

## ЧАСТОТНОСТЬ ДЕФЕКТОВ И ПОВРЕЖДЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

**Д.А. Байбурин, Д.С. Тупицына**

*Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия*

Объект исследования – конструкции промышленных зданий. Целью исследования являлось исследование дефектов и повреждений основных конструкций промышленных зданий. Актуальность подтверждается большим количеством аварий в виде обрушения несущих конструкций производственных зданий. Приведен краткий обзор известных исследований проблемы. На большом массиве объектов изучена частотность повреждений основных видов конструкций промышленных зданий: железобетонные и стальные колонны, подкрановые балки и фермы, железобетонные плиты покрытия, панели стен. Выполнен анализ результатов с указанием причин повреждений. Определены частотности повреждений и дефектов по видам конструкций, значимости дефектов, а также по их причинам. Приведен анализ полученных зависимостей и сформулированы краткие выводы.

*Ключевые слова:* промышленные здания, эксплуатация зданий, строительные аварии, дефекты и повреждения, надежность и безопасность.

### Введение

По статистике около 40 % аварий зданий и сооружений связаны с промышленным строительством, а при эксплуатации старых производственных зданий аварийность достигает 35 %. Основными причинами аварий являются дефекты строительных работ, примененных материалов, нарушения правил эксплуатации, износ и повреждения конструкций.

К наиболее повторяемым авариям следует отнести обрушения покрытий производственных зданий. Анализ материалов по авариям покрытий показывает, что около 53 % всех обрушений происходит в результате перегрузки снегом и пылью и износных повреждений [1].

Результаты исследований дефектов и повреждений строительных конструкций содержатся в работах [2–11]. Этому вопросу посвящены исследования многих зарубежных ученых [12–15]. По данным К.И. Ерёмкина и С.А. Матвеюшкина [16, 17], доля аварий, связанных со стадией эксплуатации, возросла в последние годы с 11 до 35 %, что связано с износом основных фондов. Эта тенденция особенно очевидна для промышленных зданий, для которых характерны большие пролеты и тяжелые режимы эксплуатации, связанные с наличием грузоподъемного оборудования, агрессивных сред, динамических нагрузок и пр.

Причины дефектов и повреждений зданий промышленных предприятий, которые при возникновении опасных ситуаций приводят к авариям, распределяются следующим образом [16–18]: низкое качество строительных работ – 28 %; нарушение правил и режимов эксплуатации – 26 %; низкое качество материалов – 15 %; некачественное изго-

товление конструкций – 13 %; проектные ошибки – 10 %; недостатки норм проектирования, правил изготовления и монтажа конструкций – 8 %.

Если частотность повреждений стальных конструкций промзданий достаточно изучена [16, 19–22], то по железобетонным конструкциям данных мало. Настоящее исследование имело целью устранить этот недостаток.

### Методика исследований и обработки результатов

В исследованиях проанализирован 101 объект: одноэтажные промышленные здания металлургической, машиностроительной, энергетической отраслей, а также производства строительных материалов. Годы ввода в эксплуатацию цехов варьировались от 1902-го до 2016-го: 1902–1940-й – 10 объектов; 1941–1970-й – 61 объект; 1971–1990-й – 21 объект; 1991–2016-й – 9 объектов.

По конструктивной схеме исследованные цеха подразделялись на каркасные, стеновые и каркасно-стеновые. По конструктивному исполнению и примененным материалам: полный железобетонный каркас; полный металлокаркас; смешанный каркас (ж. б. и сталь); каменные стены с различными вариантами покрытия. Практически все обследованные цеха имели грузоподъемное оборудование в виде мостовых кранов и кран-балок грузоподъемностью от 2 до 280 тонн с различными режимами работы: от ремонтных до тяжелых (от 1К до 8К). Степень агрессивности среды исследованных производств определялась, главным образом, как неагрессивная либо слабоагрессивная, реже – средне- и сильноагрессивная.

В качестве однотипных групп обследованных конструкций выделялись: фундаменты, колонны, стены, подкрановые балки и фермы, подстропильные и стропильные фермы, фонари, плиты перекрытий и покрытий, связи по колоннам и покрытию. В материальном исполнении указанные конструкции подразделялись на стальные, каменные, железобетонные монолитные и сборные, деревянные.

Для анализа дефектов и повреждений была создана электронная база, в которой фиксировалась следующая информация: название объекта, тип здания; год ввода в эксплуатацию; характеристика грузоподъемного оборудования (ГП, режим работы); агрессивность цеховой среды; тип конструкции, материал конструкции; вид и величина повреждения/дефекта; частота в виде отношения поврежденных элементов к общему числу элементов в здании; локализация, краткое описание и причина повреждения/дефекта; значимость дефектов по категории А, Б и В [22]; запас прочности поврежденного элемента; категория технического состояния конструкции.

