

Заключение

В результате исследований был разработан способ модификации, защищенный впоследствии патентом. Он позволяет получать искомый материал (сорбент) с высокими рабочими характеристиками.

На основании полученного массива экспериментальных данных следует отметить, что с использованием отхода нефтепереработки и

модифицирующего материала – полистирола можно получить материал, обладающий различными селективными свойствами. Причем впервые было установлено, что на эффективность работы данного сорбента существенно влияет дисперсность его частиц, что было учтено и реализовано в дальнейшем при разработке технологических схем использования данного сорбента.

Список литературы

1. Яковлев С. В. Водоотведение и очистка сточных вод : учебник / С. В. Яковлев, Ю. В. Воронов. – Москва : Ассоциация строительных вузов, 2006. – 702 с.
2. Каменщиков Ф. А. Нефтяные сорбиты / Ф. А. Каменщиков, Е. М. Богомольный. – Москва – Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2005. – 268 с.
3. Буторина М. В. Инженерная экология и экологический менеджмент : учебник / М. В. Буторина, П. В. Воробьев, А. П. Дмитриев и др. – Москва : Логос, 2003. – 527 с.
4. Оценка параметров пористой структуры сорбентов сорбционным методом : лабораторный практикум. – Екатеринбург, 2007. – 14 с.
5. Бембель В. М. Модификация целлюлозы в целях использования ее в качестве средства очистки от нефти и нефтепродуктов / В. М. Бембель, Л. М. Госсен и др. // Теоретические и практические основы физико-химического регулирования свойств нефтяных дисперсных систем. – Томск : Институт химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук, 1997. – С. 117–124.
6. Абуова Г. Б. Совершенствование технологии водоподготовки в населенных пунктах аридной зоны России : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Г. Б. Абуова. – Волгоград : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2012. – 20 с.
7. Пат. 1214595 Российская Федерация, МПК C02F 1/28 C02F 101/32 C02F 103/00 E02B 15/04. Способ очистки поверхности воды от нефти / З. М. Шахмаев, Р. М. Клявин, Г. П. Бочкарев, Л. Х. Асфандияров. – № 3750547 ; заявл. 07. 06. 1984 ; опубл. 28.02.1986, Бюлл. № 8. – 3 с.
8. Алыков Н. М. Адсорбция из воды ионов железа, кобальта, никеля, цинка, кадмия, хрома, свинца, ртути сорбентом ОБР-1 / Н. М. Алыков, А. В. Павлова, Г. Б. Абуова и др. // Экология и промышленность России. ЭЖИП. – 2011. – Сентябрь. – С. 26–28.
9. Беспамятнов Г. П., Богушевская К. К., Беспамятнова А. В. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе и воде / Г. П. Беспамятнов, К. К. Богушевская, А. В. Беспамятнова. – 2-е изд. пер. и доп. – Ленинград : Химия, 1975. – 528 с.
10. Закономерности очистки воды от масел и нефтепродуктов с помощью сорбционно-коалесцирующих материалов : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.23.04 / Ур. гос. техн. ун-т. – Екатеринбург, 2005. – 18 с.
11. Юрьев Ю. Ю. Совершенствование очистки нефтесодержащих сточных вод / Ю. Ю. Юрьев, В. П. Батманов, А. В. Москвичева, Д. О. Игнаткина, Д. В. Тырин // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2022. – Вып. 4(89). – С. 152–160.
12. Адоньева А. А. Взаимосвязь качественных показателей пластификаторов и свойств полимерно-битумных вяжущих / А. А. Адоньева, П. А. Лукьянец, Н. А. Лушников, А. С. Покатаев, Н. И. Савенкова, В. Е. Николаевский, Д. Ю. Небрятенко // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2022. – № 3 (41). – С. 51–56.
13. Москвичева Е. В. Моделирование сорбционных процессов для очистки природных вод / Е. В. Москвичева, Г. Б. Абуова, И. Ю. Болотина, А. М. Тюрин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2017. – № 1 (19). – С. 35–38.
14. Золотокопова С. В. Пути защиты окружающей среды от нефтесодержащих отходов / С. В. Золотокопова, С. А. Сеитова, Э. Г. Альбикова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2015. – № 3 (13). – С. 34–37
15. Пат. 1305128 Российская Федерация, МПК C02F 1/28 C02F 101/32 C02F 103/00 E02B 15/04. Способ очистки поверхности воды от нефти / А. Р. Курбаков, В. Н. Долгин. – № 3789329 ; заявл. 27. 07.1984 ; опубл. 23.04.1987, Бюлл. № 15. – 4 с.

