



УДК 69.07

DOI 10.25628/UNIIP.2024.61.2.010

КОГТЕВА Д. В., ЯМОВ А. В., ЯМОВ В. И.

Влияние заложенных дефектов на техническое состояние зданий и сооружений

**Когтева
Дарья
Викторовна**

магистр, инженер,
Институт строительства
и архитектуры, Уральский
федеральный университет
им. первого Президента
России Б. Н. Ельцина
(УрФУ), Екатеринбург,
Российская Федерация
e-mail: kdaryav@inbox.ru



**Ямов
Александр
Владимирович**

главный инженер, Ин-
ститут строительства
и архитектуры, Уральский
федеральный университет
им. первого Президента
России Б. Н. Ельцина
(УрФУ), Екатеринбург,
Российская Федерация
e-mail: a.v.iamov@urfu.ru



**Ямов
Владимир
Иванович**

кандидат технических наук,
доцент, Институт строи-
тельства и архитектуры,
Уральский федеральный
университет им. первого
Президента России
Б. Н. Ельцина (УрФУ),
Екатеринбург, Российская
Федерация
e-mail: v.i.iamov@urfu.ru

Представлено исследование и анализ текущего контроля качества строительно-монтажных работ по армированию конструкций. Предложены варианты решения и корректировки армирования. Дан пошаговый план анализа армирования специалистом строительного контроля на площадке, служащий дорожной картой при проведении приемки армирования строительных конструкций. Подчеркнута важность систематизирования различных дефектов, а также способов их устранения для минимизации временных ресурсов. Сделан вывод о необходимости анализа влияния заложенных дефектов на техническое состояние строительных конструкций.

Ключевые слова: строительный контроль, армирование, дефект, техническое обследование, строительство, несущие конструкции, техническое состояние конструкций.

*Kogteva D. V., Yamov A. V., Yamov V. I.
Impact of embedded defects on the technical condition of buildings and structures*

The article presents an analysis of the current quality control of construction and installation work on the reinforcement of structures. It proposes solutions and correction options for reinforcement. Additionally, it presents a step-by-step plan for reinforcement analysis by a construction control specialist at the site, which serves as a roadmap for the acceptance of reinforcement of building structures. The paper highlights the significance of systematising different defects and their elimination methods to reduce time resources. It concludes that analysing the impact of embedded defects on the technical condition of building structures is necessary.

Keywords: construction control, reinforcement, defect, technical support, construction, load-bearing structures, technical condition of structures.

Введение

Вопросы понимания строительных процессов и характеристик конструкций, равно как и обучения по этим темам, становятся все более актуальными, поскольку темпы строительства, использование материалов широкой номенклатуры и типов конструкций достигли высокого уровня. Безопасность зданий и сооружений, согласно ТЦ № 384-ФЗ-2010 [13], является первоочередной задачей при их проектировании и эксплуатации, но различные факторы могут со временем привести к ухудшению состояния конструкций. Возрастает необходимость учитывать дефекты конструкций, так как они могут негативно повлиять на прочность и устойчивость сооружений.

Обрушение зданий и сооружений может быть вызвано различными конструктивными дефектами, возникающими из-за нарушения целостности геометрии или материалов, использованных при их строительстве. Эти дефекты могут быть результатом неправильного

проектирования или возникать в процессе эксплуатации. Они негативно влияют на прочность и устойчивость зданий. Например, трещины в элементах здания могут снизить их несущую способность, что в конечном итоге может привести к обрушению сооружения.

Наличие дефектов сказывается на сокращении срока службы конструкций. Кроме того, из-за дефектов конструкций может быть нарушен внешний вид зданий и сооружений.

В строительной отрасли растет понимание затрат, связанных с устранением дефектов. Некачественное строительство не только увеличивает стоимость проекта, но и может привести к разрушению конструкции, требуя времени на переделку.

Ряд проведенных исследований

Целью исследования, проведенного В. Н. Пономаревым и В. И. Травушем с 2010 по 2014 г., был сбор статистических данных об аварийности зданий и сооружений. Особое внимание

в нем уделено особенностям эксплуатации зданий в начале XXI в. Среди наиболее распространенных косвенных факторов аварийности ими выявлено отсутствие полноценной проектно-графической документации, геологических и инженерных изысканий, расчетов.