### Анализ дефектов и повреждений и их причин

Виды дефектов и повреждений железобетонных колонн, указанные в порядке возрастания их частоты, приведены на рис. 1. Самым частым повреждением колонн являются сколы бетона – около четверти всех повреждений (46,6 % колонн не имели повреждений). Величина сколов по глубине варьируется от 10 до 100 мм. Распределение сколов бетона по величине таково: 10–20 мм – 55,4 %; 21–40 мм – 29,7 %; 41–100 мм – 14,9 %. Сколы свыше 20–25 мм обычно сопровождаются оголением рабочей арматуры колонн.

На втором месте – замачивание различной степени интенсивности (12 %): слабое увлажнение – 5,3 %, увлажнение средней степени – 6,7 % и сильное замачивание – 0,03 %. Причиной увлажнения являются протечки через кровлю, внутренний водосток и стены.

На третьем месте – трещины (7,7 %) величиной от 0,1 до 4,0 мм. Трещины возникают в основном в процессе усадки бетона и размещены вдоль хомутов арматурных каркасов. Часть трещин силового характера связана с местным действием нагрузок на оголовки и консоли колонн. На четвертом месте – разрушение защитного слоя бетона (3,2 %) на глубину от 40 до 80 мм, которое происходит чаще всего от коррозии в результате замачивания бетона или от механических воздействий. Для обеспечения габаритного зазора безопасности при движении мостового крана в редких случаях вырубает защитный слой бетона в оголовках колонн.

Дефекты и повреждения стальных колонн, указанные в порядке возрастания их частоты, приведены на рис. 2. Как видим, 43,2 % обследованных стальных колонн не имели повреждений. Самым распространенным повреждением колонн является коррозия металла – 41,8 % колонн. Величина коррозии варьируется от 0,1 до 1,5 мм. Установлено распределение коррозии по величине: 0,1–0,5 мм – 85,6 %; св. 0,5 до 1,0 мм – 14,0 %; св. 1,0 до 1,5 мм – 0,4 %. Величина коррозии определялась по толщине продуктов коррозии.

На втором месте – местные погибы элементов (10,1 % колонн) от 10 до 45 мм от механических воздействий. Распределение погибов по величине: погибы 10–20 мм – 44,4 %, погибы св. 20 до 30 мм – 33,0 % и погибы св. 30 мм – 22,6 %.

На третьем месте – вырезы в полках и стенках элементов (1,64 % колонн) величиной от 40 до



Рис. 1. Частота различных видов повреждений железобетонных колонн



Рис. 2. Частота различных видов повреждений стальных колонн

400 мм. Распределение вырезов сечений по величине: вырезы от 40 до 150 мм – 57,8 %, вырезы св. 150 до 250 мм – 28,4 % и вырезы св. 250 мм – 13,8 %. Далее следуют вырезы элементов решетки (1,52 % колонн). Указанные повреждения связаны с нарушениями правил эксплуатации цехов. Помимо указанных повреждений наблюдаются трещины в сварных швах, расстройство креплений, болтовых и клепанных соединений [9, 22].

Дефекты и повреждения железобетонных подкрановых балок показаны на рис. 3. По результатам обследования 27,8 % подкрановых балок не имели повреждений. Самым частым повреждением балок, как и колонн, являются сколы бетона – 56,4 %. Величина сколов варьируется от 5 до 150 мм по глубине. Сколы свыше 40 мм приводят к оголению рабочей арматуры колонн. На втором месте – разрушение бетона защитного слоя – около 13 %. Причиной являются протечки через кровлю, внутренний водосток и стены. Далее следуют

трещины и несоосность монтажа смежных балок.

Дефекты и повреждения стальных подкрановых балок показаны на рис. 4. По результатам обследования треть подкрановых балок не имели повреждений. Самым распространенным повреждением стальных балок является коррозия металла – 25,7 %. Величина поверхностной коррозии варьируется от 0,05 до 1,0 мм. Установлено распределение коррозии по величине: 0,05–0,2 мм – 71,5 %; св. 0,2 до 0,5 мм – 16,2 %; св. 0,5 до 1,0 мм – 12,3 %.

На втором месте – расстройство элементов крепления балок (совместно с утратой и ослаблением болтов и заклепок) – около 19,6 %. Причиной являются динамические крановые нагрузки, недостатки техобслуживания и неквалифицированный ремонт.

