

**Заключение диссертационного совета Д 212.223.03, созданного на базе  
Федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский  
государственный архитектурно-строительный университет»  
Министерства науки и высшего образования  
Российской Федерации, по диссертации  
на соискание ученой степени кандидата наук**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 17.06.2019 № 11

О присуждении Соловьеву Сергею Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методы расчетов надежности изгибаемых железобетонных элементов при ограниченной статистической информации» по специальности 05.23.17 – Строительная механика принята к защите 10 апреля 2019, (протокол заседания №6) диссертационным советом Д 212.223.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 190005 г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4, утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 2 ноября 2012 года № 714/нк., приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10.02.2014 года №55/нк., приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.03.2014 года №126/нк., приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 25.05.2016 года №590/нк., приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.12.2017 года №1246/нк., приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 30.01.2019 года №37/нк.

Соискатель Соловьев Сергей Александрович, 1992 года рождения. В 2015 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

«Вологодский государственный университет» по специальности «Промышленное и гражданское строительство». Работает в ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет» Министерства науки и высшего образования РФ на кафедре «Промышленное и гражданское строительство» в должности старшего преподавателя.

С 2015 г. соискатель обучается в очной аспирантуре ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет» Министерства науки и высшего образования РФ на кафедре «Промышленное и гражданское строительство» по направлению 08.06.01 – Техника и технологии строительства, профиль «Строительная механика».

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Вологодский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации на кафедре «Промышленное и гражданское строительство».

**Научный руководитель** – доктор технических наук, профессор Уткин Владимир Сергеевич, ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, кафедра «Промышленное и гражданское строительство», профессор.

**Официальные оппоненты:**

**Смоляго Геннадий Алексеевич**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, кафедра «Строительство и городское хозяйство», профессор;

**Уздин Александр Моисеевич**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» Федерального агентства железнодорожного транспорта, кафедра «Механика и прочность материалов и конструкций», профессор;

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в своем положительном заключении, подписанном д.т.н., профессором, зав. кафедрой «Механика» Сергеевичевым Владимиром Васильевичем и д.т.н., профессором, зав. кафедрой «Лесное машиностроение, сервис и ремонт» Мартыновым Борисом Григорьевичем и утвержденном проректором по научной работе, к.т.н., доцентом Гедьо Василием Михайловичем указала, что диссертация Соловьева С.А. соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства №842 от 24 сентября 2013 года, а Соловьев С.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 – Строительная механика.

Соискатель имеет 14 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 14 работ. 8 работ опубликовано в рецензируемых научных изданиях из Перечня ВАК, получено 2 патента на изобретения.

Научные статьи, опубликованные в ведущих научных рецензируемых изданиях, перечень которых размещен на официальном сайте ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации:

1. Уткин, В.С. Определение надежности и несущей способности элементов конструкций с использованием теории свидетельств Демпстера-Шефера / В.С. Уткин, **С.А. Соловьев** // Строительная механика и расчет сооружений. – 2015. – №5. – С. 38-45.

2. Уткин, В.С. Значение уровня среза (риска) при расчете надежности несущих элементов вероятностным методом / В.С. Уткин, **С.А. Соловьев**, А.А. Каберова // Строительная механика и расчет сооружений. – 2015. – №6. – С. 63-67.

3. Уткин, В.С. Расчет надежности железобетонной балки по критерию длины трещины / В.С. Уткин, **С.А. Соловьев** // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2016. – №5. – С. 24-33.

4. Уткин, В.С. Расчет надежности железобетонной балки на стадии

эксплуатации по критерию длины трещины в бетоне / В.С. Уткин, С.А. Соловьев // Вестник МГСУ. – 2016. – №1. – С. 68-79.

5. Уткин, В.С. Расчет надежности железобетонных балок по критерию прочности поперечной арматуры при образовании наклонных трещин / В.С. Уткин, С.А. Соловьев // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2017. – №5. – С. 34-42.

6. Уткин, В.С. Reliability analysis of existing reinforced concrete beams on normal crack length criterion / В.С. Уткин, С.А. Соловьев // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2017. – № 2. – С. 56-63.

7. Соловьев, С.А. Расчет надежности железобетонной балки по критерию прочности бетона на стадии эксплуатации / С.А. Соловьев // Справочник. Инженерный журнал. 2018. №3. С. 17-22.

