

DOI: 10.12737/article_5bab4a1cacc902.46271253

Серых И.Р., канд. техн. наук, доц.,
Чернышева Е.В., канд. техн. наук, доц.,
Дегтярь А.Н., канд. техн. наук, доц.,
Черноситова Е.С., канд. техн. наук, доц.,
Чернышева А.С., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЭКСПЕРТИЗА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЯ ЦЕХА ВЖС ШЕБЕКИНСКОГО ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

Одной из наиболее распространенных и опасных причин разрушения железобетонных конструкций является коррозия арматуры, что в свою очередь считается одним из определяющих факторов, влияющих на техническое состояние изделий, а, следовательно, на их надежность, долговечность и безопасность. В статье авторы рассматривают проблемы коррозии арматуры, выявленные при проведении экспертизы промышленной безопасности на примере здания цеха ВЖС Шебекинского химического завода. Основанием для проведения обследования послужило истечение сроков эксплуатации строительных конструкций. Комплексное обследование включало определение технического состояния здания, исследование состояния конструкций, их элементов с целью выявления дефектов и разработки рекомендаций по проведению ремонта здания, обеспечению ее надежной и долговечной эксплуатации. Для оценки технического состояния конструкций здания был выполнен анализ конструктивного решения, установлены действующие на конструкции нагрузки, воздействия и условия эксплуатации, качество конструкций, материалов и соединений. При этом учтены характер, величина и опасность дефектов и повреждений, возможность их дальнейшего развития, фактическая несущая способность и надежность конструктивных элементов, их прогнозируемая долговечность, степень ответственности, физический и моральный износ и другие факторы.

Ключевые слова: техническое состояние, оценка надежности, коррозия арматуры.

Введение. Железобетонные конструкции относятся к числу долговечных изделий и в большинстве случаев не требуют какой-либо дополнительной защиты от воздействия внешней среды. Бетон, сам по себе достаточно прочный и стойкий к агрессивному воздействию материал, хорошо защищает расположенную в нем арматуру. Однако одной из наиболее распространенных и опасных причин разрушения железобетонных конструкций является именно коррозия арматуры, что в свою очередь считается одним из определяющих факторов, влияющих на техническое состояние изделий, а, следовательно, на их надежность, долговечность, безопасность и живучесть [1–20].

Процесс развития коррозии железобетонных конструкций может проходить по двум основным схемам [1]. Согласно первой схеме сначала происходит разрушение бетона в защитном слое, вследствие его недостаточной стойкости или в результате техногенных и запроектных воздействий, а затем начинается коррозия самой арматуры [2, 3]. Развитие коррозионных процессов по второй схеме начинается, наоборот, с арматуры, а бетон разрушается под давлением ржавчины, образующейся на ее поверхности. Как правило, разрушение по второй схеме происходит под воздействием влажного воздуха или периодического

увлажнения. Значительное циклическое воздействие суточного и сезонного изменения температуры может привести к появлению излишней влаги, которая является катализатором для всех агрессивных компонентов. Проникая сквозь поры бетона, влага может стать причиной достаточно серьезных повреждений. В зимний период объем воды при переходе в лед увеличивается, а если к этому фактору добавить разницу в коэффициентах линейного расширения компонентов бетона, то это создаст предпосылки для возникновения внутренних напряжений в бетоне, что в конечном итоге приведет к образованию трещин и, как следствие, к разрушению железобетонного изделия.

К внешним признакам коррозии арматуры в бетоне следует относить [4]: пятна ржавчины на поверхности бетона вдоль расположения стержней; трещины, ориентированные по направлению арматурных стержней; отслоение защитного слоя бетона с оголением арматуры; наличие ржавчины на поверхности арматуры. Состояние самой арматуры можно оценить по таким внешним признакам, как глубина коррозионного поражения; площадь коррозионных повреждений; характер коррозионных повреждений; толщина и плотность продуктов коррозии.