На третьем месте – нарушения проектных или типовых решений при устройстве креплений балок (7,2 %). Далее следуют погибы полков и ребер

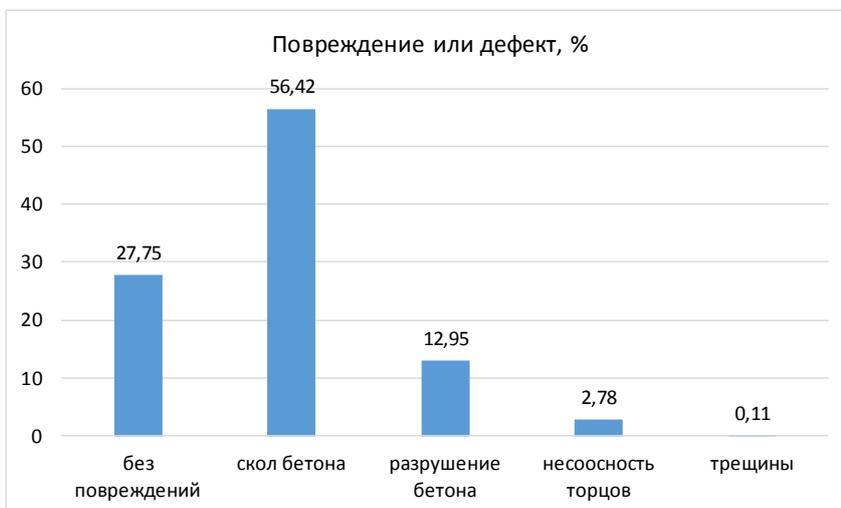


Рис. 3. Частота различных видов повреждений железобетонных подкрановых балок



Рис. 4. Частота различных видов повреждений стальных подкрановых балок

жесткости (4,3 %) величиной от 10 до 50 мм, отклонение от вертикали и износ антикоррозионного покрытия (по 3,1 %), скопление производственной пыли (1,6 %) и трещины в верхнем пояском шве (около 1,0 %).

Помимо исследованных повреждений, наблюдаются трещины в сварных швах крепления ребер жесткости, погнутоги стенки балки, расстройство креплений к колоннам и тормозному настилу, ослабление болтовых и клепанных соединений [9, 19, 22]. Расстройство элементов креплений к колоннам проявляется в виде: трещин и отрывов опорных фасоннок, гибких планок и диафрагм; больших зазоров упорных планок; отрывов или деформаций креплений к консоли. Повреждения тормозных конструкций: трещины и вырезы в тормозном настиле; деформации настила или элементов тормозной фермы; отрывы крепления к балке и колонне.

Частота различных видов повреждений желе-

зобетонных подстропильных и стропильных ферм показана на рис. 5.

По результатам обследования 55,2 % ферм не имели повреждений. Самым частым повреждением ферм, как и колонн, и подкрановых балок, являются сколы бетона – 22,3 %. Величина сколов варьируется от 5 до 40 мм. Сколы до 40 мм глубиной обычно не приводят к оголению арматуры ферм.

На втором месте – замачивание различной степени интенсивности – около 18,3 %. Причиной являются протечки через кровлю и внутренний водосток. Далее следуют трещины – 4,1 % – в основном усадочного характера.

Дефекты и повреждения стальных подстропильных и стропильных ферм, указанные в порядке возрастания их частоты, приведены на рис. 6.

Установлено, что лишь 18,6 % обследованных стальных ферм не имели повреждений. Половина всех обнаруженных повреждений ферм – это кор-

