

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата технических наук, доцента Левитского Валерия Евгеньевича на диссертационную работу Андреева Ильи Федоровича на тему «Надежность железобетонных подкрановых балок при коррозии арматурных канатов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1 – Строительные конструкции, здания и сооружения

Актуальность темы исследования. В настоящее время имеется значительное количество эксплуатируемых промышленных зданий, в составе каркаса которых есть железобетонные подкрановые балки с коррозионными повреждениями канатной арматуры. Однако существующие методики ориентированы на оценку надежности стержневой арматуры и не учитывают специфику коррозионного повреждения многопроволочных канатов. Отсутствие методики, позволяющей оценить надёжность и остаточный ресурс эксплуатируемой подкрановой балки, исходя из уровня и пространственной конфигурации потери рабочего сечения арматурных канатов при различных возможных сценариях распространения коррозии, может привести к непрогнозируемому сроку эксплуатации и преждевременному достижению предельных состояний. Поэтому выбранная тема является актуальной; актуальность обоснована автором глубоко и убедительно.

Структура и содержание работы. Диссертация изложена на 164 страницах машинописного текста и построена по классической схеме. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, приложения со справкой о внедрении результатов.

В первой главе выполнен критический обзор отечественных и зарубежных исследований по коррозии арматуры, циклическому нагружению изгибаемых железобетонных элементов и теории надёжности строительных конструкций. На основании обзора автор обоснованно формулирует главный тезис: специфика многопроволочных канатов требует разработки самостоятельного вероятностного аппарата, отличного от моделей коррозии стержневой арматуры. Это служит логической основой для постановки задач исследования, решение которых содержится в последующих главах.

Вторая глава составляет фундаментальное теоретическое ядро диссертации. Автором последовательно построена двухфазная модель коррозии (инициация и распространение) на основе закона диффузии Фика; получены аналитические выражения для определения времени до начала коррозии и временной зависимости плотности тока коррозии с параметрами α и γ . Разработана модель распространения коррозии в семипроволочном канате с учётом нелинейного изменения площади поперечного сечения проволок во времени; получены аналитические зависимости для оценки потерь преднапряжения при десяти расчётных сценариях коррозионного поражения. На основе аппарата теории предельных состояний предложена методика расчёта индекса надёжности β при заданном сценарии коррозионного повреждения канатов. Установлено, что при коррозии пяти канатов несущая способность балки исчерпывается на 19-м году эксплуатации, а требуемый уровень надёжности перестаёт обеспечиваться уже к 5-му году. Полученные количественные зависимости указывают на необходимость обязательного мониторинга и превентивного усиления конструкций при выявлении коррозионных повреждений более трёх канатов в растянутой зоне.

Третья глава содержит результаты экспериментального исследования преднапряжённых железобетонных балок с ускоренно созданными коррозионными повреждениями канатов. Всего было испытано 6 балок, две из которых не имели коррозионных повреждений, а остальные были погружены в емкость для корродирования и подвергались действию электрического тока до момента достижения целевых уровней повреждения сечения каната (по два образца 20% и 30% соответственно). После того как к образцам было приложено 50 циклов нагружения, они были испытаны до разрушения. Представлены значения несущей способности и прогиба балок при двух уровнях нагружения, а также механические характеристики образцов корродированных канатов, аналогичных используемым в опытных балках. Подтверждено принципиальное отличие механизма разрушения корродированных канатов от поведения стержневой арматуры, состоящее в увеличении скорости коррозии при возрастании уровня повреждения, что объясняется перераспределением напряжений в оставшихся проволоках и ростом плотности тока на суженном сечении. Сравнение опытных значений

несущей способности балок с рассчитанной по нормативной методике для стержневой арматуры показало завышение расчетных результатов над фактическими не менее чем на 13,7%, что указывает на необходимость введения дополнительных понижающих коэффициентов для канатной арматуры.

В четвёртой главе разработана конечно-элементная модель опытной балки в программном комплексе ANSYS с применением модели бетона Menetrey-Willam, билинейной диаграммы деформирования арматуры с упрочнением, объёмных конечных элементов для бетона и дискретных стержневых элементов для армирования. Реализован двухэтапный расчёт: на первом этапе создавалось предварительное напряжение методом температурного нагружения арматуры, на втором прикладывалась внешняя нагрузка. Демпфирование задавалось по схеме Рэлея. Верификация модели показала соответствие с данными эксперимента на уровне 85,5–89,5%, что позволило провести экстраполяцию модели для прогноза поведения конструкций при уровне коррозии канатов до 60%. Кроме этого, было выполнено численное исследование полноразмерной подкрановой балки, показавшее изменение механизма разрушения с пластического на хрупкое вследствие значительного коррозионного повреждения и потерь предварительного напряжения арматурных канатов.

В заключении обобщены основные результаты и выводы диссертационного исследования, сформулированы перспективы дальнейшей работы.

Степень достоверности и обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, приведенных в диссертации, базируется на использовании проверенных предпосылок, корректном применении апробированных методов теории надёжности и теории железобетона, использовании поверенного испытательного оборудования и сертифицированного программного обеспечения, удовлетворительным соответствием теоретических, экспериментальных и численных результатов.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. К научной новизне работы относятся:

- вероятностная модель распространения коррозии в арматурных канатах, учитывающая специфику многопроволочной структуры канатов, локализацию и пространственную корреляцию повреждений, вызывающих уменьшение рабочего сечения и потери предварительного напряжения канатов;

- методика расчета надежности и остаточного ресурса предварительно напряженных железобетонных подкрановых балок, адаптированная для учета различных сценариев и уровней коррозионного повреждения арматурных канатов, нелинейно изменяющегося во времени.