Наблюдение за поврежденными сооружениями без принятия восстановительных мер может негативно сказаться на них. Со временем это может привести даже к полному чувству безопасности, что недопустимо [10].

Владельцы, эксплуатирующие здание, могут быть уверены в его безопасности, основываясь на предположении, что внушительный размер объекта обеспечивает его безопасность, особенно, если это предположение подкреплено отсутствием данных о старении здания, его физическом износе, дефектах, накапливаемых повреждениях, несоблюдением условий эксплуатации и других потенциальных проблемах. Возможны ошибки из-за недостаточной информированности участников проектирования и инженерных изысканий, в том числе из-за постоянного обновления и расширения научно-технических знаний. Поэтому крайне важны постоянное обучение и переподготовка строительных кадров.

Результаты данной работы могут быть использованы для предложения заинтересованным сторонам мер по исправлению ситуации или для разработки стратегий по снижению риска возникновения крупных дефектов в новых зданиях. Кроме того, исследование может послужить базой данных для дальнейшего анализа причин строительных дефектов с целью выявления других типов дефектов. В объемах массового строительства здания, как правило, проектируются и строятся с расчетом на срок службы около 100–50 лет (1–2 классы). Однако, если одни здания остаются без дефектов на протяжении десятилетий, то в других дефекты могут быть обнаружены сразу после завершения строительства, а именно при постановке технического обследования в первые год-два после ввода объекта в эксплуатацию, что и рекомендует ГОСТ 31937-2011 [3]. Игнорирование этой рекомендации может привести к быстрому ухудшению технического состояния здания при дальнейшей эксплуатации.

Влияние технического состояния здания

Оценка состояния здания — сложная задача из-за наличия в нем множества взаимозависимых компонентов и систем с многообразием взаимосвязей. Только понимая все факторы, можно точно определить и диагностировать влияние дефектов здания в ходе технического обследования [15]. Неверное определение источника проблемы может оставить дефекты необнаруженными и, следовательно, ведет к дальнейшему ухудшению состояния здания. Правильная диагностика позволяет своевременно выявлять и устранять мелкие дефекты, сокращая время и стоимость капитального ремонта.

Контроль армирования конструкций

Контроль арматуры по ГОСТ 10922-2012 осуществляется на этапах: подготовительном, при монтаже арматуры и приемке конструкции. Контроль при приемке арматуры включает проверку правильности расположения арматурных изделий, сечений арматуры в соответствии с проектной документацией, качества крепления арматуры, наличия защитного слоя бетона в соответствии с принятыми стандартами. Параметры армирования могут быть оценены путем визуального осмотра и измерений. Визуальный контроль — это метод определения контроля качества с помощью простых измерительных приборов и оценки конструкций и элементов, доступных к осмотру.

Основные требования к арматуре по ГОСТ 10922-2012 условно можно разделить на три группы: контроль защитного слоя бетона, контроль соответствия арматуры, контроль предельных отклонений арматурных изделий. По результатам приемочных работ прилагается акт освидетельствования скрытых работ, а результаты испытаний контрольных образцов оформляются протоколом.

Важным аспектом проверки арматуры на высоком уровне является производительность труда, подготовка рабочих и инспекционной комиссии, безупречное соблюдение строительных правил и норм, а также качество материалов [2]. Для более рационального контроля армирования плит перекрытий необходимо позаботиться о порядке приемки. В первую очередь, еще до выезда на объект, необходимо изучить ряд нормативных документов на производимые работы и типы конструкций. Основные из них — это СП 70.13330, СП 45.13330, технологические карты на различные виды работ.

Затем необходимо составить план приемки конструкции с контролем каждого типа стержней и элементов конструкции.