Рассмотрим проведение экспертизы промышленной безопасности на примере здания цеха ВЖС Шебекинского химического завода (рис. 1). Комплексное обследование включало определение технического состояния здания, исследование состояния конструкций, их элементов с целью выявления дефектов и разработки рекомендаций по проведению ремонта здания, обеспечению ее надежной и долговечной эксплуатации. Для оценки технического состояния конструкций здания был выполнен анализ конструктивного решения, установлены действующие на

конструкции нагрузки, воздействия и условия эксплуатации, качество конструкций, материалов и соединений. При этом учтены характер, величина и опасность дефектов и повреждений, возможность их дальнейшего развития, фактическая несущая способность и надежность конструктивных элементов, их прогнозируемая долговечность, степень ответственности, физический и моральный износ и другие факторы. Основанием для проведения обследования послужило истечение сроков эксплуатации строительных конструкций.



Рис. 1. Здание цеха ВЖС Шебекинского химического завода

Методика проведения обследования. Следует понимать, что выбор методов реконструкции и восстановления эксплуатационных качеств поврежденных частей зданий зависит, прежде всего, от надлежащей оценки их технического состояния, которая базируется на основе научной диагностики. С помощью диагностики изучаются и устанавливаются признаки и причины повреждений, а также разрабатываются способы и средства для их анализа и оценок. При этом опираются на параметры технического состояния с их нормативными значениями и допустимыми отклонениями.

При данной диагностике повреждений устанавливалась, с одной стороны вся специфичность материалов, изготовления, монтажа и работы конструкций, а с другой – особенности внешних и технологических воздействий на них с целью выявления действительных условий их работы, факторов, определяющих разрушения.

Для оценки износа и коррозии строительных конструкций были использованы: методика визуального определения износа здания по внешним признакам; методика инструментальной оценки состояния конструкций и здания с помощью диагностических приборов; методика инженерного

анализа диагностических данных с целью составления заключения о техническом состоянии зданий и мероприятий по их содержанию, восстановлению, усилению и ремонту.

В состав работ по обследованию вошло освидетельствование конструкций в натуре (путем осмотра, обмеров и специальных инструментальных и методов); определение свойств материалов конструкций и качества соединений; уточнение фактических нагрузок, воздействий и условий эксплуатации с оформлением обмерных чертежей, и схем, ведомостей дефектов и других необходимых материалов.

В состав работ по оценке технического состояния конструкций вошли поверочные расчеты с учетом выявленных при обследовании дефектов и повреждений, фактических свойств материалов, прогнозируемых нагрузок, воздействий и условий эксплуатации.

Оценка технического состояния конструкций включала изыскания и использование резервов несущей способности строительных конструкций на основе теоретических и экспериментальных исследований, их действительной работы и уточнения расчетных схем, нагрузок и прочностных характеристик материалов.

Основная часть. Обследование показало, что в процессе эксплуатации здание цеха не отапливалось. Ограждающие конструкции испытывали значительное циклическое воздействие суточного и сезонного изменения температуры наружного воздуха. Наружные поверхности стен и в большей степени кровля, подвергались воздействию атмосферных осадков. В результате протечек в кровле конструкции здания и как следствие постоянного их увлажнения, произо-

шло развитие коррозионных процессов. Воздействие отрицательных температур повлекло за собой выветривание материала наружных стен с последующим их разрушением и ослаблением лакокрасочного покрытия в наружных конструкциях. Кроме того, по данным обследования строительные конструкции подвергались воздействию твердой среды в виде пыли, загрязняющей атмосферу (взвешенные вещества) и осаждающейся на наружных поверхностях конструкций, покрытий пола (рис. 2).



Рис. 2. Общее состояние конструкций покрытия 4 этаж



При обследовании плит перекрытия были выявлены участки замачивания конструкций с повреждением защитного слоя бетона. Ширина раскрытия продольных трещин в растянутой зоне, вызванных коррозией арматуры, составляла 1 мм. При этом коррозия арматуры доходила до 10 % от площади стержней. Бетон в растянутой

зоне на глубине защитного слоя между стержнями арматуры легко крошился. Прогибы составляли более 1/300 длины пролета (рис. 3).

Обследование балок перекрытия выявило сколы бетона, повреждение его защитного слоя, трещины и следы коррозии арматуры в растянутой зоне, прогибы более 1/300 пролета (рис. 4).