Теоретическая значимость результатов исследований заключается во вкладе в развитие теории надежности железобетонных конструкций, подвергающихся воздействию агрессивных сред, состоящем в выявлении механизма и определяющей роли пространственной конфигурации коррозии арматурных канатов, а также в построении вероятностной модели распространения коррозионного повреждения проволок в арматурных канатах, учитывающей увеличение скорости коррозии вследствие перераспределения напряжений с поврежденных на соседние неповрежденные проволоки.

Практическая значимость результатов исследований заключается в создании методики расчета надежности эксплуатируемых предварительно напряженных железобетонных подкрановых балок при заданных сценариях развития коррозионных повреждений канатной арматуры. Предлагаемая методика может быть применена при поверочных расчетах обследуемых подкрановых балок, при формировании требований к периодичности технического мониторинга и при разработке мероприятий по усилению конструкций.

Соответствие работы установленным требованиям. Изучение диссертации и опубликованных работ по теме диссертации дает основания считать, что она отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г.: по п. 10 – диссертация написана

автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. Предложенные автором диссертации решения аргументированы и критически оценены по сравнению с другими известными решениями; по п. 11 – основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях (имеется 4 статьи в журналах, которые входят в перечень в рецензируемых научных изданиях, утвержденный ВАК РФ); по п. 14 – в диссертации соискатель ссылается на автора и(или) источник заимствования материалов и отдельных результатов.

Работа соответствует паспорту научной специальности 2.1.1 – Строительные конструкции, здания и сооружения, п. 3 – «Развитие теории и методов оценки напряжённого состояния, живучести, риска, надёжности, остаточного ресурса и сроков службы строительных конструкций, зданий и сооружений, в том числе при чрезвычайных ситуациях, особых и запроектных воздействиях, обоснование критериев приемлемого уровня безопасности».

По теме диссертации у автора имеется 7 научных публикаций. Работа докладывалась на международных конференциях и симпозиумах. Полученные автором диссертации научные результаты получили практическое внедрение и позволили более обоснованно оценить техническое состояние и остаточный ресурс обследуемых железобетонных подкрановых балок.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации. Структура и оформление диссертации и автореферата соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Замечания по работе

1. В начале второй главы следовало бы выделить отдельный параграф для описания физики процессов (то есть физической модели) коррозионного повреждения арматурных канатов, что позволило бы показать специфику совместного действия коррозии и силовой нагрузки, существенные отличия коррозии арматурного каната под постоянной и циклической нагрузкой, а также более полно объяснить физический смысл используемых автором

понятий, таких как локализация и пространственная корреляция коррозионных повреждений.

2. Действие циклической нагрузки неразрывно связано с накоплением повреждений, поэтому автору следовало бы показать, какие гипотезы теории накопления повреждений были привлечены для построения расчётного аппарата развития коррозионного повреждения и оценки остаточного ресурса исследуемых конструкций.

3. Следовало бы показать, для каких типов производственных сред характерны значения статистических параметров, используемых автором для вероятностных расчетов, поскольку в специфических условиях различных производств (металлургическое, химическое и др.) характер агрессивного воздействия может существенно отличаться.

4. В экспериментальной части работы следовало бы более детально обосновать принятые параметры циклического воздействия на опытные образцы, а полученные результаты исследования представить не только в числовом, но и графическом виде.

5. В разделе численного моделирования целесообразно было бы более детально показать, как заданный процент коррозионного повреждения в соответствии с разработанной автором методикой преобразуется в величину потерь предварительного напряжения, а так же сформулировать это в виде практических рекомендаций, которые были бы весьма полезны при оценке технического состояния подкрановых конструкций при обследовании.

Однако отмеченные замечания не снижают научную и практическую значимость результатов исследований и общую положительную оценку диссертационной работы.

Заключение. Диссертация Андреева Ильи Федоровича «Надежность железобетонных подкрановых балок при коррозии арматурных канатов» выполнена на актуальную тему, сформулированные в ней научные положения, выводы и рекомендации обладают достаточной степенью обоснованности, достоверности и новизны.

Представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи оценки надежности железобетонных

подкрановых балок с поврежденной коррозией канатной арматурой при учете возможных сценариев распространения коррозионного повреждения проволок в канатах, имеющей существенное значение для строительной отрасли.

Диссертация соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (п. 9, 10, 11, 14), а ее автор Андреев Илья Федорович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1 – Строительные конструкции, здания и сооружения.

Официальный оппонент

кандидат технических наук (научная специальность 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения),
доцент, доцент кафедры «Строительные конструкции, здания и сооружения»
федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Российский университет транспорта»



Левитский Валерий Евгеньевич

06.05.2026 г.

Адрес: 127994, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9,
Телефон: +7 (495) 274-02-74 доб. 3701
E-mail: levitsky.ve@edu.rut-miit.ru

Я, Левитский Валерий Евгеньевич, даю согласие на включение своих персональных данных, содержащихся в настоящем отзыве, в документы, связанные с защитой диссертации Андреева Ильи Федоровича, и их дальнейшую обработку.

ПОДПИСЬ
ЗАВЕРЯЮ
НАЧАЛЬНИК ОУ
И.В. ФЕДЯКИН



06.05.2026