической активностью, необходимо разрабатывать комплексную программу инструментальных обследований сооружений ТЭЦ с целью проведения мероприятий по повышению сейсмостойкости, которая должна включать в себя:

- анализ исходных данных за период эксплуатации сооружений;

Список использованных источников

1. Belal Almassri, Firas Al-Mahmoud, Raoul Francois. Behaviour of corroded Reinforced Concrete beams repaired with NSM CFRP rods, Experimental and Finite Element Study // Composites Part B. 2016. Pp. 1-25. DOI: 10.1016/j.compositesb.2015.01.022.
2. Chellapandian M., Suriya Prakash S., Akanshu Sharma. Experimental and Finite Element Studies on the Flexural Behavior of Reinforced Concrete Elements Strengthened with Hybrid FRP Technique // Composite Structures. 2019. Pp. 1-39. DOI: 10.1016/j.compstruct.2018.10.028.
3. Najwa F. Hany, Elie G. Hantouche, Mohamed H. Harajli. Finite element modeling of FRP-confined concrete using modified concrete damaged plasticity // Engineering Structures. 2016. Pp. 1-14. DOI: 10.1016/j.engstruct.2016.06.047.
4. Guochang Li, Ranrui Zhang, Zhijian Yang, Bing Zhou. Finite Element Analysis on Mechanical Performance of Middle Long CFST Column with Inner I-Shaped CFRP Profile under Axial Loading // Structures. 2016. Pp. 63-69. DOI: 10.1016/j.istruc.2016.09.007.

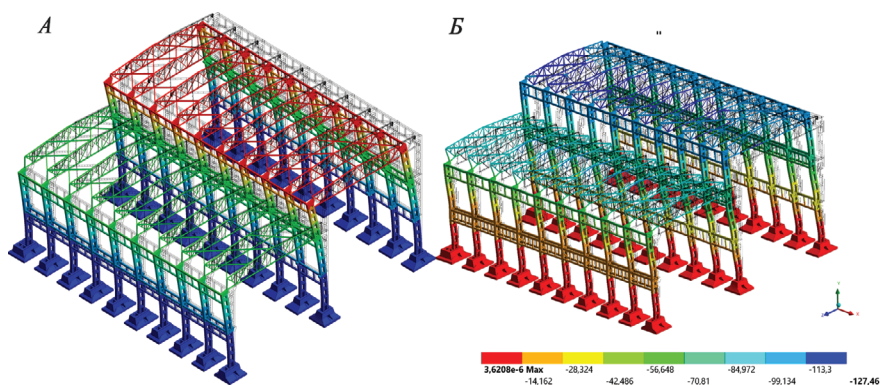


Рис. 4. Первая форма собственных колебаний сооружения (А); расчетные перемещения конструкции под действием сейсмического воздействия (Б), мм

Fig. 4. A – is the first form of natural vibrations of the structure; B – Calculated displacement of the structure under the influence of seismic action, mm

- предварительную математическую модель для определения наиболее ответственных зон конструкций;

- визуальное обследование, составление схем дефектов и повреждений;

- комплексное инструментальное обследование с определением геометрических параметров, фиксацией дефектов, контроль за состоянием крепежных соединений, определение степени коррозионного износа, определение прочности бетона методами неразрушающего контроля.

2. Для обследования рекомендуется выбирать типовые конструктивные узлы сопряжения колонн с ригелями и балками перекрытий.

3. Необходимо выполнение комплексных расчетных исследований на математической модели с фактическими определенными дефектами и физико-механическими характеристиками конструкций на статические и сейсмические нагрузки уровня МРЗ и ПЗ.

References

1. Belal Almassri, Firas Al-Mahmoud, Raoul Francois. Behaviour of corroded Reinforced Concrete beams repaired with NSM CFRP rods, Experimental and Finite Element Study // Composites Part B. 2016. Pp. 1-25. DOI: 10.1016/j.compositesb.2015.01.022.
- 2., M. Chellapandian, S. Suriya Prakash, Akanshu Sharma. Experimental and Finite Element Studies on the Flexural Behavior of Reinforced Concrete Elements Strengthened with Hybrid FRP Technique // Composite Structures. 2019. Pp. 1-39. DOI: 10.1016/j.compstruct.2018.10.028.
3. Najwa F. Hany, Elie G. Hantouche, Mohamed H. Harajli. Finite element modeling of FRP-confined concrete using modified concrete damaged plasticity // Engineering Structures. 2016. Pp. 1-14. DOI: 10.1016/j.engstruct.2016.06.047.
4. Guochang Li, Ranrui Zhang, Zhijian Yang, Bing Zhou. Finite Element Analysis on Mechanical Performance of Middle Long CFST Column with Inner I-Shaped CFRP Profile under Axial Loading // Structures. 2016. Pp. 63-69. DOI: 10.1016/j.istruc.2016.09.007.

5. Al-Saoudi A., Al-Mahaidi R., Kalfat R., Cervenka J. Finite Element Investigation of the Fatigue Performance of FRP Laminates Bonded to Concrete // Composite Structures. 2019. Pp. 322-337. DOI: 10.1016/j.compstruct.2018.10.001.