© Ю. Ю. Юрьев, Н. В. Дудникова, Е. Р. Чайка, Д. П. Яковлев, А. В. Москвичев

Ссылка для цитирования:

Юрьев Ю. Ю., Дудникова Н. В., Чайка Е. Р., Яковлев Д. П., Москвичев А. В. Производство сорбентов на основе нефте- и алюмоотходов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2024. № 1 (47). С. 11–15.

УДК 69:006
DOI 10.52684/2312-3702-2024-47-1-15-20

КЛАССИФИКАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ВОЗМОЖНОСТИ ЗАЩИТЫ ОТ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ

Н. Н. Трекин, Э. Н. Кодыш, И. А. Терехов, С. Д. Шмаков

Трекин Николай Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры железобетонных и каменных конструкций, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (МГСУ), г. Москва, Российская Федерация; тел.: + 7 (495) 482-38-72; e-mail: otk@yandex.ru;

Кодыш Эмиль Наумович, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, АО «Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений – ЦНИИПромзданий», г. Москва, Российская Федерация; тел.: + 7 (495) 482-35-65; e-mail: otk@yandex.ru;

Терехов Иван Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций, зданий и сооружений, Российский университет транспорта (РУТ МИИТ), г. Москва, Российская Федерация; тел.: + 7 (495) 482-44-65; e-mail: terekhov-i@mail.ru;



Шмаков Сергей Дмитриевич, старший преподаватель кафедры строительных конструкций, зданий и сооружений, Российский университет транспорта (РУТ МИИТ), г. Москва, Российская Федерация; тел.: + 7 (495) 482-44-65; e-mail: sergey3456789@gmail.com

В статье приводится классификация и описываются принципы проведения защиты промышленных предприятий, представленных в СП 43.13330 от прогрессирующего обрушения. Анализируются нормативно-правовые документы, регламентирующие необходимость защиты таких сооружений от прогрессирующего обрушения, а также возможные организационно-технические мероприятия, позволяющие снизить или исключить риск возникновения чрезвычайной ситуации. Рассмотрены предпосылки для использования метода индивидуальной оценки зданий и сооружений, расположенных на объекте, относящемся к категории «Опасные» в случае, если они являются вспомогательными и не принимают непосредственного участия в производственном процессе предприятия. Представлены имеющиеся нормативно-технические и методические документы, на основе которых может быть разработана методика оценки рисков возникновения чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: классификация, сооружения промышленных предприятий, защита от прогрессирующего обрушения.

CLASSIFICATION OF STRUCTURES OF INDUSTRIAL ENTERPRISES ACCORDING TO THE POSSIBILITY OF PROTECTION FROM PROGRESSIVE COLLAPSE

N. N. Trekin, E. N. Kodysh, I. A. Terekhov, S. D. Shmakov

Trekin Nikolay Nikolayevich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation, phone: + 7 (495) 482-44-65; e-mail: otk@yandex.ru;

Kodysh Emil Naumovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, Central Scientific Research and Project Experimental Institute of Industrial Buildings and Constructions, Moscow, Russian Federation, phone: + 7 (495) 482-44-65; e-mail: otk@yandex.ru;

Terekhov Ivan Aleksandrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Structures, Buildings and Structures, Russian University of Transport, Moscow, Russian Federation, phone: + 7 (495) 482-44-65; e-mail: terekhov-i@mail.ru;

Shmakov Sergey Dmitriyevich, Senior Lecturer of the Department of Building Structures, Buildings and Structures, Russian University of Transport, Moscow, Russian Federation, phone: + 7 (495) 482-44-65; e-mail: sergey3456789@gmail.com

The article provides a classification, and discusses the principles of protection of industrial enterprises represented in SP 43.13330 from progressive collapse. The normative legal documents regulating the need to protect such structures from progressive collapse, as well as possible organizational and technical measures to reduce or eliminate the risk of an emergency situation are analyzed. The prerequisites for the introduction of an approach on the appointment of an individual assessment of buildings and structures located at an object classified as "Dangerous" if they are auxiliary and do not directly participate in the production process of the enterprise are considered. The available regulatory, technical and methodological documents are presented, on the basis of which a methodology for assessing the risks of an emergency can be developed.