Рис. 3. Следы коррозии плит перекрытия

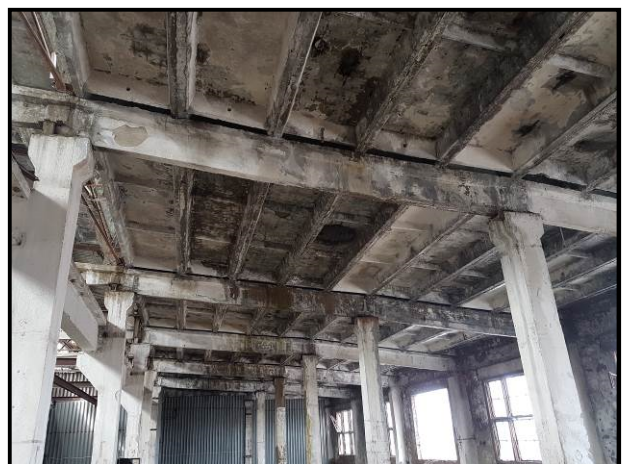


Рис. 4. Следы коррозии балок перекрытия

В рамках обследования конструкций здания был произведен расчет ребристой плиты покрытия, который показал, что существующая продольная рабочая арматура в продольных ребрах 4Ø20A300 имеет площадь поперечного сечения 12,57 см², прочность продольных ребер обеспечена, но с учетом многочисленных повреждений плит перекрытия (около 20 %) существующая

площадь поперечного сечения равна $12,57 \times 0,8 = 10,05 \text{ см}^2$. Соответственно запасов по прочности в продольных ребрах нет, они находятся на пределе исчерпания несущей способности. Плиты покрытия с повреждениями (выщелачиванием бетона, отслоением защитного слоя бетона, повреждениями продольных и поперечных

ребер, коррозией арматуры и др.) подлежат усилению или демонтажу с устройством новых монолитных железобетонных участков.

Выводы. На основании проведенных расчетов [20] следует, что плиты перекрытия подлежат усилению или демонтажу с устройством новых монолитных железобетонных участков. Так же из расчетов следует, что при расположении дополнительной нагрузки на перекрытие из расчета 833 кг/м^2 железобетонные тавровые ригеля и колонны не будут обладать достаточной несущей способностью и жесткостью. Необходимо произвести усиление данных конструкций по специально разработанному проекту, с учетом имеющихся уже дефектов и повреждений.

Максимально допустимая нагрузка на покрытие может составлять не более 300 кг/м^2 , при условии усиления и восстановления всех поврежденных строительных конструкций здания.

Целесообразнее произвести демонтаж существующего перекрытия и устройство металлической балочной клетки по специально разработанному рабочему проекту.

Источник финансирования. Программа развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев С.Н. Коррозия и защита арматуры в бетоне. 2-е изд. перераб. и допол. М.: Стройиздат, 1968. 231 с.
2. Колчунов В.И., Губанова М.С. Напряженно-деформированное состояние нагруженного и коррозионно-поврежденного железобетона в зоне наклонных трещин // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. 2016. № 2(42). С. 11–22.
3. Ключева Н.В., Колчунов В.И., Губанова М.С. Критерий прочности нагруженного и коррозионно поврежденного бетона при плоском напряженном состоянии // Жилищное строительство. 2016. № 5. С. 22–27.
4. Кириллов В.С. Эксплуатация и реконструкция мостов и труб на автомобильных дорогах. М.: Наука, 1971. 196 с.
5. Травуш В.И., Колчунов В.И., Ключева Н.В. Некоторые направления развития теории живучести конструктивных систем зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 3. С. 4–11.
6. Колчунов В.И., Ключева Н.В., Андросова Н.Б., Бухтиярова А.С. Живучесть зданий и сооружений при запроектных воздействиях: монография. М.: изд-во АСВ, 2014. 209 с.
7. Колчунов В.И., Федорова Н.В. Некоторые проблемы живучести железобетонных конструктивных систем при аварийных воздействиях // Вестник НИЦ Строительство. 2018. № 1 (16). С. 115–119.
8. Мирсаяпов И.Т., Тамразян А.Г. К разработке научных основ теории выносливости железобетонных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 1. С. 50–56.
9. Мирсаяпов И.Т., Тамразян А.Г. К расчету железобетонных конструкций на выносливость // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 11. С. 19–23.
10. Алферов Д.Л. Причины аварий зданий и сооружений // ТехНадзор. 2013. № 6 (79). С. 78–81.
11. ГОСТ Р 53006-2008 Оценка ресурса потенциально опасных объектов на основе экспресс-методов. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2009.
12. ГОСТ Р 53778-2010 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М.: Стандартинформ, 2010.
13. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам. М.: ЦНИИПромзданий, 2001.
14. Чернышева Е.В., Серых И.Р., Стаинов В.В., Чернышева А.С. Актуальные проблемы промышленной безопасности // Zbornik radova: visoka tehnička škola strukovnih studija. Niš. Serbia. 2016. December. Pp. 164–165.
15. Дегтярь А.Н., Серых И.Р., Панченко Л.А., Чернышева Е.В. Остаточный ресурс конструкций зданий и сооружений // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 94–97.
16. Дегтярь А.Н., Серых И.Р., Чернышева Е.В., Панченко Л.А. Экспертиза промышленной безопасности здания насосной нефтебазы Белгородской области с целью оценки ее остаточного ресурса // Безопасность в строительстве: матер. III Междунар. науч.-практ. конф., (Санкт-Петербург, 23-24 ноября 2017 г.), СПб.: изд-во СПбГАСУ, 2017. С. 41–45.
17. ГОСТ 31384–2008 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования. М.: Стандартинформ, 2010.
18. СП 13–102–2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2004.
19. СНиП 2.03.01–84* Бетонные и железобетонные конструкции. М.: Госстрой СССР, 1989.
20. Отчет № 22-18 ЗИС от 15.04.2018 г. по результатам освидетельствования строительных конструкций здания цеха ВЖС, 2018. 70 с.