8. Уткин В.С. Reliability analysis of reinforced concrete elements of with normal cracks (on RC beam example) / В.С. Уткин, С.А. Соловьев // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2018. – № 3. – С. 142-152.

Патенты:

9. Патент RU 2579545 C1 Российская Федерация: МПК G 01 N 3/32. Способ неразрушающего контроля несущей способности железобетонных однопролетных балок / Уткин В.С., Соловьев С.А., Каберова А.А.; заявитель и патентообладатель Вологодский государственный университет. - №2014152040/28; заявл. 22.12.2014; опубл. 10.04.2016. Бюл. №10.

10. Патент RU 2596694 C1 Российская Федерация: МПК G 01 B 7/00. Способ измерения длины трещины и скорости ее развития в изгибаемых и растянутых элементах конструкций / Уткин В.С., Соловьев С.А., Каберова А.А., Русанов В.В.; заявитель и патентообладатель Вологодский государственный университет. - №2015131233/28; заявл. 27.07.2015; опубл. 10.09.2016. Бюл. №25.

Публикации в других изданиях:

11. Уткин, В.С. Расчет надежности железобетонной балки при наличии

нормальной трещины в бетоне / В.С. Уткин, **С.А. Соловьев** // Долговечность, прочность и механика разрушения бетона, железобетона и других строительных материалов: сб. докладов XI Академических чтений РААСН – Международной научной конференции, СПбГАСУ. – 2016. – С. 90-95.

12. Уткин, В.С. Расчет надежности железобетонных балок по раскрытию трещин в бетоне при аварийных воздействиях / В.С. Уткин, **С.А. Соловьев** // Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия: сборник докладов Международной научной конференции. НИУ МГСУ. – 2016. – С. 472-477.

13. **Соловьев С.А.** Мониторинг надежности железобетонных балок по критерию прогиба / С.А Соловьев // Вузовская наука – региону: материалы XV Всероссийской научной конференции с международным участием. – 2017. – С. 48-50.

14. Уткин, В.С. Эксплуатационная безопасность железобетонных балок с неисправностями, выявленными при обследовании / В.С. Уткин, **С.А. Соловьев** // Сборник тезисов конференции «Обследование зданий и сооружений». 2017. С. 203-211.

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы:**

1. НИУ «Московский государственный строительный университет», кафедра «Технологии и организации строительного производства», к.т.н., доцент **Галаева Наталья Леонидовна**.

*Отзыв положительный, замечаний нет. Имеется пожелание:*

- Считаю целесообразным рассмотреть возможность разработки комбинированного метода расчета надежности, когда одни случайные величины описываются функциями распределения возможностей, а другие функциями доверия и правдоподобия из теории случайных множеств;

2. ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Академия строительства и архитектуры, зав. кафедрой «Автомобильные дороги и геодезическое сопровождение строительства», к.т.н., доцент, профессор РАЕ **Дормидонтова Татьяна Владимировна**.

*Отзыв положительный, имеется замечание:*

- В автореферате диссертации не представлены практические рекомендации по назначению параметра  $s$ , характеризующего меру «засорения» данных при расчетах надежности на основе положений теории случайных множеств;

3. АО «ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева», отдел «Статика и сейсмостойкость бетонных и железобетонных сооружений», д.т.н., ведущий научный сотрудник **Юделевич Александр Михайлович**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

- На стр. 7 автореферата присутствует, по-видимому, не совсем корректная фраза "В диссертационной работе разработан и запатентован способ определения остаточной несущей способности изгибаемых железобетонных элементов...", т.к. вопросы патентной защиты не являются предметом рассмотрения в диссертационной работе.

- Как известно, использование вероятностных методов для оценки безотказной работы конструкции обуславливается наличием достаточно полной статистической информации о базовых случайных величинах, входящих в математические модели предельных состояний, с целью установления законов распределения и параметров этих распределений. В условиях неполноты исходной информации особенно ярко проявляющейся, например, при исследовании надежности уникальных сооружений, эксплуатирующихся в различных природных условиях и не имеющих близких аналогов (таких, как например, гидротехнические сооружения), применение вероятностных методов может стать недостаточно обоснованным, или вовсе невозможным, в связи с чем в последнее время активно развиваются методы, позволяющие на основе применения теории интервальных средних, теории Демпстера-Шейфера, теории нечетких множеств, теории возможностей и т.д. получить интервальную (зачастую более грубую, но математически правомерную) оценку надежности. Однако следует отметить, что в представленной диссертационной работе рассматривается применение интервальных методов к оценке надежности строительных конструкций (железобетонных балок), являющихся массовыми изделиями, для которых обычно возможно получить необходимую

статистическую информацию для вероятностной (точечной) оценки надежности. В автореферате же нет четкого обоснования необходимости применения интервальных методов оценки надежности в условиях, когда не все возможности вероятностных методов уже использованы (таких например, как метод Байеса).