Keywords: classification, structures of industrial enterprises, protection from progressive collapse.

Введение

С конца двадцатого столетия в мировой практике проектирования проводятся исследования сопротивления несущих систем зданий и сооружений лавинообразному прогрессирующему обрушению при аварийных ситуациях, так как последствия могут быть катастрофическими [1].

В России с 2013 года официально введено требование – проектирование защиты несущей системы объектов строительства от возникновения лавинообразного прогрессирующего обрушения для зданий и сооружений повышенного уровня ответственности, а также зданий нормального уровня ответственности с массовым нахождением людей. В основу анализа работы несущих строительных систем заложено гипотетическое поочередное удаление одного несущего элемента как для вновь проектируемых и возводимых объектов строительства, так и при реконструкции [2–4]. Защита зданий и сооружений регламентируется действующими в России нормативными документами, в том числе СП 385.1325800.2018 «Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения» [5].

Требования по защите от прогрессирующего обрушения являются относительно новыми и в настоящее время находятся на стадии

совершенствования. Действующие нормативные документы позволяют проектировать защиту от прогрессирующего обрушения для большинства строящихся зданий [6–11], однако не содержат ответы на ряд вопросов, таких как защита линейных сооружений, включая линии электрообеспечения; сооружений промышленных предприятий, например, резервуаров. Если подходить к вопросу защиты от прогрессирующего обрушения по имеющимся методикам, то, например, для емкостных сооружений при обеспечении устойчивости емкости, при разрушении части стенки, содержимое будет утрачено. Ранее введенными нормативными документами, например СП 155.13130.2014 «Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности», для резервуаров с целью задержки разлива опасного содержимого устанавливалось производство работ по обвалованию сооружения. Однако, данные методы не могут быть применены для линейных сооружений, эстакад, трубопроводов и подобных сооружений.

Отдельные вопросы параметров расчета защиты зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения остаются в процессе развития, например, определение критериев особого предельного состояния [12–15], временных параметров

динамического расчета, критериев риска возникновения аварийных ситуаций и др.

В СП 43.13330.2012 «Сооружения промышленных предприятий» представлены следующие виды сооружений:

- подземные – подпорные стены; подвалы; тоннели и каналы; опускные колодцы;
- емкостные для жидкостей и газов – резервуары для нефти и нефтепродуктов; газгольдеры;
- емкостные для сыпучих материалов – закрома; бункеры; силосы и силосные корпуса для хранения сыпучих материалов; угольные башни коксохимзаводов;
- надземные – этажерки и площадки; открытые крановые эстакады; отдельно стоящие опоры и эстакады под технологические трубопроводы; галереи и эстакады; разгрузочные железнодорожные эстакады;
- высотные – градирни; башенные копры предприятий по добыче полезных ископаемых; дымовые трубы; вытяжные башни; водонапорные башни.

По результатам анализа нормативных документов было выявлено, что в Российской Федерации в части необходимости расчета сооружений промышленных предприятий на защиту от прогрессирующего обрушения могут применяться два подхода:

- обязательные требования, применяемые согласно федеральным законам N 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», N 190-ФЗ от 29.12.2004 «Градостроительный кодекс Российской Федерации», СП 385.1325800, а также ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения»;
- расчет на основании желания заказчика, учитывающего экономические последствия в случае возникновения ЧС на объекте строительства.

По результатам анализа возможных мероприятий по защите сооружений промышленных предприятий, приведенных в СП 43.13330, авторским коллективом, СП 385.1325800.2018 был дополнен пунктом 4.3б. Данным пунктом для сооружений, при эксплуатации которых отсутствует необходимость в постоянном пребывании рабочих, допускается не проводить расчет на прогрессирующее обрушение, а ограничиться организационно-техническими и конструктивными мероприятиями с учетом риска опасностей и угроз, характерных для рассматриваемого объекта. Дополнительно для сооружений повышенного уровня ответственности установлены требования по обеспечению несущей способности и деформативности при экстремальных климатических воздействиях, а также выполнение научно-технического сопровождения.