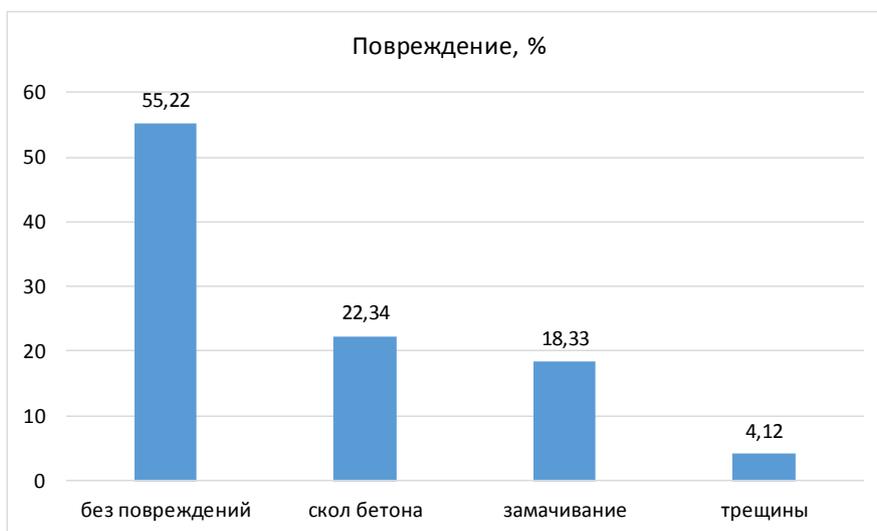


Рис. 5. Частота различных видов повреждений железобетонных ферм



Рис. 6. Частота различных видов повреждений стальных ферм

розия металла (49,2 % ферм). Величина поверхностной коррозии варьируется от 0,05 до 2,5 мм. Определено распределение коррозии по величине: 0,05–0,2 мм – 51,8 %; св. 0,2 до 1,0 мм – 47,6 %; св. 1,0 до 2,5 мм – 0,55 %. Причиной являются протечки кровли и внутренних водостоков.

На втором месте – местные погибы элементов (9,8 % ферм) от 10 до 60 мм. Погибы вызваны ударными воздействиями на фермы при монтаже или эксплуатации. Распределение погибов по величине: погибы 10–20 мм – 39,8 %, погибы св. 20 до 40 мм – 33,0 % и погибы св. 40 мм – 27,1 %. Далее по частоте наблюдений (6 % ферм) – это скопление пыли и окалины.

На четвертом месте – общий изгиб элементов (5,9 % ферм) величиной от 5 до 150 мм. Распределение повреждения по величине: изгибы от 5 до 40 мм – 45,2 %, изгибы св. 40 до 80 мм – 26,4 % и изгибы св. 80 мм – 28,4 %. Примерно такая же частота наблюдается для внеузловой передачи нагрузки (5,8 % ферм). Нарушения правил эксплуатации цехов в виде протечек кровли совместно с деформациями решеток ферм и повышенной нагрузкой на покрытие (снеговые мешки, скопления льда и пыли) часто приводят к авариям покрытий промзданий [1, 9, 22].

Кроме исследованных повреждений возможны трещины крепления решетки к фасонкам, трещины в фасонках, неплотное опирание опорной фасонки на опорный столик, ослабления болтовых креплений, задиры металла на стержнях [1, 9, 18]. Среди повреждений связей по покрытию отмечены: отсутствие элементов связей; общие и местные деформации распорок и растяжек; трещины в сварных швах креплений и расстройство болтовых соединений. Те же повреждения характерны и для вертикальных связей по колоннам, в которых чаще всего наблюдаются деформации и вырезы элементов крестовых и порталных связей.

Виды повреждений железобетонных плит покрытий и перекрытий, указанные в порядке возрастания их частоты, приведены на рис. 7. Установлено, что более половины повреждений плит (57,7 %) связаны с замачиванием и коррозией бетона в результате протечек кровли и водостоков. Слабое увлажнение получили 20,8 % плит, увлажнение средней степени – 71,5 % и сильное замачивание – 7,7 %. Около 34 % обследованных плит не имели видимых повреждений.

На третьем месте – оголение арматуры (2,1 % плит), далее – разрушение защитного слоя бетона (1,9 %), затем – коррозионные трещины величиной от 0,5 до 4,0 мм (1,4 % плит). Трещины возникают в основном в продольных ребрах по причине давления продуктов коррозии арматуры плит.

На шестом месте – трещины в полках ребристых плит (1,0 %). Далее идут сколы бетона. Величина сколов варьируется от 20 до 60 мм. Сколы бетона свыше 20–25 мм обычно сопровождаются оголением рабочей арматуры плит.

Виды дефектов и повреждений железобетонных стеновых панелей, указанные в порядке возрастания их частоты, приведены на рис. 8.

Лишь 8,1 % обследованных стеновых панелей не имели повреждений. Наиболее распространенным повреждением панелей является разрушение растворных швов на 10–20 мм в результате эрозии (41,1 % панелей). На втором месте – разрушение бетона от эрозии и механических воздействий (17,3 % панелей). Размеры разрушений – от 10 до 600 мм. Трещины в растворных швах шириной от 0,1 до 1,5 мм наблюдаются в 15,8 % панелей.

Отрыв креплений панелей (8,2 %) происходит чаще всего в результате нарушений проекта при монтаже панелей и/или от смещения закладных деталей в сборных изделиях (колоннах, панелях). Трещины в панелях величиной от 0,5 до 5,0 мм



Рис. 7. Частота различных видов повреждений железобетонных плит



Рис. 8. Частота различных видов повреждений железобетонных панелей стен

были обнаружены в 3,3 % обследованных панелей. Далее по частоте следуют: нарушения защиты парапета; сколы бетона и раковины; отклонения от вертикали (30–200 мм); снижение толщины защитного слоя; замачивание и пробоины размером от 50 до 450 мм.