При приемочном контроле армирования плит перекрытий можно воспользоваться последовательным планом контроля, разработанным авторами данной статьи, согласно которому порядок контроля построен на принципе исследования объема работ и выявления несоответствий армирования конструкций от наиболее часто встречающихся ошибок при устройстве армирования к реже встречающимся:

- 1 Изучение комплекта по ранее согласованной захватке.
- 2 Нижнее усиление плит перекрытий (количество, диаметр, длина, шаг).
- 3 Верхнее усиление плит перекрытий в пролете (количество, диаметр, длина, шаг).
- 4 Зоны усиления в приопорных областях (количество, диаметр, длина, шаг).
- 5 Закладные детали (размеры, привязки, толщины элементов).
- 6 Фоновая арматура (перепуск, диаметр, шаг, контроль вязки проволокой).
- 7 Обрамление отверстий (количество, диаметр, длина, шаг).
- 8 Выпуски (количество, диаметр, шаг, длина); длина перепусков.
- 9 Торцевые элементы плит (количество, диаметр, шаг).
- 10 Фиксаторы для нижнего и верхнего слоя арматуры (контроль шага, диаметр).
- 11 Контроль армирования капителей (количество, форма, диаметр, шаг).
- 12 Контроль защитного слоя арматуры в капителях.
- 13 Контроль армирования балок (обжатие хомутов, диаметр, шаг, длина).
- 14 Гидрошпонки (наличие, проектное положение, качество швов).
- 15 Прогрев.
- 16 Расположение шва бетонирования (прочность конструкции с учетом его наличия, его расположение параллельно меньшей стороны плиты).

На основании данных из списка можно сформировать лист проверки армирования плиты перекрытия для передачи подрядчику на корректировку.

Грубые нарушения в технологии работ

Для минимизации ошибок при устройстве армирования несущих конструкций перед выездом на строительную площадку необходимо досконально подготовиться к приемке. На примере нескольких гражданских объектов рассмотрим причины и следствия отклонений от про-



Иллюстрация 1. Плохое качество устройства опалубочных работ капители. Нарушение целостности защитного слоя арматуры капители. Автор Д. В. Когтева



Иллюстрация 2. Рабочий шов бетонирования колонны и капители. Оголение рабочей арматуры колонны. Автор Д. В. Когтева

Таблица 1. Выявленные дефекты плит

| Выявленные несоответствия | № фото | Причина появления | Влияние на техническое состояние | Вариант корректировки |
|--|--------|--|--|---|
| Несоответствие привязок закладных деталей относительно плиты (расхождения превысили 200 мм) | 3 | Отсутствие контроля рабочими местоположения закладных деталей | Существенное влияние на передачу нагрузок от вышележащих конструкций | Своевременный контроль привязок, значительный контроль и фиксация закладных для предотвращения перемещений |
| Локальное уменьшение высоты сечения вследствие неровностей бетонной подготовки, служащей основанием для устраиваемой конструкции | 4 | Работа, выполненная до устройства армирования, — устройство бетонной подготовки выполнено с ненадлежащим качеством | Существенное влияние на положение закладных деталей по вертикали и корректность устройства каркаса как следствие влияния на передачу нагрузок с вышележащих конструкций | Устройство «подливки» сверху плиты для корректировки вертикальности каркаса, согласование с проектной организацией |
| Увеличение шага фоновой арматуры | 5 | Экономия арматуры | При рассмотрении нарушений локально не оказывает существенного влияния на техническое состояние, но при обнаружении данного типа дефекта в сечении более двух мест следует провести более тщательный анализ устройства армирования | Добавление стержня арматуры |
| Меньшая длина перепуска | 6 | Экономия арматуры | При рассмотрении нарушений локально не оказывает существенного влияния на техническое состояние, но при обнаружении данного типа дефекта в сечении более двух мест следует провести более тщательный анализ устройства армирования | Добавление стержня арматуры длиной, превышающей длину перепуска в 2–3 раза |
| Отсутствие защитного слоя арматуры | 7 | При контроле отметок труб раздела ВК неверное устройство песчаного основания | Существенное влияние на устройство сетей ВК, при выходе из строя трубы (протечка) жидкость будет попадать непосредственно на фоновую арматуру плиты на достаточно протяженном участке, что, в свою очередь, приведет к коррозии | Устройство фиксаторов вдоль трубы или ее изоляция |
| Нарушение целостности подготовленного основания | 8 | Некачественная подготовка песчаного основания, недостаточное уплотнение | Существенное влияние на техническое состояние при условии развития деформирования основания | Устранение возможно на этапе подготовки. После устройства армирования тщательное наблюдение за участком под приложенной нагрузкой от собственного веса устраиваемой конструкции |
| Устройство фиксаторов верхнего слоя из гладкой арматуры недостаточного диаметра | 9 | Недостаточная проработка технических решений на этапе разработки рабочей документации | Данный дефект может оказывать существенное влияние на техническое состояние конструкции, так как влечет за собой отклонения от проектного положения верхнего слоя арматуры, а также закладных деталей, располагающихся сверху | Своевременный анализ причин и следствий дефекта, увеличение диаметра арматуры на этапе изготовления фиксаторов при существенном прогибе деталей |
| Отсутствие подготовки основания поверхности под бетонирование | 10 | Некачественная подготовка основания | Существенное влияние на качество бетонирования, а соответственно, и на техническое состояние здания | Особое внимание при устройстве армирования, также и продувке конструкции перед бетонированием |

