

Опыт обследования повреждений металлических несущих конструкций

УДК 624.04:101.5

Евтушенко Сергей Иванович

Профессор, д.т.н., почетный работник высшего образования Российской Федерации, советник РААСН, член РОМГТиФ, профессор кафедры «Информационные системы, технология и автоматизация строительства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (г. Москва); e-mail: evtushenkosi@mgsu.ru

Шутова Марина Николаевна

Доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры «Промышленное гражданское строительство, геотехника и фундаментостроение», ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (г. Новочеркасск); e-mail: Shutovapublish@mail.ru

Черныховский Борис Александрович

Аспирант кафедры «Общественные дисциплины», ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (г. Новочеркасск); e-mail: cbotms@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются характерные повреждения металлических элементов несущих конструкций некоторых промышленных объектов. Обобщены результаты обследований многочисленных объектов. Сделан анализ результатов исследований других авторов по оценке несущих строительных конструкций. Намечены цели и задачи дальнейших исследований.

Ключевые слова: металлические несущие конструкции, повреждение, надежность, техническое состояние

Обычно проведение экспертизы промышленной безопасности предназначено для определения надежности и категории технического состояния отдельных металлических несущих конструкций, так как это влияет на возможность и продолжительность осуществления производственной деятельности промышленных предприятий.

Опыт обследования металлических элементов несущих конструкций некоторых промышленных объектов [1 - 6] сотрудниками ЮРГПУ (НПИ) выявлены характерные дефекты металлических конструкций, большинство из которых появились вследствие механических воздействий и коррозии металла рис. 1-5.

Наличие дефектов снижают надежность несущих строительных конструкций и их долговечность в разной степени, поэтому предлагается систематизировать типичные повреждения по этому признаку [7, 8].

Для определения основных характеристик, влияющих на надежность металлических колонн (напряжения, деформации), ферм покрытия и перекрытия и других, предлагается классификация дефектов по условиям работы растянутые, сжатые, изгибаемые, закручиваемые и др. Подгруппы типовых дефектов будут соответствовать причинам их возникновения механические повреждения, коррозия вследствие

EXPERIENCE OF INSPECTION OF DAMAGES OF METAL BEARING STRUCTURES

Shutova Marina Nikolaevna

PhD, associate professor of Industrial civil engineering, geotechnics and foundations of Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russia;
e-mail: Shutovapublish@mail.ru

Chernykhovskij Boris Aleksandrovich

Postgraduate student Department of General Engineering Disciplines of Platov South-Russian State Polytechnic University

(NPI), Novocherkassk, Russia;

e-mail: cbotms@gmail.com

Abstract. The article deals with the characteristic damage of metal elements of load-bearing structures of some industrial facilities. The results of surveys of numerous objects are summarized. The analysis of the research results of other authors on the assessment of load-bearing building structures is made. The goals and objectives of further research are outlined.

Keywords: metal bearing structures, damage, reliability, technical condition



Рис. 1. Деформация двутавровой опоры цеха первичной сортировки дробильно-сортировочного завода х. Верхний Потапов



Рис. 3. Разрушение опорной части вспомогательной колонны технологической площадки ЗАО «Азовский кузнечно-литейный завод»



Рис. 2. Деформация опоры цеха сортировки мелких фракций дробильно-сортировочного завода х. Верхний Потапов

агрессивного воздействия атмосферных осадков или технологических процессов производства, дефекты изготовления (дефекты сварных швов, прорезы основного металла и др.) и др.

Общепринятой и распространенной методикой при наличии дефектов надежность строительных

конструкций и объектов определяют, как на основе внешних признаков [9], так и вероятностными методами [10].

Алгоритм для оценки показателей надежности промышленного здания предложен и разработана на основе данного алгоритма программа для расчета остаточного ресурса зданий коллективом авторов [11]. Надежность конструкций ими вычисляется на основе детерминированной модели разрушения металлических конструкций мостовых кранов, резерв прочности является соотношением несущей способности и максимальной обобщенной нагрузки.

Под руководством А.А. Сморчкова [12] исследована зависимость вероятности разрушения строительной конструкции от коэффициента вариации, установленного при статистических испытаниях данного вида строительных конструкций. Установлена прямо пропорциональная зависимость значения коэффициента вариации от значения коэффициента надежности, что ведет к перерасходу материалов с большим коэффициентом вариации.

