

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ РАБОТЫ ОЦИНКОВАННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ АГРЕССИВНЫХ СРЕД

А. С. Колобанов, Н. В. Тарасова, Л. С. Сабитов, И. Н. Гарькин, Д. С. Сорокина

Колобанов Алексей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительное производство», Липецкий государственный технический университет, г. Липецк, Российская Федерация; e-mail: sabitov-kgasu@mail.ru;

Тарасова Наталия Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительное производство», Липецкий государственный технический университет, г. Липецк, Российская Федерация; e-mail: sabitov-kgasu@mail.ru;

Сабитов Линар Салихзанович, доктор технических наук, профессор кафедры «Энергообеспечение предприятий, строительство зданий и сооружений», Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Российская Федерация; e-mail: sabitov-kgasu@mail.ru;

Гарькин Игорь Николаевич, кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Защита в чрезвычайных ситуациях», Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (Первый казачий университет); e-mail: igor_garkin@mail.ru;

Сорокина Дарья Сергеевна, магистр, Липецкий государственный технический университет, г. Липецк, Российская Федерация; e-mail: igor_garkin@mail.ru

В настоящее время безопасность зданий и сооружений получает жизненно важный ориентир. Ситуация последних лет, а также развитие современных технологий показывают, что требуется новый подход к мониторингу зданий и сооружений. Для их безопасной эксплуатации необходимо своевременно выполнять мероприятия не только по устранению дефектов и повреждений, но и выявлению причин их возникновения. В статье рассматриваются некоторые аспекты работы металлических конструкций в агрессивной среде, а также скорость коррозионного повреждения металлических конструкций на примере профилированного настила покрытия. Исследование произведено на основе анализа выполненных работ по техническому обследованию и экспертизе зданий и сооружений, в частности оцинкованных металлических конструкций.

Ключевые слова: *строительные конструкции, металлические конструкции, коррозия, агрессивная среда, цинковое покрытие, скорость коррозии, технический ресурс.*

ABOUT THE FEATURES OF OPERATION OF GALVANIZED BUILDING STRUCTURES IN AGGRESSIVE ENVIRONMENTS

A. S. Kolobanov, N. V. Tarasova, L. S. Sabitov, I. N. Garkin, D. S. Sorokina

Kolobanov Aleksey Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction Production, Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russian Federation; e-mail: sabitov-kgasu@mail.ru;

Tarasova Natalya Vladimirovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction Production, Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russian Federation; e-mail: sabitov-kgasu@mail.ru;

Sabitov Linar Salikhzanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Energy Supply of Enterprises, Construction of Buildings and Structures, Kazan State Energy University, Kazan, Russian Federation; e-mail: sabitov-kgasu@mail.ru;

Garkin Igor Nikolayevich, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Protection in Emergency Situations, Moscow State University of Technology and Management named after. K. G. Razumovsky (First Cossack University); e-mail: igor_garkin@mail.ru;

Sorokina Darya Sergeevna, master, Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russian Federation; e-mail: igor_garkin@mail.ru

Currently, the safety of buildings and structures is becoming a vital focus. The situation in recent years, as well as the development of modern technologies, show that a new approach to monitoring buildings and structures is required. For their safe operation, it is necessary to carry out timely measures not only to eliminate defects and damage, but also to identify the causes of their occurrence. The article discusses some aspects of the operation of metal structures in an aggressive environment, as well as the rate of corrosion damage to metal structures using the example of profiled flooring. The study was carried out on the basis of an analysis of the work performed on the technical inspection and examination of buildings and structures, in particular galvanized metal structures.

Keywords: *building structures, metal structures, corrosion, aggressive environment, zinc coating, corrosion rate, technical resource.*

В настоящее время безопасность зданий и сооружений получает жизненно важный ориентир. Ситуация последних лет, а также развитие современных технологий показывают, что требуется новый подход к мониторингу зданий и сооружений [1, 2]. Для безопасной эксплуатации зданий и сооружений необходимо своевременно выполнять мероприятия не только по устранению дефектов и повреждений, но и выявлению причин их

возникновения [3, 4]. При осуществлении данных работ следует учитывать объемно-планировочные и конструктивные решения объекта, а также условия его эксплуатации, выявлять и классифицировать дефекты и повреждения для дальнейшего анализа и возможности получения статистических данных, способствующих определению категории технического состояния и возможности разработки корректирующих мероприятий, проектных и

технологических решений, которые позволяют увеличить технико-экономическую эффективность объекта.

В данной работе проводилась оценка состояния металлических конструкций покрытия на примере профнастила, эксплуатирующегося в агрессивной газовой среде металлургических прокатных цехов ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат» (далее – ПАО «НЛМК»).