ектной документации, выявленные дефекты и их влияние на техническое состояние сооружения.

На Иллюстрации 1 изображено соединение несущих конструкций: колонны и капители. Плохое качество выполненных опалубочных и бетонных работ послужило причиной нарушения целостности защитного слоя арматуры капители. Такой дефект появился по совокупности причин: недостаточно провибрированная бетонная смесь, не соответствующая проекту подвижность бетонной смеси, некачественное устройство стыка при опалубочных работах, ненадлежащее качество устройства защитного слоя по капители.

На Иллюстрации 2 представлен рабочий шов бетонирования несущих конструкций: колонны и капители. Аналогичная проблема возникла при бетонировании.

При проверке качества арматурных работ выявлен ряд несоответствий армирования плит перекрытий. Данные дефекты, причины их появления, влияние на техническое состояние конструкции и здания в целом, а также возможность устранения были проанализированы и сведены в Таблицу 1.

Далее приведены результаты фотофиксации обнаруженных дефектов. Автор всех фотографий Д. В. Когтева (Иллюстрации 3–10).

В результате систематизации, анализа полученных данных, на основании опыта проведения контроля армирования плит перекрытий получен пошаговый план проведения приемочных работ, включающий в себя полный анализ выполненных работ и их соответствие рабочей документации, с учетом сложностей приемки густоармированных конструкций, который можно внедрять специалистам строительного контроля, а также технического надзора.

Фотоиллюстрации, представленные в статье, хорошо демонстрируют подходы подрядных организаций к выполнению работ и могут быть применены другими авторами в качестве материалов и ошибок, на которые стоит обращать внимание при приемке монолитных железобетонных конструкций.

Выявление физических и экологических дефектов, которые влияют на эксплуатационные характеристики здания, является результатом множества проведенных исследований. Их цель — определение вероятных причин дефектов зданий и помощь персоналу строительной инспекции в этом. Руководители объектов должны быть информированы



Иллюстрация 3. Некорректная привязка закладных деталей к торцу плиты



Иллюстрация 4. Плохо подготовленное основание плиты



Иллюстрация 5. Превышение проектного шага арматуры



Иллюстрация 6. Малая длина перепуска



Иллюстрация 7. Плохо подготовленное основание. Недостаточный защитный слой арматуры плиты



Иллюстрация 8. Плохо подготовленное основание



Иллюстрация 9. Смятие фиксаторов верхнего ряда армирования плиты



Иллюстрация 10. Плохо подготовленное основание

рованы о факторах, которые оказывают негативное влияние на состояние зданий, чтобы проводить профилактическое обслуживание и обеспечивать комфорт и здоровье жильцов. Физический износ здания снижает его способность выполнять свои функции, поэтому важно знать и предотвращать возможные причины дефектов.