Информация об авторах

Серых Инна Робертовна, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики и сопротивления материалов.

E-mail: seryh.ir@bstu.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Чернышева Елена Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры стандартизации и управления качеством.

E-mail: bellena_74@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Дегтярь Андрей Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики и сопротивления материалов.

E-mail: andrey-dandr@yandex.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Черноситова Елена Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры стандартизации и управления качеством.

E-mail: bellena_74@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Чернышева Анастасия Сергеевна, бакалавр кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

E-mail: stesi1497@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в июне 2018 г.

© Серых И.Р., Чернышева Е.В., Дегтярь А.Н., Черноситова Е.С., Чернышева А.С., 2018

**Serykh I.R., Chernyshova E.V., Degtyar A.N., Chernositova E.S., Chernyshova A.S.
THE INDUSTRIAL SAFETY EXPERT REVIEW OF THE VZGS PLANT BUILDING AT
THE SHEBEKINO CHEMICAL PLANT WITH THE PURPOSE OF TECHNICAL
STATE EVALUATION OF STRUCTURES**

One of the most common and most dangerous causes of reinforced concrete structures damage is the reinforcement corrosion, which in its turn is considered one of the determining factors, which influence the technical state of products, and, consequently their reliability, durability, safety and survivability. In this article the authors consider the problems of reinforcement corrosion, detected during the industrial safety expert review through the example of the VZGS plant building at the Shebekino chemical plant. The expiration of terms of operation of building constructions has formed the basis for carrying out inspection. Comprehensive examination included definition of a technical condition of the building, a research of a condition of designs, their elements for the purpose of identification of defects and development of recommendations about carrying out repair of the building, to ensuring her reliable and durable operation. For assessment of technical condition of structures of the building the analysis of the constructive decision has been made, the loadings operating on a design, influences and service conditions, quality of designs, materials and connections are established. At the same time the character, size and danger of defects and damages, a possibility of their further development, the actual bearing ability and reliability of structural elements, their predicted durability, responsibility degree, physical both obsolescence and other factors are considered.

Keywords: *technical state, reliability assessment, reinforcement corrosion.*

REFERENCES

1. Alekseev S.N. Corrosion and protection of reinforcement in concrete. 2nd ed. rev. and additional. M.: Stroyizdat, 1968, 231 p.

2. Kolchunov V.I., Gubanov M.S. Stress-strain state of loaded and corrosion-damaged reinforced concrete in the zone of inclined cracks. Scientific Herald of VGASU. Construction and architecture, 2016, no. 2(42), pp. 11–22.