Необходимо отметить невозможность в полной мере производить конструктивную защиту от прогрессирующего обрушения всех сооружений, представленных в данном перечне. Сооружения промышленных предприятий, отличаясь необычайным многообразием функционального назначения, а соответственно и конструктивных решений, условно можно разделить на три группы:

- 1 группа – сооружения, конструктивная схема которых позволяет производить защиту

от прогрессирующего обрушения общепринятыми мероприятиями, такими как повышение статической неопределимости конструкции, установка дополнительных элементов, в том числе включаемых в работу только при возникновении аварийной ситуации (рис. 1);

- 2 группа – сооружения, конструктивное решение которых не позволяет в полной мере производить конструктивную защиту от прогрессирующего обрушения, например, в безопорных резервуарах при удалении части стены может не произойти прогрессирующего обрушения всего сооружения, но сохранить содержимое не удастся; одноопорные конструкции, в т.ч. трубопроводные эстакады и др. (рис. 2).

Защита от прогрессирующего обрушения данных сооружений должна производиться путем организационно-технических мероприятий, включающих в себя введение ограничения допуска лиц к объекту, установку систем автоматического отключения подачи транспортируемого содержимого (для трубопроводов) и др. Данное решение позволяет ограничить зону повреждения сооружения промышленного предприятия, что особенно актуально для линейного сооружения. Например, применение системы автоматического перекрытия трубопровода при повреждении секции между опорами, позволит не только существенно снизить затраты на восстановление работоспособности системы, но и избежать значительных расходов на мероприятия по восстановлению окружающей среды, в случае транспортирования по трубопроводу опасного для окружающей среды содержимого.



Рис. 1. Пример сооружения, защита от прогрессирующего обрушения которого возможна общепринятыми конструктивными мероприятиями (открытая крановая эстакада)



Рис. 2. Пример сооружения, защита от прогрессирующего обрушения которого конструктивными мероприятиями невозможна (емкость вертикальная, железобетонная)

- 3 группа – сооружения, одна из зон которых, чаще всего опорная, может быть защищена от прогрессирующего обрушения, а основная часть – емкостная, может быть защищена от потери содержимого только путем проведения организационно-технических мероприятий (рис. 3).



Рис. 3. Пример сооружения, защита опор которого от прогрессирующего обрушения возможна общепринятыми конструктивными мероприятиями. Емкостная часть может быть защищена только организационно-техническими мероприятиями (газгольдер высокого давления шаровой)

В общем случае, алгоритм защиты сооружений производственных предприятий от прогрессирующего обрушения может быть представлен на рисунке 4.

Снижению затрат на проведение мероприятий по защите сооружений промышленных предприятий от прогрессирующего обрушения будет способствовать разработка методики расчета рисков, а также дифференцированного подхода к назначению класса ответственности (опасности) зданий и сооружений, расположенных на территории предприятия повышенного уровня ответственности.

При обосновании выбора организационно-технических мероприятий, предназначенных для снижения вероятности возникновения на производственном объекте чрезвычайных ситуаций, приводящих к повреждению, или обрушению строительных конструкций, целесообразно применение методики расчета рисков. Действующая редакция СП 385.1325800 допускает разработку сценариев прогрессирующего обрушения с учетом анализа рисков, включая оценку применяемых организационно-технических мероприятий, учитывающих риск опасностей и угроз, характерных для рассматриваемого объекта. Необходимо отметить, что существующая методика расчета риска реализации наиболее неблагоприятных последствий для объекта строительства зданий и сооружений при локальном разрушении базовых (основных) несущих элементов зданий и сооружений в настоящее время не может быть широко использована по причине отсутствия исходных статистических данных, позволяющих учесть риски отказа конструктивного элемента. Целесообразно проведение исследований и разработка методики, учитывающей необходимость проектирования защиты от прогрессирующего обрушения в зависимости от риска возникновения аварийной ситуации с последующим изменением положений ГОСТ 27751.

При разработке методики расчета зданий и сооружений также необходимо учитывать кроме социальных, экономические последствия разрушения объектов строительства.

В случае экономической целесообразности, а также отсутствия постоянных рабочих мест, линейные сооружения целесообразно проектировать с возможностью удаления (разрушения) секции (с возможностью оперативного восстановления конструкции, а также последствий техногенного ЧС в

случае разлива транспортируемого вещества, расположенного в пределах одной удаляемой секции), расположенной на опоре с автоматическим отключением и блокированием (в случае устройства трубопроводов) подачи транспортируемого состава.

В нормах проектирования на отдельные виды объектов строительства, в качестве изменений, предлагается уточнить параметры и ситуации, для которых необходимо проведение работ по защите от прогрессирующего обрушения.

