

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента, доктора технических наук, профессора Смоляго Геннадия Алексеевича на диссертационную работу Соловьева Сергея Александровича на тему: «Методы расчетов надежности изгибаемых железобетонных элементов при ограниченной статистической информации» представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 – «Строительная механика»**

Представленная на отзыв диссертационная работа С.А.Соловьева состоит из введения, 5 глав, заключения, приложения и изложена на 181 странице машинописного текста, включая 53 рисунка и 3 таблицы и список использованной литературы из 142 наименований.

### **1. Актуальность исследования**

Проблема оценки уровня конструктивной безопасности строительных конструкций зданий и сооружений определяется длительным периодом их эксплуатации, приводящим к возможному изменению нагрузок, снижению их силового сопротивления вследствие коррозионных повреждений бетона и арматуры, их прочностных и деформативных параметров, возможной трансформации расчетных схем, повреждении стыков, связей и др.

Разработка, апробация и включение в нормативные документы комплексных инженерных методов расчетов по надежности изгибаемых железобетонных элементов, является актуальной научной задачей. Разработка и внедрение таких методов будет способствовать повышению конструктивной безопасности проектируемых и возводимых зданий и сооружений с обеспечением их надежной и безопасной эксплуатацией. Сложность исследований надежности строительных конструкций связана с проявлением многочисленных факторов, определяющих надежность.

В целом такие расчеты должны контролировать не только эксплуатационное состояние, но и деструктивные процессы, приводящие конструкции к выходу из строя. Располагая различной статистической информацией в математических моделях предельных состояний, можно обоснованно утверждать о надежности, вероятности безотказной работы в течении заданного срока службы и остаточном ресурсе конструкций.

В связи с этим представляется, что развитие теоретических положений расчета надежности изгибаемых железобетонных элементов зданий и сооружений, является несомненно актуальным.

## **2. Структура и объем работы**

Первая глава диссертации содержит обзор научных публикаций по сформулированной теме. Автором проведен анализ современного состояния исследования о развитии теории надежности и вероятностных методах расчета строительных конструкций, обобщены результаты исследований по рассматриваемой проблеме, существующие тенденции развития методов расчета надежности строительных конструкций на основе математических моделей и подходов к решению стохастических задач.

Вторая глава посвящена построению расчетных зависимостей по определению несущей способности изгибаемых железобетонных элементов по предельным состояниям с целью возможной оценки их безопасной эксплуатации и вероятности безотказной работы расчетами по надежности.

В третьей главе изложена методика расчета вероятности безотказной работы изгибаемых железобетонных элементов по предельным состояниям. Предложен алгоритм и методика расчета надежности изгибаемых железобетонных элементов с расчетом вероятности их безотказной работы на основе вероятностных методов при исчерпывающей статистической информации о параметрах элемента, с проведением необходимого количества испытаний для определения случайных параметров.

В четвертой главе приведен алгоритм и метод расчет надежности железобетонных изгибаемых элементов с учетом основных положений теории случайных множеств, численные исследования вероятности их безотказной работы.

В пятой главе приведены результаты экспериментальных исследований железобетонной балки с целью определения возможно допустимой нагрузки по жесткости и глубине нормальных трещин.

### **3. Степень обоснованности научных положений,**

#### **выводов и рекомендаций**

В рецензируемой работе представлены разработки базовых положений расчета несущей способности железобетонных изгибаемых элементов применительно к их расчету по предельным состояниям. Предельные относительные деформации сжатого бетона и продольной рабочей арматуры принимаются согласно нормативных рекомендаций. Напряжение в сжатом бетоне определяется как произведение относительной деформации рабочей продольной арматуры на ее модуль упругости. При разработке расчетного аппарата соискателем отмечается, что при определении несущей способности частично, в отличии от нормативного метода, учитывается работа бетона растянутой зоны, однако каким образом производится этот учет из представленной работы определить затруднительно.

В подходе к определению интервала предельной нагрузки при расчете изгибаемого железобетонного элемента по прогибам соискатель рассматривает вариант ограничения прогиба по принципу недопущения остаточных относительных деформаций в рабочей продольной арматуре, однако область таких ограничений можно распространять только на ограниченный круг строительных конструкций, включая подкрановые балки, при этом подробно методика расчета приведена для элементов в растянутой зоне которых не предусмотрено образование нормальных трещин.

Определение интервала предельной нагрузки при расчете ширины раскрытия и глубине трещин производят из условия ее ограничения предельно допустимыми величинами.