На основе результатов ранее выполненных работ [5–7] по оценке технического состояния строительных конструкций прокатных цехов выявлено, что главным повреждающим фактором являются коррозионные разрушения металлических конструкций разной степени (рис. 1).

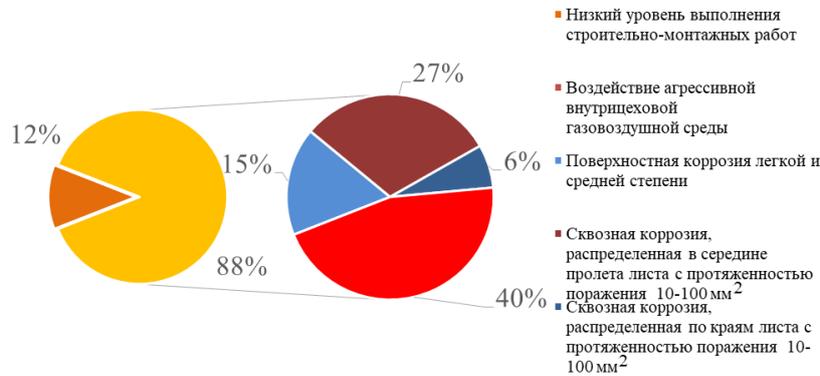


Рис. 1. Характерные дефекты и повреждения профилированного листа покрытия

Необходимо отметить, что металлические конструкции подвержены появлению дефектов и повреждений, так как эксплуатируются в условиях действующих производств. Появление и развитие данных отклонений в совокупности с высокими нагрузками, изменяющимися в ходе работы здания, могут привести к отказу конструкции в целом.

В работах, которые были выполнены ранее, изучалось состояние металлических конструкций, эксплуатирующихся в горизонтальном положении. В дальнейшем мы попробуем рассмотреть эту проблему под другим углом, то есть учесть пространственное положение конструкций. В исследова-

ниях [6, 7] при применении методов натуральных и лабораторных испытаний выявлено влияние агрессивной газовой среды на металлические конструкции покрытия цехов холодного проката металлургической промышленности, приведены результаты качественной и количественной оценки процесса разрушения защитного цинкового и стального покрытия профилированного листа в горизонтальном положении.

В результате проведенных технических освидетельствований металлических конструкций визуально выявлено, что распространение коррозионных разрушений под разным углом отличается (рис. 2).

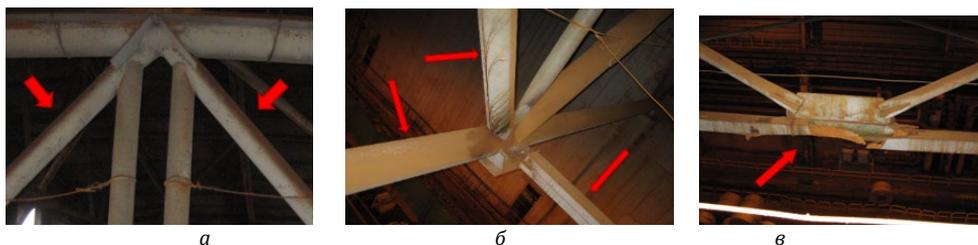


Рис. 2. Характер распространения коррозии трубчатых металлических ферм и связей:
 а – повреждения на раскосе фермы из круглых труб; б – повреждения нижнего пояса стропильной фермы из круглых труб; в – повреждение связи по нижнему поясу стропильных ферм

Как видно из рисунка 2, под действием гравитационной составляющей фазовая пленка влаги, находящаяся на конструкциях, распространяется в зависимости от положения элемента в пространстве и формы сечения других элементов [8]. Результаты освидетельствования конструкций показали, что более 90 % трубчатых ферм из всех осматриваемых имеют характерное расположение коррозионных повреждений, кроме того, наблюдается их распространение на прямоугольные элементы, находящиеся в горизонтальном положении.

Объектом исследования являлся цех холодного проката ПАО «НЛМК». В цехе обследовано 2450 участков профнастила в девяти пролетах (рис. 2), из которых 536 участков эксплуатировались с дефектами и повреждениями, среднестатистический процент повреждаемости – 21,8 %. Установлено, что наиболее распространенные дефекты и повреждения профнастила: замачивание атмосферными осадками – 18,5 %, местное смятие элементов – 8,1 %, локальная коррозия легкой (К1) и средней (К2) – 50,3 %, сквозная коррозия – 23,1 % от общего количества дефектов и повреждений [9].