При оценке риска разрушения строительных конструкций А.Г. Тамразян [13] предлагает объединить два подхода: статистическо-вероятностный и экс-



Рис. 4. Разрублена полочка связи в конструкции усиления продольной балки галереи Жигулевского завода строительных материалов



Рис. 5. Нижние пояса двух распорок погнуты вследствие механических воздействий при монтаже технологического оборудования ОАО «Ростоввводпром» г. Батайск.

пертный. При этом, согласно статистике, следует классифицировать аварийные ситуации, определить частоту их проявления и на этой основе делается прогноз о развитии ситуации. Специфические особенности конкретного здания или сооружения предлагается учитывать экспертным методом.

Модель уменьшения надежности в зависимости от накопления повреждений и дефектов предложен А.С. Горшков [14]. При незначительном количестве повреждений поврежденность увеличивается по экспоненциальному закону, при значительном количестве (предшествующему обрушению) по линейному.

В России нет модели расчета надежности, утвержденной на федеральном уровне и закрепленной в нормативных документах. Поэтому выполнен анализ состояния этого вопроса за рубежом. Межнациональный коллектив авторов [15] рассмотрел вопрос гармонизации российских нормативных документов и европейских Еврокодов. В результате были сделаны следующие выводы для проектирования стальных конструкций:

- система нормативных документов России обеспечивает меньший уровень надежности, чем европейская;
- основные показатели надежности не регламентированы, однако при этом лучше учитывается специфика работы конструкции из-за системы частных коэффициентов.

Определение основных характеристик, влияющих на надежность металлических колонн (напряжения, деформации) применяют как методы диагностики на строительных объектах при помощи тензометрических приборов, так и численный эксперимент. Для моделирования напряженно-деформируемого состояния строительных конструкций используются такие программные комплексы как SCAD, «Лира» и др.

Авторами [16] был проведен расчет металлического шарнирного узла сложной геометрии. При численном моделировании узла пространственной стержневой конструкции определены эквивалентные напряжения, для ослабленных мест, установленных расчетом, предложены варианты усиления.

Авторами проведен расчет параметров НДС конструкций стропильной фермы промышленного цеха [17–20]. Ферма была изготовлена в 1973 году, эксплуатировалась в здании без агрессивных химических воздействий (здание склада готового металлопроката). В период эксплуатации на отдельных элементах фермы появились повреждения в результате механических воздействий. Одним из наиболее опасных повреждений с точки зрения концентраторов напряжений является погиб сжатого опорного раскоса (рис. 6). При моделировании опорного узла пространственной стержневой конструкции использован МКЭ и определены эквивалентные напряжения, для ослабленных мест, установленных расчетом, предложены варианты усиления узла с учетом разной степени поражения коррозией.

В нормативной и технической литературе существует несколько десятков различных шкал для



Рис. 6. Дефект раскола фермы

определения категории технического состояния конструкций [21]. Согласно шкале, предложенной

в пособиях [9, 22, 23] исправному состоянию конструкции соответствует значение относительной надежности $0,95-1$; работоспособному состоянию конструкции соответствует интервал $0,85-0,95$. По этим критериям были оценены несущие металлические конструкции промышленных зданий с повреждениями.

В последующем использование программных комплексов, реализующих метод конечных элементов, позволит оценить НДС в несущих металлических конструкциях промышленных зданий с учетом их повреждений. Опыт обследования конструкций позволил установить и систематизировать характерные повреждения металлических конструкций, которые позволяют уточнить задачи последующих исследований.

Настоящее исследование выполнено при финансировании РФФИ, проект № 20-38-90056\20.