К достоинствам работы можно отнести рекомендацию соискателя по установлению значения уровня среза при расчете вероятности безотказной работы для ряда типовых элементов при использовании возможностного подхода к расчету надежности, с предварительным расчетом вероятности безотказной работы для элементов на основе вероятностных методов при исчерпывающей статистической информации.

Заслуживают внимания приведенные расчетные зависимости для расчета надежности и числовые примеры расчета надежности изгибаемых элементов по отдельным критериям предельных состояний. Для оценки влияния факторов на

техническое состояние конструкций, целесообразно применять многофакторный регрессионный анализ, позволяющий оценить значимость каждого фактора.

Соискатель при разработке метода расчета надежности железобетонных балок использует основные положения теории случайных множеств, при этом при ограниченном количестве статистических данных в подмножестве значений измеряемых величин, использует расширенные функции доверия и правдоподобия на основе использования обобщенной модели Дирихле.

#### **4. Новизна полученных научных положений, выводов и рекомендаций**

К научной новизне работы следует отнести:

- метод расчета надежности изгибаемых железобетонных элементов на основе теории возможностей;
- метод расчета надежности изгибаемых железобетонных элементов по теории случайных множеств при наличии статистических данных о случайной величине на основе расширенных функций доверия и правдоподобия, полученных на основе модели Дирихле;
- запатентованный способ установления глубины нормальной трещины в железобетонной балке.

#### **5. Практическая значимость результатов исследований**

Практическое значение результатов исследований заключается в разработке методов расчета надежности изгибаемых железобетонных элементов при ограниченной статистической информации.

#### **6. Достоверность результатов исследований**

Подтверждение достоверности и обоснованности положений и выводов является использование положений строительной механики, математических моделей, методов расчета надежности и вероятностей безотказной работы, базирующихся на теории вероятностей и статистики.

## **Замечания по диссертационной работе**

1. При определении предельной нагрузки по критериям работоспособности предельных состояний для изгибаемых железобетонных элементов не проведен анализ их остаточного ресурса.

2. Как правило при построении зависимостей «нагрузка-прогиб» практически всегда на диаграммах наблюдается излом и скачок вследствие образования трещин со снижением изгибной жесткости, влиянием ползучести бетона, а на рис. 2.6. диссертационной работы эти характерные особенности отсутствуют.

3. При определении предельной нагрузки по критерию прогиба расчетные зависимости по определению изгибной жесткости элемента приведены только для случая отсутствия в элементе нормальных трещин в растянутой зоне.

4. Экспериментальные исследования представлены только одним образом, что явно недостаточно для получения необходимого количества экспериментальных данных, что в том числе подтверждается линейной зависимостью прогиба от внешней нагрузки, характерной лишь для начальной стадии испытаний. При нагрузке близкой к нормативной в общем виде данная зависимость имеет нелинейный характер.

5. На основе числовых примеров расчета определена вероятность безотказной работы в интервальной форме по критериям предельных состояний. Наряду с вышеприведенными расчетами желательно было выполнить исследования влияния различных факторов на вероятность безотказной работы и привести рекомендации по ее повышению.

6. В работе имеют место некоторые неудачные термины и формулировки, такие как: «При использовании методов контроля, в частности методом отрыва со скальванием, определяют прочность бетона при сжатии, а не предельное напряжение в сжатом бетоне» (стр. 82). Зависимость представленная на рис. 3.7. «прогиб-омическое сопротивление» мало информативна и др.

## **Общая оценка диссертационной работы**

Сделанные замечания по работе не снижают положительной оценки проведенного диссертационного исследования.

По теме диссертации опубликовано 14 научных работ, в том числе 8 статей в профильных журналах рекомендованных ВАК РФ и 2 патента на изобретения.

**Содержание автореферата отражает материалы диссертации.**

На основании вышеизложенного следует отметить, что по объему, содержанию, элементам научной новизны и практической значимости результатов исследований диссертационная работа Соловьева С.А. соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Соловьев Сергей Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17- «Строительная механика».

**Официальный оппонент:**

доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры «Строительство и  
городское хозяйство» Федерального  
государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Белгородский государственный  
технологический университет им.

В.Г.Шухова»,  
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

Научная специальность 05.23.01 –  
«Строительные конструкции, здания и  
сооружения». Отрасль наук – технические.

Телефон +7 (910) 741-29-19



E-mail: tpk-psv@yandex.ru

Смоляго Геннадий Алексеевич

«17» мая 2019 г.

Подпись Г.А.Смоляго заверяю

Проректор по научной и инновационной

деятельности БГТУ ИМ. В.Г.Шухова

Доктор педагогических наук, профессор



Т.М.Давыденко