Стоит выделить отдельные возможные подходы к решению вопросов прогрессирующего обрушения:

- для всех объектов строительства актуальными будут решения по локальной защите путей эвакуации от прогрессирующего обрушения;
- иные решения по защите конструкций от прогрессирующего обрушения предполагают подразделение по видам и конструктивным системам объектов строительства (проектирование сооружений, расположенных на опорах с возможностью локального разрушения одной из них, разделение на секции, обоснованное учетом рисков социально-экономических (экологических) последствий реализации ЧС, связанной с обрушением сооружения).

Разработка методики оценки рисков вероятности возникновения прогрессирующего обрушения позволит в ряде случаев отказаться от расчета на прогрессирующее обрушение зданий и сооружений, ограничившись организационно-техническими мероприятиями, учитывающими риски возникновения прогрессирующего обрушения.

Методика оценки рисков может быть разработана на базе действующей методике численного определения вероятности возникновения ЧС природного и техногенного характера, представленной в ГОСТ Р 22.2.02-2015 при условии ее дополнения факторами оценки террористических угроз [16].

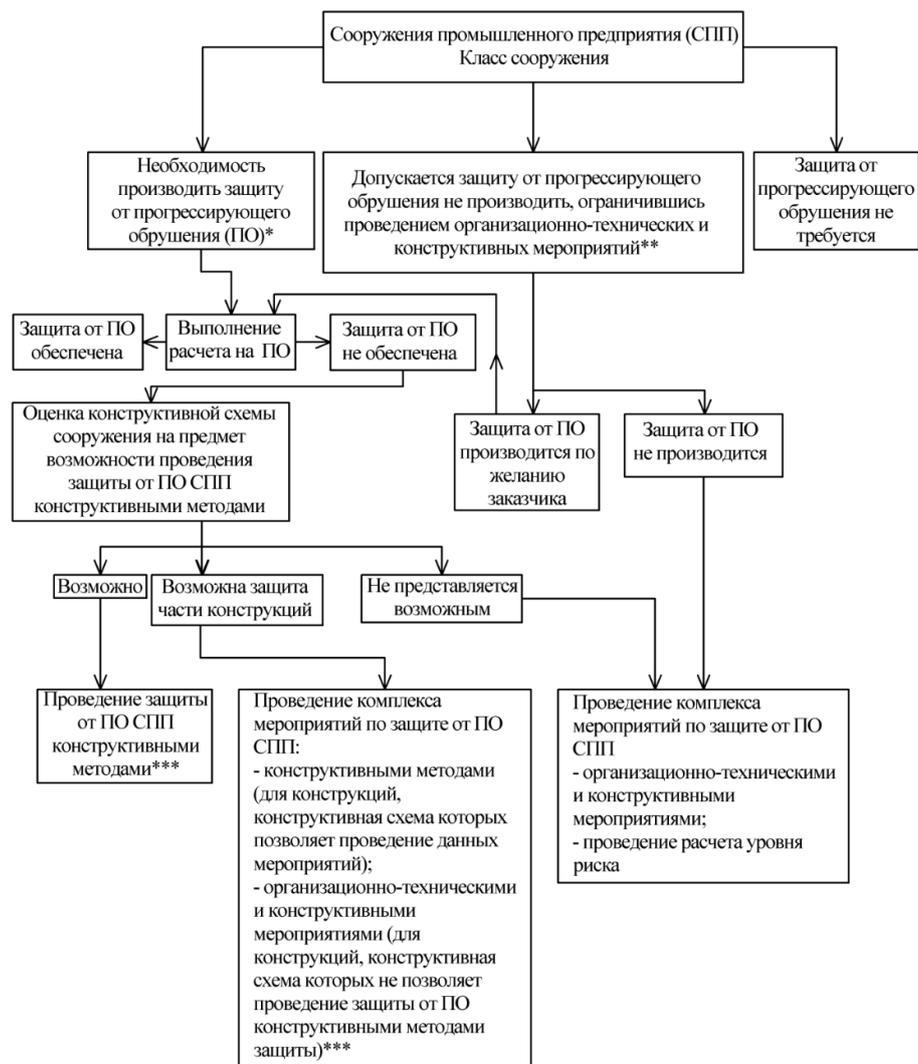
Выводы

Расчет сооружений на защиту от прогрессирующего обрушения необходимо выполнять в следующих случаях:

- если выполнение защиты от прогрессирующего обрушения обязательно согласно действующим правовым и нормативным требованиям;
- в случае желания заказчика, учитывающего экономические последствия в случае возникновения ЧС на объекте строительства.