3. Klyueva N.V., Kolchunov V.I., Gubanova M.S. The criterion of strength of loaded and corrosion-damaged concrete in plane stress. Housing construction, 2016, no. 5, pp. 22–27.
4. Kirillov V.S. Operation and reconstruction of bridges and pipes on roads. M.: Nauka, 1971, 196 p.
5. Travush V.I., Kolchunov V.I., Klyueva N.V. Some directions of development of the theory of survivability of structural systems of buildings and structures. Industrial and civil engineering, 2015, no. 3, pp. 4–11.
6. Kolchunov V.I., Klyueva N.V., Androsova N.B., Buxtiyarova A.S. The survivability of buildings and structures under beyond-design impacts: monograph. M.: publishing house ASV, 2014, 209 p.
7. Kolchunov V.I., Fedorova N.V. Some problems of survivability of reinforced concrete structural systems under accidental influences. Bulletin of the NRC Construction, 2018, no. 1 (16), pp. 115–119.
8. Mirsayapov I.T., Tamrazyan A.G. On the development of scientific foundations of the theory of endurance of reinforced concrete structures. Industrial and civil engineering, 2017, no. 1, pp. 50–56.
9. Mirsayapov I.T., Tamrazyan A.G. To the calculation of reinforced concrete structures for endurance. Industrial and civil construction, 2016, no. 11, pp. 19–23.
10. Alferov D.L. Causes of accidents of buildings and structures. Technical Supervision, 2013, no. 6 (79), pp. 78–81.
11. GOST R 53006-2008 Resource Assessment of potentially dangerous objects on the basis of Express methods. General requirements. M.: Standartinform, 2009.
12. GOST R 53778-2010 Buildings and structures. Rules of inspection and monitoring of technical condition. M.: Standartinform, 2010.
13. Recommendations for assessing the reliability of building structures of buildings and structures on the external signs. M: CNIIPromzdaniy, 2001.
14. Chernysheva E.V., Serykh I.R., Statinov V.V., Chernysheva A.S. Actual problems of industrial safety. Zbornik radova: visoka tehnička škola strukovnih studija. Niš. Serbia, 2016, December, pp. 164-165.
15. Degtyar A.N., Serykh I.R., Panchenko L.A., Chernysheva E.V. Residual life of structures of buildings and structures. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2017, no. 10, pp. 94–97.
16. Degtyar A.N., Serykh I.R., Chernysheva E.V., Panchenko L.A. Examination of industrial safety of the pump tank farm building of the Belgorod region in order to assess its residual life. Safety in construction: mater. III Intern. science-practice. conf.(St. Petersburg, 23-24 November 2017), St. Petersburg.: Izd-vo Spbgasu, 2017, pp. 41–45.
17. GOST 31384-2008 Protection of concrete and reinforced concrete structures from corrosion. General technical requirements. M.: STANDARTINFORM, 2010.
18. SP 13-102-2003 Rules of inspection of the bearing building designs of buildings and constructions. M.: Gosstroy of Russia, GUP CPP, 2004.
19. SNIP 2.03.01–84* Concrete and reinforced Concrete structures. M: Gosstroy of the USSR, 1989.
20. Report № 22-18 ZIS from 15.04.2018 on the results of the survey of building structures of the building shop VZHS, 2018. 70 p.

Information about the author

Inna R. Serykh, PhD, Assistant professor.

E-mail: seryh.ir@bstu.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Elena V. Chernyshova, PhD, Assistant professor.

E-mail: bellena_74@mail.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Andrey N. Degtyar, PhD, Assistant professor.

E-mail: andrey-dandr@yandex.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Elena S. Chernositova, PhD, Assistant professor.

E-mail: ES-Helen@yandex.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Anastas S. Chernyshova, Bachelor student.
E-mail: stesi1497@mail.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in June 2018

Для цитирования:

Серых И.Р., Чернышева Е.В., Дегтярь А.Н., Черноситова Е.С., Чернышева А.С. Экспертиза промышленной безопасности здания цеха ВЖС Шебекинского химического завода с целью оценки технического состояния конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №9. С. 55–61. DOI: 10.12737/article_5bab4a1cacc902.46271253

For citation:

Serykh I.R., Chernyshova E.V., Degtyar A.N., Chernositova E.S., Chernyshova A.S. The industrial safety expert review of the VZGS plant building at the Shebekino chemical plant with the purpose of technical state evaluation of structures. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 9, pp. 55–61. DOI: 10.12737/article_5bab4a1cacc902.46271253