Заключение

Существует несколько наиболее эффективных стратегий минимизации дефектов в строительном проекте — это улучшение качества работ, все стороны берут на себя ответственность, частые совещания по ходу работ, выбор качественных материалов, использование современных методов строительства, улучшение способности читать и понимать чертежи, соблюдение спецификаций, проведение надлежащих обследований и осмотров, улучшение контроля качества.

Ожидается, что благодаря лучшему пониманию типа, причин и стратегии минимизации дефектов в строительстве возможно лучше прогнозировать предстоящие строительные процессы. Данное исследование может способствовать более глубокому пониманию строительных дефектов, с которыми могут столкнуться подрядные и эксплуатирующие здания организации. В соответствии с поставленной целью это поможет повысить осведомленность подрядчиков в отношении управления и минимизации дефектов. Все это позволит застройщику вывести строительную отрасль на новый уровень управления строительными процессами и проектами.

В результате проведенных исследований удастся структурировать дефекты при приемке армирования плит перекрытий, а также разработку плана проверки армирования монолитных плит перекрытий.

Список использованной литературы

- [1] Анпилов С. М., Римшин В. И., Курбатов В. Л. Техническая экспертиза несущих строительных конструкций административного здания в рамках его переустройства // Эксперт: теория и практика. — 2022. — № 3 (18). — С. 28–33.
- [2] Вопилова А. А., Иванникова Н. А. Особенности контроля качества современных технологий армирования монолитных железобетонных конструкций // Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образования: материалы IV Нац. науч.-практ. конф., Астрахань, 8 февраля 2021 г. / под общ. ред. Т. В. Золиной. — Астрахань: Астрахан. ГАСУ, 2021. — С. 206–209.
- [3] ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Мониторинг технического состояния». — М.: Стандартинформ, 2013.
- [4] Гроздов В. Т. Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений. — СПб.: Изд. дом КН+, 2008. — 140 с.
- [5] Калугин А. В., Пермьяков В. Г., Грибанов Я. И., Быков А. А. Мониторинг технического состояния металлоконструкций покрытия спортивного комплекса // Вестн. ПНИПУ. Строительство и архитектура. — 2010. — № 1.
- [6] Леонович С. Н. Усовершенствованная система поперечного армирования монолитных железобетонных плит перекрытия // Вестн. Поволж. гос. технол. ун-та. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. — 2017. — № 2. — С. 73–86.
- [7] Маринченко Е. В., Селезнев М. Г. Влияние дефектов на количественные и качественные характеристики колебаний элементов строительных конструк-

ций // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. — 2005. — № 1. — С. 17–21.