Согласно п. 4.36 СП 385.1325800.2018, в ряде случаев, для вновь строящихся и реконструируемых сооружений промышленных предприятий, проектирование которых осуществляется по СП 43.13330, допускается расчет на прогрессирующее обрушение не проводить и ограничиться организационно-техническими и конструктивными мероприятиями с учетом риска опасностей и угроз, характерных для рассматриваемого объекта.

Ввиду невозможности в полной мере производить конструктивную защиту от прогрессирующего обрушения всех сооружений, представленных в СП 43.13330, авторами предложена условная классификация по возможности защиты от прогрессирующего обрушения.



Примечания:

* Перечень зданий и сооружений подлежащих проектированию защиты от прогрессирующего обрушения, приведен в ГОСТ 27751 (п. 4.2 СП 385.1325800.2018);

** Согласно п. 4.3, 4.36 СП 385.1325800.2018;

*** Возможно проведение расчета уровня рисков после проведения организационно-технических мероприятий.

Сокращения:

СПП - сооружения промышленного предприятия;

ПО - прогрессирующее обрушение.

Рис. 4. Алгоритм защиты сооружений промышленных предприятий от прогрессирующего обрушения

Список литературы

1. Тамразян А. Г. Оценка риска и надежности несущих конструкций и ключевых элементов – необходимое условие безопасности зданий и сооружений / А. Г. Тамразян // Вестник НИЦ «Строительство». – 2009. – № 1. – С. 160–171.
2. Алмазов В. О. Проблемы сопротивления зданий прогрессирующему разрушению / В. О. Алмазов, А. И. Плотников, Б. С. Расторгуев // Вестник МГСУ. – 2011. – № 2-1. – С. 16–20.
3. Ануфриев Д. П. Новые конструкции и технологии при реконструкции и строительстве зданий и сооружений / Д. П. Ануфриев, Т. В. Золина, Л. В. Боронина и др. – Москва : АСВ, 2013. – 208 с.
4. Федоров В. С. Конструктивная пожарная инженерия в управлении стадией проектирования высотного здания с учетом требований безопасности / В. С. Федоров, Т. В. Золина, Н. В. Купчикова, А. С. Реснянская // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2022. – № 3(41). – С. 141–144.
5. Травуш В. И. Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения в рамках законодательных и нормативных требований / В. И. Травуш, В. И. Колчунов, Е. В. Леонтьев // Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – № 2. – С. 46–54.
6. Келасьев Н. Г. Конструктивные решения защиты одноэтажных каркасных зданий от прогрессирующего обрушения / Н. Г. Келасьев, Н. Н. Трекин, Э. Н. Кодыш, Е. В. Леонтьев, И. А. Терехов, С. Д. Шмаков // Промышленное и гражданское строительство. – 2021. – № 3. – С. 17–22. – DOI 10.33622/0869-7019.2021.03.17-22.
7. Кодыш Э. Н. Введение в проектирование технически сложных зданий и сооружений : учеб. / Э. Н. Кодыш, Н. Н. Трекин, Н. Г. Келасьев, И. А. Терехов. – Москва : АСВ, 2022. – 294 с.