- Желательно пояснить, в чем заключается "новизна" способа измерения длины нормальной трещины в изгибаемой железобетонной балке (Глава 5)?

- На стр. 12 автореферата присутствует параметр  $a_t$ , однако нечеткая переменная  $T$  отсутствует в выражениях (13)÷(15).

Можно также отметить ряд опечаток и стилистических ошибок:

- На стр. 4 автореферата предложение "Цель исследования - ..." не согласовано, или в нем пропущены слова ("...при различной ограниченных...").

- На стр. 15 присутствует фраза "Сокращенно и символично (19), (20) можно записать в виде: ...". По-видимому, здесь имелось в виду все-таки не "символично", а "символьно", или "в символьной форме".

- Следующее в том же абзаце предложение, по-видимому, не согласовано.

- В следующем предложении "Следовательно,..." пропущено слово "теория".

- В следующем абзаце после слов "Расчет вероятности безотказной работы изгибаемого железобетонного..." пропущено слово "элемента".

4. ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», кафедра «Теория сооружений и техническая механика», зав. кафедрой, к.т.н. **Лампси Борис Борисович** и к.т.н., доцент **Хазов Павел Алексеевич**.

*Отзыв положительный, имеется замечание:*

- Хотелось бы видеть подтверждение результатов исследования в виде численного эксперимента с применением современных конечно-элементных программно-вычислительных комплексов;

5. ФГБОУ ВО "Томский государственный архитектурно-строительный университет", кафедра «Строительная механика», д.т.н., профессор **Моисеенко Ростислав Павлович**.

*Отзыв положительный, имеется замечание:*

- В формуле (9) автореферата не указано, какую величину «предельного допустимого напряжения стали арматуры» следует принимать в предлагаемой математической модели предельного состояния;

6. ФГБОУ ВО "Донской государственный технический университет", кафедра «Техническая механика», к.т.н., доцент **Кравченко Галина Михайловна**.

*Отзыв положительный, имеется замечание:*

- В автореферате отсутствует информация о предельном значении интервала надежности, при котором дальнейшая эксплуатация изгибаемого железобетонного элемента становится недопустимой;

7. ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", кафедра «Строительство уникальных зданий и сооружений», д.т.н., профессор **Ватин Николай Иванович**.

*Отзыв положительный, имеется замечание:*

- В формуле (10) модуль упругости стали арматуры  $E_s$  принят детерминированной величиной. Однако он определяется на стадии эксплуатации и, вследствие этого, обладает определенной изменчивостью. Возможно, следует также учитывать его изменчивость при расчетах надежности?;

8. ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Конструкции зданий и сооружений», д.т.н., профессор **Леденев Виктор Васильевич**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

- Рассматриваются железобетонные с линейным армированием или бетонные конструкции? Механизм трещинообразования у них разный;

- Рассматривается элемент как последовательная механическая система из независимых элементов (стр. 4); размеры элементов ограничены



трещинами без пластических шарниров? Или это в представлении Г. Шпете (1994)?;

- В работе приняты строгие математические подходы при постановке и решении задачи при нестрогих исходных данных; не возникает ли большая неопределенность в полученных результатах для несущих строительных конструкций?;

- В качестве предельного состояния приняты параметры нормальных трещин, их определить довольно сложно, особенно длину; кроме того, со временем растут размеры трещин, их плотность и расположение; т.е. в расчет вводится весьма приближенные величины; есть ли предложения по их конкретизации и снижению степени риска.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** их широкой известностью в данной области наук, компетентностью в вопросах теории расчетов элементов сооружений на остаточную несущую способность и надежность, наличием публикаций по тематике исследования, а также соответствием, предъявляемых к ним требований.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработаны** новые методы расчетов надежности изгибаемых железобетонных элементов, позволяющие рассчитать надежность элементов в условиях ограниченной статистической информации о контролируемых параметрах в расчетных математических моделях предельных состояний;