- [8] Некрестьянов В. Н. Оценка разрушений зданий и сооружений с учетом дефектов строительства // Естественные и технические науки. — 2014. — № 4 (72). — С. 165–167. — EDN SGXCFP.
- [9] Никитин В. М., Шинкевич В. А., Платонов С. А., Селькин В. А. Руководство по контролю качества строительного-монтажных работ. — СПб.: Тип. «Правда», 2006. — 702 с.
- [10] Пономарев В. Н., Травуш В. И., Бондаренко В. М., Еремин К. И. О необходимости системного подхода к научным исследованиям в области комплексной безопасности и предотвращения аварий зданий и сооружений // Мониторинг. Наука и безопасность. — 2014. — № 1 (13). — С. 4–13. — EDN SAFVVT.
- [11] Раднаев Б. Б., Ткаченко Ю. Г. Усиление конструкций перекрытий от продавливания // Новые идеи нового века: материалы междунар. науч. конф. ФАД ТОГУ. — 2015. — Т. 3. — С. 296–301.
- [12] Ступишин Л. Ю. Оценка состояния несущих конструкций зданий и сооружений: ресурс несущей способности конструкций с дефектами // Промышленное и гражданское строительство. — 2017. — № 10. — С. 39–44. — EDN XDQTEU.
- [13] Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федер. закон № 384-ФЗ. — Введ. 2009-30-12. — М.: Инфра-М, 2010. — 40 с.
- [14] Шеин А. И. Некоторые причины отказа строительных конструкций // Интернет-журнал Наукосведение. — 2016. — Т. 8, № 6 (37). — С. 1–7. — URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/88TVN616.pdf> (дата обращения: 15.04.2024).
- [15] Ямов В. И. Техническая экспертиза зданий и сооружений / Мин-во образов. и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 208 с.
- [16] Efimov S., Bokarev S., Pribytkov S. Durability of operated reinforced concrete superstructures of railroad bridges // X International scientific and technical conference polytransport systems. Book series: MATEC Web of Conferences. — 2018. — Vol. 216.
- [17] Gjorv O. Durability of Concrete Structures // Science and Engineering. — 2011. — № 36 (2). — P. 151–172.
- [18] Mariscotti M. A. J., Thieberger P., Frigerio T. et al. Investigations with reinforced concrete tomography // 12th International Conference «Structural Faults & Repairs». — Edinburgh, 2008. — 83 p.
- [19] Murashkin G. V., Murashkin V. G. Durability of operating concrete and reinforced concrete structures // Computational Civil and Structural Engineering. — 2015. — Vol. 1, Iss. 2. — P. 154–159.
- [20] Sanjeev K. V., Sudhir S. B., Saleem A. Probabilistic Evaluation of Service Life for Reinforced Concrete Structures // Hindawi Publishing Corporation Chinese Journal of Engineering. — 2014. — 8 p.
- [21] Yasuhiro Mori, Bruce R. Ellingwood. Reliability Based Service-Life Assessment of Aging Concrete Structures // Structural Engineering. — 1993. — Vol. 119, Iss. 5. — P. 1600–1621.

References

- [1] Anpilov S. M., Rimshin V. I., Kurbatov V. L. Tekhnicheskaya ekspertiza nesushchih stroitel'nykh konstrukcij administrativnogo zdaniya v ramkah ego pereustroystva // Ekspert: teoriya i praktika. — 2022. — № 3 (18). — С. 28–33.