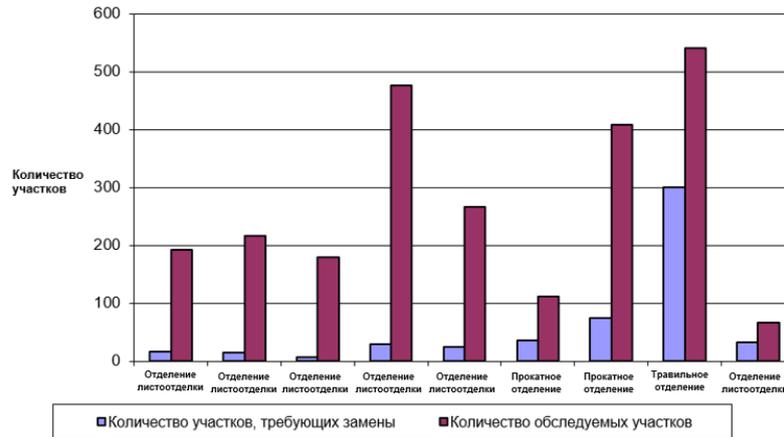


Рис. 3. Сводная гистограмма сравнения обследуемых участков профилированного листа по всему зданию цеха и участков листа, требующих замены

Как видно из гистограммы, представленной на рисунке 3, наибольшее коррозионное повреждение получили участки травильного отделения (рис. 4.) по мере удаления. В результате изменения концентрации агрессивного хлороводорода количество коррозионных повреждений снижалась (рис. 5).



Участки с наибольшим коррозионным повреждением

Рис. 4. Состояние оцинкованного профилированного настила покрытия, эксплуатирующего в условиях агрессивных газовойдушной среде



Рис. 5. Состояние оцинкованного профилированного настила покрытия, эксплуатирующего в газовойдушной среде, которая не содержит хлороводород

Для подтверждения данной теории были проведены лабораторные испытания коррозионной стойкости образцов оцинкованного профилированного листа, расположенного под разным углом в камере соляного тумана 3 % NaCl (рис. 6) в течение 20 ч. [10–13].

Для оценки характера коррозионного разрушения поверхность исследуемых образцов разбивалась на участки в зависимости от их положения в пространстве (рис. 7).

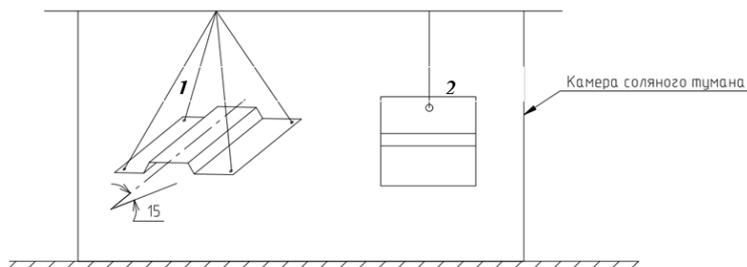


Рис. 6. Схема расположения образцов в камере соляного тумана

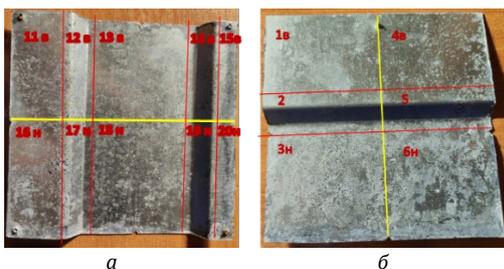


Рис. 7. Схема расположения анализируемых участков поверхности образцов № 1 (а) и № 2 (б)

На поверхности исследуемых образцов фиксируются следы коррозионного разрушения различной интенсивности:

- на образце № 1, расположенном под углом 15° к горизонту, наиболее подверженными коррозионному разрушению участками являются 16н, 18н, 20н. Аналогичная картина наблюдается на верхней части образца – 11в, 13в, 15 в, но при этом интенсивность их разрушения меньше (рис. 7а);
- на образце №2, расположенном вертикально к горизонту, наиболее подверженными коррозионному разрушению участками являются 3н, 6н (рис. 7б).

Результаты количественной оценки рассматриваемых участков поверхности образцов №№ 1 и 2 представлены в таблицах 1 и 2 [14, 15].