**предложены** новые нетрадиционные подходы к расчету надежности изгибаемых железобетонных элементов при неполной количественной и качественной статистической информации, а также новый подход к определению надежности изгибаемого железобетонного элемента как условной последовательной механической системы (в терминах теории

надежности) при отсутствии информации о зависимости / независимости элементов системы;

**доказана** перспективность использования новых идей по расчету надежности изгибаемых железобетонных элементов в науке и практике расчетов элементов сооружений на надежность;

**введены** новые понятия и представления о расчете надежности несущих элементов сооружений как условных последовательных механических систем в условиях ограниченной статистической информации.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказана** необходимость и возможность использования методов расчетов надежности несущих элементов сооружений на основе положений теории нечетких множеств и теории случайных множеств в условиях ограниченной статистической информации о контролируемых параметрах, что вносит вклад в расширение представлений об изучаемом явлении;

**применительно к проблематике диссертации результативно использованы** современные методы теоретических и экспериментальных исследований, актуальные нормативные документы, на основе математических моделей которых разрабатывались методы расчетов надежности, а также положения новых математических теорий: теории нечетких множеств, теории случайных множеств и т.д.

**изложены** основные положения по методам расчетов надежности изгибаемых железобетонных элементов на основе теории возможностей, теории нечетких множеств и теории случайных множеств;

**раскрыты** недостатки существующих вероятностно-статистических методов расчетов надежности несущих элементов сооружений в сравнении с предлагаемыми подходами;

**изучено** влияние параметров (уровня риска и коэффициента «засоренности» данных) на интервал значений, характеризующий надежность элемента при ограниченной статистической информации;

**проведена модернизация** существующих методик расчетов надежности изгибаемых железобетонных элементов на основе теории возможностей и теории нечетких множеств и проведено их обобщение в комплексный метод

расчета надежности изгибаемого железобетонного элемента как условной последовательной механической системы.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**разработаны и внедрены** в практическую деятельность методы расчетов надежности изгибаемых железобетонных элементов при ограниченной статистической информации о контролируемых параметрах и способы определения остаточной несущей способности изгибаемых железобетонных элементов;

**определены** перспективы практического использования результатов диссертационного исследования, которые обеспечивают внедрение разработанных методов расчетов надежности и способов определения несущей способности изгибаемых железобетонных элементов при обследовании и испытании элементов зданий и сооружений;

**создана** система алгоритмов и практических рекомендаций по расчету надежности изгибаемых железобетонных элементов при ограниченной статистической информации о контролируемых параметрах в математических моделях предельных состояний;

**представлены** предложения по дальнейшему совершенствованию теории расчета сооружений на надежность; отмечены актуальные научные проблемы в области теории расчета несущих элементов конструкций при ограниченной статистической информации о контролируемых параметрах в математических моделях предельных состояний и основные перспективы дальнейшего развития исследования.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ:** результаты получены на сертифицированном оборудовании, проведена соответствующая математическая обработка и анализ экспериментальных результатов исследования;

**теория** построена на известных, проверяемых данных, общепринятых зависимостях и положениях актуальных нормативных документов, а также

согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

**идея базируется** на анализе мировой и отечественной практик расчетов надежности несущих элементов конструкций (в т.ч. изгибаемых железобетонных элементов), обобщении передового опыта в вопросах расчетов надежности элементов и систем при ограниченной статистической информации о контролируемых параметрах в расчетных математических моделях предельных состояний;

**использованы** результаты ранее выполненных работ по рассматриваемой тематике, а также известные и применяемые на практике математические модели предельных состояний для расчетов надежности, входящие в нормативную документацию, научную и техническую литературу;

**установлено** качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

**использованы** современные методики сбора, анализа и обработки исходной информации.

**Личный вклад соискателя состоит в:** непосредственном участии в получении разработанных методов и алгоритмов расчетов надежности и способов определения остаточной несущей способности изгибаемых железобетонных элементов; личном участии в апробации результатов исследования; в разработке экспериментальных установок, проведении научных экспериментов и анализе результатов экспериментальных исследований.

Результаты, полученные соискателем, подтверждены справкой о внедрении в ООО «Вологодский центр комплексного проектирования и обследования» и апробированы на ряде научных конференций.

На заседании 17 июня 2019 года диссертационный совет Д 212.223.03 принял решение присудить Соловьеву С. А. ученую степень кандидата технических наук.