- [2] Vopilova A. A., Ivannikova N. A. Osobennosti kontrolya kachestva sovremennyh tekhnologij armirovaniya monolitnyh zhelezobetonnyh konstrukcij // Innovacionnoe razvitiye regionov: potencial nauki i sovremennogo obrazovaniya: materialy IV Nac. nauch.-prakt. konf., Astrahan', 8 fevralya 2021 g. / pod obsch. red. T. V. Zolinoj. — Astrahan': Astrahan. GASU, 2021. — S. 206–209.
- [3] GOST 31937–2011 «Zdaniya i sooruzheniya. Monitoring tekhnicheskogo sostoyaniya». — M.: Standartinform, 2013.
- [4] Grozdov V. T. Tekhnicheskoe obsledovanie stroitel'nyh konstrukcij zdaniy i sooruzhenij. — SPb.: Izd. dom KN+, 2008. — 140 s.
- [5] Kalugin A. V., Permyakov V. G., Gribanov Ya. I., Bykov A. A. Monitoring tekhnicheskogo sostoyaniya metallokonstrukcij pokrytiya sportivnogo kompleksa // Vestn. PNIPU. Stroitel'stvo i arhitektura. — 2010. — № 1.
- [6] Leonovich S. N. Uovershenstvovannaya sistema poperechnogo armirovaniya monolitnyh zhelezobetonnyh plit perekrytiya // Vestn. Povolzh. gos. tekhnol. un-ta. Seriya: Materialy. Konstrukcii. Tekhnologii. — 2017. — № 2. — S. 73–86.
- [7] Marinchenko E. V., Seleznev M. G. Vliyanie defektov na kolichestvennyye i kachestvennyye harakteristiki kolebanij elementov stroitel'nyh konstrukcij // Izv. vuzov. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Estestvennyye nauki. — 2005. — № 1. — S. 17–21.
- [8] Nekrest'yanov V. N. Ocenka razrushenij zdaniy i sooruzhenij s ucheto defektov stroitel'stva // Estestvennyye i tekhnicheskie nauki. — 2014. — № 4 (72). — S. 165–167. — EDN SGXCFP.
- [9] Nikitin V. M., Shinkevich V. A., Platonov S. A., Sel'kin V. A. Rukovodstvo po kontrolyu kachestva stroitel'no-montazhnyh rabot. — SPb.: Tip. «Pravda», 2006. — 702 s.
- [10] Ponomarev V. N., Travush V. I., Bondarenko V. M., Eremin K. I. O neobходимosti sistemnogo podhoda k nauchnym issledovaniyam v oblasti kompleksnoj bezopasnosti i predotvrashcheniya avarij zdaniy i sooruzhenij // Monitoring. Nauka i bezopasnost'. — 2014. — № 1 (13). — S. 4–13. — EDN SAFVVT.
- [11] Radnaev B. B., Tkachenko Yu. G. Usilenie konstrukcij perekrytij ot prodavlivaniya // Nove idey novogo veka: materialy mezhdunar. nauch. konf. FAD TOGU. — 2015. — T. 3. — S. 296–301.
- [12] Stupishin L. Yu. Ocenka sostoyaniya nesushchih konstrukcij zdaniy i sooruzhenij: resurs nesushchej sposobnosti konstrukcij s defektami // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. — 2017. — № 10. — S. 39–44. — EDN XDQTEU.
- [13] Tekhnicheskij reglament o bezopasnosti zdaniy i sooruzhenij: Feder. zakon № 384-FZ. — Vved. 2009-30-12. — M.: Infra-M, 2010. — 40 s.
- [14] Shein A. I. Nekotorye prichiny otkaza stroitel'nyh konstrukcij // Internet-zhurnal Naukovedenie. — 2016. — T. 8, № 6 (37). — S. 1–7. — URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/88TVN616.pdf> (data obrashcheniya: 15.04.2024).
- [15] Yamov V. I. Tekhnicheskaya ekspertiza zdaniy i sooruzhenij / Min-vo obrazov. i nauki Ros. Federacii, Ural. feder. un-t. — Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 2017. — 208 s.
- [16] Efimov S., Bokarev S., Pribytkov S. Durability of operated reinforced concrete superstructures of railroad bridges // X International scientific and technical conference polytransport systems. Book series: MATEC Web of Conferences. — 2018. — Vol. 216.
- [17] Gjorv O. Durability of Concrete Structures // Science and Engineering. — 2011. — № 36 (2). — P. 151–172.
- [18] Mariscotti M. A. J., Thieberger P., Frigerio T. et al. Investigations with reinforced concrete tomography // 12th International Conference «Structural Faults & Repairs». — Edinburgh, 2008. — 83 p.
- [19] Murashkin G. V., Murashkin V. G. Durability of operating concrete and reinforced concrete structures // Computational Civil and Structural Engineering. — 2015. — Vol. 1, Iss. 2. — P. 154–159.
- [20] Sanjeev K. V., Sudhir S. B., Saleem A. Probabilistic Evaluation of Service Life for Reinforced Concrete Structures // Hindawi Publishing Corporation Chinese Journal of Engineering. — 2014. — 8 p.
- [21] Yasuhiro Mori, Bruce R. Ellingwood. Reliability Based Service-Life Assessment of Aging Concrete Structures // Structural Engineering. — 1993. — Vol. 119, Iss. 5. — P. 1600–1621.

Статья поступила в редакцию 06.05.2024.

Опубликована 30.06.2024.

Kogteva Darya V.

Master, Department of Industrial and Civil Engineering, Engineer, Institute of Construction and Architecture, Ural Federal University (UrFU), Yekaterinburg, Russian Federation
e-mail: kdaryav@inbox.ru
ORCID ID: 0000-0002-9367-2441

Yamov Alexander V.

Chief Engineer, Institute of Construction and Architecture, Ural Federal University (UrFU), Yekaterinburg, Russian Federation
e-mail: a.v.yamov@urfu.ru
ORCID ID: 0000-0002-0087-9110

Yamov Vladimir I.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Institute of Construction and Architecture, Ural Federal University (UrFU), Yekaterinburg, Russian Federation
e-mail: v.i.yamov@urfu.ru