Таблица 1
Результаты количественной оценки интенсивности коррозионных повреждений образца № 1

Участок образца	11в	12в	13в	14в	15в
Площадь повреждения, %	16	34	30	29	47
Участок образца	16 н	17 н	18 н	19 н	20 н
Площадь повреждения, %	26	26	27	22	66

Список литературы

1. Федотов С. Д. О методике определения коррозионного износа стальных конструкций / С. Д. Федотов, А. В. Улыбин, Н. Н. Шарбров // Инженерно-строительный журнал. – 2013. – № 1 (36). – С. 12–20.
2. Белобородова Т. Л. Передовые технологии изготовления деталей гнutoго профиля / Т. Л. Белобородова, О. М. Корягина // Всероссийский журнал научных публикаций. – 2013. – № 1 (16). – С. 16–18.
3. Черкасова Е. В. Эксплуатационная надежность коррозионной защиты в промышленно развитом регионе / Е. В. Черкасова, Н. А. Золотухина, И. П. Горюнова // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2017. – № 2 (120). – С. 140–144.
4. Деркач С. Г. Повреждаемость несущих металлических конструкций покрытий производственных зданий и сооружений / С. Г. Деркач, И. И. Федотенкова, А. И. Пашечко, В. А. Кравчук, В. М. Жоров, Е. А. Подлесняк, О. А. Рудых // Безопасность труда в промышленности. – 2015. – № 10. – С. 78–79.
5. Саденко Д. С. Виброметрические методы диагностики строительных конструкций / Д. С. Саденко, И. Н. Гарькин, Л. Р. Маилян, Л. С. Сабитов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2023. – Т. 15, № 3 (59). – С. 175–189.
6. Колобанов А. С. Об особенностях работ тонколистовых стальных конструкций в условиях агрессивных сред / А. С. Колобанов, Н. В. Тарасова, Д. С. Сорокина, Л. С. Сабитов, А. В. Гречишкин // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 7 (103). – С. 277–285.
7. Мирхасанов Р. Ф. Использование металлического каркаса как преобладание формы над содержанием в объемно-пространственной композиции / Р. Ф. Мирхасанов, Л. С. Сабитов, И. Н. Гарькин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2023. – № 1 (43). – С. 61–65.
8. Снегирева А. И. К вопросу обследования строительных конструкций, зданий и сооружений / А. И. Снегирева, В. Г. Мурашкин // Эксперт: теория и практика. – 2021. – № 6 (15). – С. 45–51.
9. Петрова И. Ю. Обзор процесса проведения обследований зданий и сооружений. Проблемы и пути их решения / И. Ю. Петрова, О. О. Мостовой // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал. – 2013. – № 1 (36). – С. 12–20.
10. Евсеев А. Е. Колебания систем с одной степенью свободы: графическое представление действительных и комплексных корней характеристических уравнений / А. Е. Евсеев, И. А. Евсеев, И. Н. Гарькин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2023. – № 1 (43). – С. 56–61.
11. Ведяков И. И. Обследование конструкций зданий и сооружений завода ОАО «Тагмет» / И. И. Ведяков, М. И. Гукова, М. И. Фарфель, Д. В. Кондрашов, С. Н. Яровой // Строительная механика и расчет сооружений. – 2013. – № 1 (246). – С. 58–64.
12. Кузин Н. Я. Оценка внешних факторов на несущую способность конструкций гражданских зданий / Н. Я. Кузин, С. Г. Багдоев // Региональная архитектура и строительство. – 2012. – № 2. – С. 79–82.
13. Чепурненко В. С. Совершенствование расчета гибких трубобетонных колонн с учетом обжатия в плоскостях сечений / В. С. Чепурненко, К. Н. Хашхожев, С. Б. Языев, А. А. Аваков // Строительные материалы и изделия. – 2021. – Т. 4, № 3. – С. 41–53.
14. Арискин М. В. Анализ причин падения башенного крана на основе построения модели в SCAD 11.5 / М. В. Арискин, И. Н. Гарькин // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 10-2. – С. 243–247.
15. Гарькин И. Н. Теоретические исследования составных неразрезных подкрановых балок / И. Н. Гарькин // Региональная архитектура и строительство. – 2018. – № 2 (35). – С. 100–104.

© А. С. Колобанов, Н. В. Тарасова, Л. С. Сабитов, И. Н. Гарькин, Д. С. Сорокина

Ссылка для цитирования:

Колобанов А. С., Тарасова Н. В., Сабитов Л. С., Гарькин И. Н., Сорокина Д. С. Об особенностях работы оцинкованных строительных конструкций в условиях агрессивных сред // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2024. № 2 (48). С. 15–18.

Таблица 2
Результаты количественной оценки интенсивности коррозионных повреждений образца № 2

Участок образца	1в	4в	2	5	3н	6н
Площадь повреждения, %	23	18	22	19	38	39

Таким образом, по результатам количественной оценки можно сделать вывод, что характер и интенсивность коррозионного разрушения коррелируют с положением элемента в пространстве. Наиболее подверженными разрушению участками образцов являются те, которые испытывают большее влияние гравитационной составляющей.