Величина сколов, раковин и разрушений бетона варьируется от 10 до 600 мм. Распределение указанных повреждений по величине: 10–40 мм – 31,6%; св. 40 до 200 мм – 45,4%; св. 200 мм – 23,0%. Сколы и эрозия на глубину свыше 20–25 мм обычно сопровождаются оголением арматуры панелей.

Распределение повреждений по видам конструкций приведено на рис. 9.

Как и ожидалось, частота повреждений снижается в направлении «сверху вниз»: кровля, по-

крытие, фермы и т. д. Наибольшая частота – 27,1 % – наблюдается для конструкций стен ввиду их повреждений как от атмосферной эрозии, так и от протечек карнизной части кровли и частого увлажнения цоколя стен.

Подстропильные и стропильные фермы, кровля и плиты покрытия повреждены с частотой 12–14 %. Основная причина – протечки кровли. Далее следуют подкрановые балки, колонны и связи – 9–10 %.

Распределение дефектов и повреждений по степени их значимости приведено на рис. 10. Применены категории опасности дефектов и повреждений: «А» – опасные дефекты и повреждения; «Б» – дефекты неопасные, но могущие при развитии перейти в категорию «А»; «В» – незначительные дефекты и повреждения локального характера [23].



Рис. 9. Частотность повреждений по видам конструкций

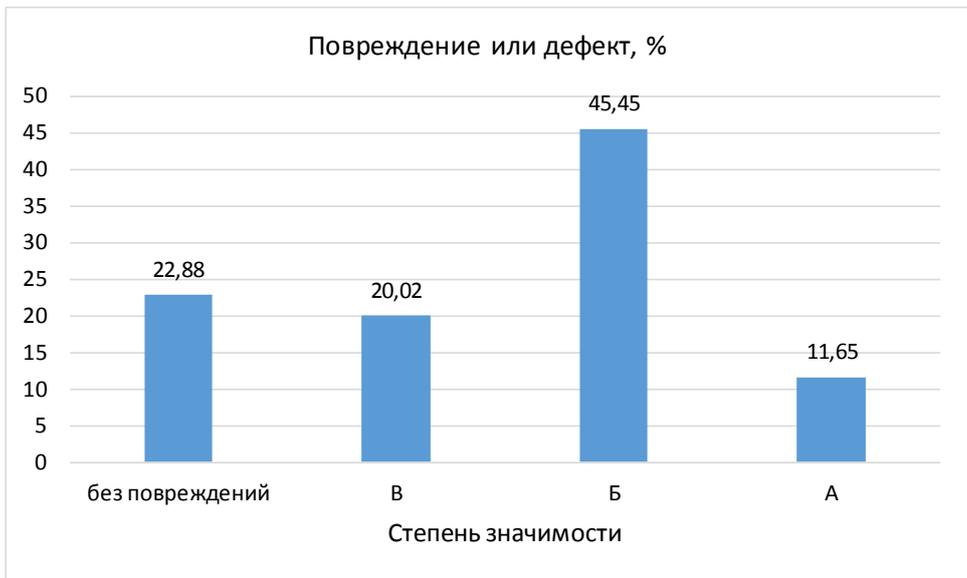


Рис. 10. Частотность повреждений и дефектов по степени их значимости

Подобная классификация дефектов приводится в ГОСТ 15467-79\* «Управление качеством продукции». Критический дефект – дефект, при наличии которого использование продукции по назначению практически невозможно или недопустимо. Значительный дефект – дефект, который, существенно влияет на использование продукции по назначению и (или) на ее долговечность, но не является критическим. Малозначительный дефект – дефект, который существенно не влияет на использование продукции по назначению и ее долговечность.

Распределение количества дефектов и повреждений по их причинам приведено на рис. 11. Выделено 10 основных причин повреждений конструкций.

Как следует из графика, около четверти всех повреждений происходят по причине протечек кровли и водостоков. Примерно 20 % повреждений связано с явлениями износа (размораживания, атмосферной деградации и т. д.), что характерно главным образом для наружных ограждающих конструкций. Коррозия в результате износа защитных покрытий является причиной около 15 % повреждений. Далее следуют причины в виде дефектов монтажа (13,2 %), ударных воздействий (9,0 %), работы грузоподъемного оборудования и технологических воздействий производства (7,0 %). От 2,1 до 3,4 % повреждений имеют своей причиной недостатки эксплуатации и ремонта, осадки оснований, отказы гидроизоляции с замачиванием или подсосом грунтовых вод, температурные воздействия и усадку материалов.