Литература

1. Результаты обследования здания аккумулирующих бункеров обогатительной фабрики Аютинская / С.И. Евтушенко, В.И. Соболев, В.Н. Моргунов, Т.А. Крахмальный, Е.Ю. Анищенко // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений : Матер. VI Междунар. научн.-практ. конф., г. Новочеркасск, 9 июня 2006 г. / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ), - Новочеркасск: ЮРГТУ, 2006. - Ч. 2. - С. 20-22.
2. Евтушенко С.И., Соболев В.И., Крахмальный Т.А. Результаты обследования и оценка технического состояния зданий ДСЗ Потаповского карьера в х. В.Потапов // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений : Матер. VI Междунар. научн.-практ. конф., г. Новочеркасск, 9 июня 2006 г. / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ), - Новочеркасск: ЮРГТУ, 2006. - Ч. 2. - С. 30-32.
3. Евтушенко С.И., Шутова М.Н., Крахмальный Т.А. Обследование здания ремонтного депо железнодорожного цеха ОАО «АМР» в г. Белая Калитва // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений : Матер. VII Междунар. научн.-практ. конф., г. Новочеркасск, 8 июня 2007 г. / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ), - Новочеркасск: ЮРГТУ, 2007. - С. 44-47.
4. Крахмальный Т.А., Евтушенко С.И. Дефекты и повреждения металлических колонн производственных зданий // Строительство и архитектура (2021). Том 9. Выпуск 2 (31) 2021. - С. 11-15. DOI: 10.29039/2308-0191-2021-9-2-11-15
5. Крахмальный Т.А., Евтушенко С.И. Дефекты и повреждения металлических подкрановых балок производственных зданий // Строительство и архитектура (2021). Том 9. Выпуск 3 (32) 2021. - С. 11-15. DOI: 10.29039/2308-0191-2021-9-3-11-15
6. Damage to the Vertical Braces of Industrial Buildings / T A Krahalny and S I Evtushenko // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1079 (2021) 052086 DOI: 10.1088/1757-899X/1079/5/052086
7. Typical defects and damage to the industrial buildings' facades / T A Krahalny and S I Evtushenko // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 775 (2020) 012135, DOI: 10.1088/1757-899X/775/1/012135.
8. New system of monitoring of a condition of cracks small reinforced concrete bridge constructions Krahalny T.A., Evtushenko S.I., Krahalnaya M.P. В сборнике: Procedia Engineering. 2016. С. 2369-2374.
9. Добромыслов А.Н. Оценка надежности зданий и сооружений по внешним признакам. - М.: Издательство АСВ, 2004. - 72 с.
10. Пшеничкина В.А. и др. Вероятностные методы строительной механики и теория надежности строительных конструкций: учеб. пособие. - 2015.
11. Трофимов В.И., Белов С.В., Садчиков П.Н. Построение алгоритма оценки показателей надежности промышленного здания // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. - 2018. - №. 3.
12. Смorchков А.А. и др. Влияние коэффициента вариации на надежность строительных конструкций // Известия Юго-Западного государственного университета. - 2013. - №. 5. - С. 164-167.
13. Тамразян А.Г. Расчет элементов конструкций при заданной надежности и нормальном распределении нагрузки и несущей способности // Вестник МГСУ. - 2012. - №. 10.
14. Горшков А.С. Модель физического износа строительных конструкций // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. - 2014. - №. 12. - С. 34-37.
15. Надольский В.В. и др. Надежность строительных конструкций в свете требований европейских и российских нормативных документов по проектированию // Вестник Брестского государственного политехнического университета. - №1. - 2013.
16. Бузало Н.А., Алексеев С.А., Царитова Н.Г. Численное исследование шарнирного узла пространственной стержне-

- вой конструкции // Интернет-журнал Науковедение. – 2014. – №. 2 (21).
17. Skibin G.M., Shutova M.N., Evtushenko S.I., Chutchenko I.A. Reliability increase of running gears elements of mining traction locomotives using finite–element analysis package // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2017. – Т. 87. – №. 2. – С. 022021.
 18. Бузало Н.А., Гонтаренко И.В. Экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния внецентренно сжатых стоек с повреждениями // Интернет-журнал Науковедение. – 2014. – №. 1 (20).
 19. Гонтаренко И.В., Бузало Н.А. Определение силового сопротивления внецентренно-сжатых стоек двутаврового сечения с повреждениями // Интернет-журнал Науковедение. – 2014. – №. 2 (21).
 20. Shutova M.N., Skibin G.M., Evtushenko S.I. Definition of Availability Index of Deformed Building Constructions Using the Finite–Element Analysis Package // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2017. – Т. 262. – №. 1. – С. 012061.
 21. СП 20.13330. 2016 Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия» – М. – 2016 г.
 22. Соколов В. А. Категории технического состояния строительных конструкций зданий при их диагностике вероятностными методами // Фундаментальные исследования. – 2014. – Т. 6. – №. 6.
 23. Добромислов А. Н. Диагностика повреждений зданий и инженерных сооружений. – М.: Справочное пособие. Издательство АСВ, 2006.- 256 с.