6. Рубин О.Д. Подход к оценке состояния металлоконструкций главного корпуса тепловой электростанции и предложения по усилению для обеспечения сейсмостойкости / Антонов А.С., Караблин Н.П., Баклыков И.В. // Вестник евразийской науки. 2023. Т. 15, № 3. URL: <https://esj.today/PDF/29SAVN323.pdf>.

7. ГОСТ 17624-202. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/76967/?ysclid=lm982kwwkt27087591>.

8. ГОСТ 22690-2015. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/60768/?ysclid=lm98aunh74316115367>.

9. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/60768/?ysclid=lm98aunh74316115367>.

10. ГОСТ Р 8.736-2011. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/52042?ysclid=lm99bkfu6f410809818>.

11. СТО 70238424.27.010.011-2008. Здания и сооружения объектов энергетики. Методика оценки технического состояния. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200093625?ysclid=lm9h4deslx23404531>.

12. СП 13-102-2003. Свод правил по проектированию и строительству. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. <https://docs.cntd.ru/document/1200034118>

13. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/17067/>.

14. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/14474/>.

15. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85. URL: <https://www.zinco.ru/wp-content/uploads/docs/Nagruzki-i-vozd-ejstvija-SP-20.13330.2016-vzamen-SNiP-2.01.07-85.pdf?ysclid=lm9hcfeg6t738436944>.

16. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/14627/>.

17. СП 56.13330.2021. Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001. URL: <http://sniprf.ru/sp56-13330-2021?ysclid=lm9hfgzvyk802789012>.

18. СП 90.13330.2012. Электростанции тепловые. Актуализированная редакция СНиП II-58-75. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095533?ysclid=lm9hgvd3px85032263>.

Критерии авторства

Рубин О.Д., Антонов А.С., Ильин Ю.А., Баклыков И.В. провели теоретические и экспериментальные исследования, на основании которых выполнили обобщение и написали рукопись. Рубин О.Д., Антонов А.С., Ильин Ю.А., Баклыков И.В. имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Статья поступила в редакцию 13.03.2023

Одобрена после рецензирования 16.05.2023

Принята к публикации 16.05.2023

5., A. Al-Saoudi R. Al-Mahaidi R. Kalfat, J. Cervenka Finite Element Investigation of the Fatigue Performance of FRP Laminates Bonded to Concrete // Composite Structures. 2019. Pp. 322-337. DOI: 10.1016/j.compstruct.2018.10.001.

6. Rubin O.D. Approach to assessing the state of metal structures of the main building of the thermal power plant and proposals for strengthening to ensure seismic resistance / Antonov A.S., Karablin N.P., Baklykov I.V. // Bulletin of Eurasian science. 2023. V.15.№ 3. URL: <https://esj.today/PDF/29SAVN323.pdf>

7. GOST 17624-2021 «Concretes. Ultrasonic method of strength determination»; <https://internet-law.ru/gosts/gost/76967/?ysclid=lm982kwwkt27087591>

8. GOST 22690-2015 «Concretes. Strength determination by mechanical methods of nondestructive control»; <https://internet-law.ru/gosts/gost/60768/?ysclid=lm98aunh74316115367>

9. GOST 31937-2011 «Buildings and structures. Rules of inspection and monitoring of the technical state»; <https://internet-law.ru/gosts/gost/60768/?ysclid=lm98aunh74316115367>

10. GOST R 8.736-2011 “State system for ensuring the uniformity of measurement (GSE). Measurements are direct, multiple. Methods of processing measurement results. Basic provisions”; <https://internet-law.ru/gosts/gost/52042?ysclid=lm99bkfu6f410809818>

11. STO 70238424.27.010.011-2008 Buildings and structures of energetic objects. Method of assessing the technical state; <https://docs.cntd.ru/document/1200093625?ysclid=lm9h4deslx23404531>

12. SP 13-102-2003 “Rules for inspection of load-bearing building structures of constructions and structures”

13. SP 14.13330.2018 « Construction in seismic areas”; <https://minstroyrf.gov.ru/docs/17067/>

14. SP 16.13330.2017 «Steel structures»; <https://minstroyrf.gov.ru/docs/14474/>

15. SP 20.13330.2016 «Loads and impacts. Actualized edition of SNiP 2.01.07-85»; <https://www.zinco.ru/wp-content/uploads/docs/Nagruzki-i-vozd-ejstvija-SP-20.13330.2016-vzamen-SNiP-2.01.07-85.pdf?ysclid=lm9hcfeg6t738436944>

16. SP 22.13330.2016 «Foundations of buildings and structures»; <https://minstroyrf.gov.ru/docs/14627/>

17. SP 56.13330.2021 «Industrial buildings. Actualized edition of SNiP 31-03-2001»; <http://sniprf.ru/sp56-13330-2021?ysclid=lm9hfgzvyk802789012>

18. SP 90.13330.2012 «Thermal power stations. Actualized edition of SNiP II-58-75». <https://docs.cntd.ru/document/1200095533?ysclid=lm9hgvd3px85032263>

Criteria of authorship

Rubin O.D., Antonov A.S., Ilyin Yu.A., Baklykov I.V. conducted theoretical and experimental studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript, they have copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare that there are no conflicts of interest.

The article was submitted to the editorial office 13.03.2023

Approved after peer review 16.05.2023

Accepted for publication 16.05.2023