8. Травуш В. И. Расчет параметра живучести рамно-стержневых конструктивных систем / В. И. Травуш, Н. В. Федорова // Russian journal of Building Construction and Architecture. – 2017. – № 1 (33). – С. 6–14.
9. Федоров В. С. Проектирование строительных конструкций и оснований с учетом надежности и режимных воздействий / В. С. Федоров, Т. В. Золина, Н. В. Купчикова и др. – Астрахань : Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2021. – 209 с.
10. Федорова Н. В. Экспериментальные исследования живучести железобетонных рам с ригелями, усиленными косвенным армированием / Н. В. Федорова, Д. К. Фан, Т. Ч. Нгуен // Строительство и реконструкция. – 2020. – № 1 (87). – С. 92–100.
11. Trekin N. N. The improvement of protection methods from the progressive collapse of one-storey industrial buildings / N. N. Trekin, E. N. Kodysh, N. G. Kelasiev, S. D. Shmakov, I. A. Terehov, A. B. Chaganov // Journal of Physics: Conference Series : International Scientific Conference on Modelling and Methods of Structural Analysis 2019, MMSA 2019, Moscow, 13–15 ноября 2019 года. – Moscow : Institute of Physics Publishing, 2020. – Vol. 1425. – P. 012050.
12. Федоров В. С. Прогнозы железобетонных конструкций в предельном состоянии / В. С. Федоров, М. В. Шавыкина, Е. В. Юсупова // Строительство и реконструкция. – 2017. – № 4 (72). – С. 80–86.
13. Чаганов А. Б. Особое предельное состояние железобетонных конструкций. Актуальное состояние и перспективы развития проблемы / А. Б. Чаганов, А. В. Черепанов, С. Д. Шмаков // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 12 (96). – С. 669–683.
14. Кабанцев О. В. К выбору характеристик предельных состояний монолитных железобетонных несущих систем для режима прогрессирующего обрушения / О. В. Кабанцев, Б. Митрович // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2018. – № 6 (378). – С. 234–241.
15. Trekin N. N. Determination of the Criteria of Deformation in a Special Limiting State / N. N. Trekin, E. N. Kodysh, S. D. Shmakov, I. A. Terekhov, K. L. Kudyakov // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2021. – Vol. 17, No. 1. – P. 108–116.
16. Авдеев К. В. О совершенствовании нормативных требований к конструкциям зданий и сооружений на взрывопожароопасных производственных объектах / К. В. Авдеев, В. В. Бобров, Д. И. Левин и др. // Безопасность труда в промышленности. – 2022. – № 11. – С. 85–92.

© Н. Н. Трекин, Э. Н. Кодыш, И. А. Терехов, С. Д. Шмаков

Ссылка для цитирования:

Трекин Н. Н., Кодыш Э. Н., Терехов И. А., Шмаков С. Д. Классификация сооружений промышленных предприятий по возможности защиты от прогрессирующего обрушения // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2024. № 1 (47). С. 15–20.

УДК 620.179
DOI 10.52684/2312-3702-2024-47-1-20-27

КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПО ИХ ДИНАМИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

С. Н. Савин, Ч. Д. Фан

Савин Сергей Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры железобетонных и каменных конструкций, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: + 7 (911) 220-49-92; e-mail: savinsn@gmail.com;

Фан Чунг Дык, аспирант, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: + 7 (953) 361-84-46; e-mail: phanchungduc@gmail.com

В статье рассмотрено возможность оценки жесткостных характеристик зданий по результатам экспериментальных измерений частоты их собственных колебаний. Определены периоды собственных колебаний здания с использованием эмпирических формул и стандартов некоторых стран мира. Проведено сравнение результатов вычислений и численного моделирования для оценки достоверности значений эмпирических формул. Проведены экспериментальные измерения динамических параметров здания методом случайного колебания и произведена первичная оценка жесткостных свойств материала. Результаты еще раз проверены экспериментом по определению жесткостных характеристик материалов строительных конструкций методом с использованием изгибных волн. Использование комбинации двух экспериментальных методов (метод случайного колебания и метод с использованием изгибных волн) необходимо для получения надежных и высокоточных оценок об уровне повреждения здания при обследовании для реконструкции.

Ключевые слова: период собственного колебания, жесткостные характеристик, экспериментальные исследования, динамические параметры.

CONTROL OF THE TECHNICAL CONDITION OF BUILDINGS AND STRUCTURES BY THEIR DYNAMIC CHARACTERISTICS

S. N. Savin, Ch. D. Fan

Savin Sergey Nikolayevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation, phone: + 7 (911) 220-49-92; e-mail: savinsn@gmail.com;

Fan Chung Duc, post-graduate student, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation, phone: + 7 (953) 361-84-46; e-mail: phanchungduc@gmail.com

The article considers the possibility of estimating the stiffness characteristics of buildings based on the results of experimental measurements of the frequency of their natural vibrations. The periods of natural vibrations of the building using empirical formulas and standards of some countries of the world are determined. Comparison of the results of calculations and numerical modeling to assess the reliability of the values of empirical formulas is carried out. Experimental measurements of the dynamic parameters of the building by random vibration method are carried out and the initial evaluation of the stiffness properties of the material is made. The results are further verified by experiment to determine the stiffness characteristics of building structure materials using the bending