Рис. 11. Частотность повреждений и дефектов по их причинам

Повреждения категории «Б» связаны с развитием коррозии материала. Ввиду большой распространенности такого вида повреждения частотность его наибольшая. Повреждения локального характера типа местного погиба металлопроката могут быть в зависимости от соотношения размеров погиба и сечения проката как категории «В», так и «Б», реже «А». То же относится к увлажнению различной степени интенсивности: слабой степени – категория «В», средней – «Б», сильное замачивание – «А».

### Заключение

Наибольшая степень поврежденности наблюдается у конструкций, образующих оболочку здания: кровля и покрытие, наружные стены, а также конструкции, близко расположенные к оболочке. Частота повреждений снижается в направлении «сверху вниз»: кровля, покрытие, фермы, колонны и т. д.

Главными причинами повреждений являются протечки кровли и водостоков, износные явления (коррозия, увлажнение и размораживание, разрушение защитных покрытий и т. д.), а также воздействия технологии различных производств (крановые нагрузки, случайные удары, вырезы элементов, агрессивная среда и пр.).

Изученные частотности повреждений различных видов позволяют предприятиям разработать оптимальную стратегию плановых осмотров и ремонтов зданий при техническом обслуживании по фактическому состоянию.

### Литература

1. Особенности эксплуатации металлических конструкций промышленных зданий: моногр. / под ред. К.И. Еремина. – М.: МГСУ, 2012. – 248 с.
2. Байбурин, А.Х. Обеспечение качества и безопасности возводимых гражданских зданий:

научное издание / А.Х. Байбурин. – М.: Изд-во АСВ, 2015. – 336 с.

3. Алексеев, В.К. Дефекты несущих конструкций зданий и сооружений, способы их устранения / В.К. Алексеев, В.Т. Гроздов, В.А. Тарасов. – М.: Минобороны, 1982. – 176 с.

4. Анализ причин аварий и повреждений строительных конструкций / под ред. А.А. Шишкина. – М.: Стройиздат, 1973. – 287 с.

5. Бойко, М.Д. Диагностика повреждений и методы восстановления эксплуатационных качеств зданий / М.Д. Бойко. – М.: Стройиздат, 1975. – 334 с.

6. Вейц, Р.И. Производственные дефекты в жилищном строительстве и меры их предупреждения / Р.И. Вейц. – М.: Стройиздат, 1976. – 168 с.

7. Гроздов, В.Т. Дефекты строительных конструкций и их последствия / В.Т. Гроздов. – СПб.: Изд. дом кN+, 2001. – 141 с.

8. Добромыслов, А.Н. Диагностика поврежденных зданий и инженерных сооружений / А.Н. Добромыслов. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 304 с.

9. Атлас дефектов и повреждений эксплуатируемых строительных конструкций: учеб.-метод. пособие / К.И. Ерёмин, Ю.С. Кунин, С.А. Матвеевский, Е.Л. Алексеева. – Магнитогорск: ВЕЛД, 2010. – 162 с.

10. Ройтман, А.Г. Деформации и повреждения зданий / А.Г. Ройтман. – М.: Стройиздат, 1987. – 160 с.

11. Физдель, И.А. Дефекты в конструкциях и сооружениях и методы их устранения / И.А. Физдель. – М.: Стройиздат, 1987. – 336 с.

12. Альбрехт, Р. Дефекты и повреждения строительных конструкций / Р. Альбрехт; пер. с нем. Е.Ш. Фельдмана. – М.: Стройиздат, 1979. – 207 с.

13. Коллинз, Д.А. Повреждение материалов в конструкциях: Анализ, предсказание, предотвращение / Д.А. Коллинз; пер. с англ. А.М. Васильева. – М.: Мир, 1984. – 624 с.

14. Митцел, А. Аварии бетонных и каменных конструкций: пер. с пол. / А. Митцел, В. Страхурский, Я. Сувальский; – М.: Стройиздат, 1978. – 304 с.

15. Рибицки, Р. Повреждения и дефекты строительных конструкций / Р. Рибицки; пер. с нем. К.Ф. Плитта. – М.: Стройиздат, 1982. – 432 с.

16. Безопасность России. Безопасность строительного комплекса / рук. авторского кол-ва Н.А. Махутов, О.И. Лобов, К.И. Ерёмин. – М.: МГОФ «Знание», 2012. – 798 с.

17. Предотвращение аварий зданий и сооружений: сб. науч. тр. / под ред. К.И. Ерёмин. – М.: МДП, 2008. – Вып. 7. – 360 с.

18. Предотвращение аварий зданий и сооружений: сб. науч. тр. / под ред. К.И. Ерёмин. – М.: МДП, 2009. – Вып. 8. – 580 с.

19. Ерёмин, К.И. Предотвращение разрушений строительных металлических конструкций / К.И. Ерёмин. – Магнитогорск: МГТУ, 2004. – 236 с.

20. Перельмутер, А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций / А.В. Перельмутер. – М.: Изд-во АСВ, 2007. – 256 с.

21. Повышение долговечности металлических конструкций промышленных зданий / А.И. Кикин, А.А. Васильев, Б.Н. Кошутин и др. – М.: Стройиздат, 1984. – 303 с.

22. Предотвращение аварий зданий и сооружений: сб. науч. трудов / под ред. К.И. Ерёмин. – М.: МДП, 2010. – Вып. 9. – 704 с.

23. РД 22-01-97 Требования к проведению оценки безопасности эксплуатации производственных зданий и сооружений поднадзорных промышленных производств и объектов (обследование строительных конструкций специализированными организациями) / ЦНИИПроектстальконструкция. – М., 1997. – 23 с.

**Байбурин Денис Альбертович**, старший преподаватель кафедры «Строительное производство и теория сооружений», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), baiburinda@susu.ru.

**Тупицына Дарья Сергеевна**, аспирант кафедры «Строительное производство и теория сооружений», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), dwork74@yandex.ru

Поступила в редакцию 29 ноября 2021 г.

DOI: 10.14529/build220103

## FREQUENCY OF DEFECTS AND DAMAGE OF INDUSTRIAL BUILDINGS

**D.A. Baiburin**, baiburinda@susu.ru

**D.S. Tupitsyna**, dwork74@yandex.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The object of the research are the structures of industrial buildings. The goal of the research is to study defects and damage of the main structures of industrial buildings. The relevance is confirmed by a large number of accidents in the form of collapse of load-bearing structures of industrial buildings. A brief overview of the known research works on the problem is given. On a large array of objects, the frequency of damage to the main types of structures of industrial buildings, such as reinforced concrete and steel columns, crane beams and trusses, reinforced concrete coating plates and wall panels is studied. The analysis of the results indicating the causes of damage is conducted. Frequencies of damage and defects by the types of structures, the significance of defects, as well as by their causes are determined. The analysis of the obtained dependences is given, and brief conclusions are worded.

*Keywords: industrial buildings, building operation, construction accidents, defects and damage, reliability and safety.*

### References

1. Eremina K.I. *Osobennosti ekspluatatsii metallicheskih konstruksiy promyshlennykh zdaniy: monografiya* [Features of Operation of Metal Structures of Industrial Buildings: Monograph]. Moscow, MGSU Publ., 2012. 248 p.

2. Bayburin A.Kh. *Obespecheniye kachestva i bezopasnosti vozvodimyykh grazhdanskikh zdaniy: nauchnoye izdaniye* [Ensuring the Quality and Safety of Civil Buildings under Construction: Scientific Publication]. Moscow, ASV Publ., 2015. 336 p.

3. Alekseyev V.K., Grozdov V.T., Tarasov V.A. *Defekty nesushchikh konstruksiy zdaniy i sooruzheniy, sposoby ikh ustraneniya* [Defects of Load-bearing Structures of Buildings and Structures, Ways to Eliminate them]. Moscow, Minoborony Publ., 1982. 176 p.
4. Shishkina A.A. (Ed.) *Analiz prichin avariy i povrezhdeniy stroitel'nykh konstruksiy* [Analysis of the Causes of Accidents and Damage to Building Structures]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1973. 287 p.
5. Boyko M.D. *Diagnostika povrezhdeniy i metody vosstanovleniya ekspluatatsionnykh kachestv zdaniy* [Diagnostics of Damages and Methods of Restoration of Operational Qualities of Buildings]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1975. 334 p.
6. Veyts R.I. *Proizvodstvennyye defekty v zhilishchnom stroitel'stve i mery ikh preduprezhdeniya* [Manufacturing Defects in Housing Construction and Measures to Prevent them]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1976. 168 p.
7. Grozdov V.T. *Defekty stroitel'nykh konstruksiy i ikh posledstviya* [Defects of Building Structures and their Consequences]. St. Petersburg, Izd. dom kN+ Publ., 2001. 141 p.
8. Dobromyslov A.N. *Diagnostika povrezhdeniy zdaniy i inzhenernykh sooruzheniy* [Diagnostics of Damage to Buildings and Engineering Structures]. Moscow, ASV Publ., 2008. 304 p.
9. Eremin K.I., Kunin Yu.S., Matveyushkin S.A., Alekseyeva E.L. *Atlas defektov i povrezhdeniy ekspluati-ruyemykh stroitel'nykh konstruksiy: Uchebno-metodicheskoye posobiye* [Atlas of Defects and Damages of Exploited Building Structures: Educational and Methodical Manual]. Magnitogorsk, VELD Publ., 2010. 162 p.
10. Roytman A.G. *Deformatsii i povrezhdeniya zdaniy* [Deformations and Damage to Buildings]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1987. 160 p.
11. Fizdel' I.A. *Defekty v konstruksiyakh i sooruzheniyakh i metody ikh ustraneniya* [Defects in Structures and Buildings and Methods of their Elimination]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1987. 336 p.
12. Al'brekht R. *Defekty i povrezhdeniya stroitel'nykh konstruksiy* [Defects in Structures and Buildings and Methods of their Elimination]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1979. 207 p.
13. Kollinz D.A. *Povrezhdeniye materialov v konstruksiyakh: Analiz, predskazaniye, predotvrashcheniye* [Damage to Materials in Structures: Analysis, Prediction, Prevention]. Moscow, Mir Publ., 1984. 624 p.
14. Mittsel A., Strakhurskiy V., Suval'skiy Ya. *Avarii betonnykh i kamennykh konstruksiy* [Accidents of Concrete and Stone Structures]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1978. 304 p.
15. Ribitski R. *Povrezhdeniya i defekty stroitel'nykh konstruksiy* [Damages and Defects of Building Structures]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1982. 432 p.
16. N.A. Makhutov, O.I. Lobov, K.I. Erëmin. *Bezopasnost' Rossii. Bezopasnost' stroitel'nogo kompleksa* [Safety of Russia. Safety of the Construction Complex]. Moscow, MGOF Znaniye Publ., 2012. 798 p.
17. Eremina K.I. (Ed.) *Predotvrashcheniye avariy zdaniy i sooruzheniy* [Prevention of Accidents of Buildings and Structures]. Moscow, MDP Publ., 2008, iss. 7. 360 p.
18. Eremina K.I. (Ed.) *Predotvrashcheniye avariy zdaniy i sooruzheniy* [Prevention of Accidents of Buildings and Structures]. Moscow, MDP Publ., 2009, iss. 8. 580 p.
19. Eremin K.I. *Predotvrashcheniye razrusheniy stroitel'nykh metallicheskih konstruksiy* [Prevention of Destruction of Building Metal Structures]. Magnitogorsk, MGTU Publ., 2004. 236 p.
20. Perel'muter A.V. *Izbrannyye problemy nadezhnosti i bezopasnosti stroitel'nykh konstruksiy* [Selected Problems of Reliability and Safety of Building Structures]. Moscow, ASV Publ., 2007. 256 p.
21. Kikin A.I., Vasil'yev A.A., Koshchitin B.N. *Povysheniye dolgovechnosti metallicheskih konstruksiy promyshlennykh zdaniy* [Increasing the Durability of Metal Structures of Industrial Buildings]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1984. 303 p.
22. Eremina K.I. (Ed.) *Predotvrashcheniye avariy zdaniy i sooruzheniy* [Prevention of Accidents of Buildings and Structures]. Moscow, MDP Publ., 2010, iss. 9. 704 p.
23. *RD 22-01-97 Trebovaniya k provedeniyu otsenki bezopasnosti ekspluatatsii proizvodstvennykh zdaniy i sooruzheniy podnadzornykh promyshlennykh proizvodstv i ob'yektov (obsledovaniye stroitel'nykh konstruksiy spetsializirovannymi organizatsiyami). TsNIIProyektstal'konstruktsiya* [Guidance Document 22-01-97 Requirements for Assessing the Safety of Operation of Industrial Buildings and Structures of Supervised Industrial Production and Facilities]. Moscow, 1997. 23 p.

Received 29 November 2021

---

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Байбурин, Д.А. Частотность дефектов и поврежденный промышленных зданий / Д.А. Байбурин, Д.С. Тупицына // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2022. – Т. 22, № 1. – С. 23–32. DOI: 10.14529/build220103

### FOR CITATION

Baiburin D.A., Tupitsyna D.S. Frequency of Defects and Damage of Industrial Buildings. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2022, vol. 22, no. 1, pp. 23–32. (in Russ.). DOI: 10.14529/build220103