

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Виктора Васильевича Мальцева «Разработка и экспериментальная апробация численно-аналитических методов расчета железобетонных конструктивных элементов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

### **1. Актуальность темы диссертационного исследования**

Определение напряженно-деформированного состояния современных конструкций и машин постоянно связано с проблемой выбора метода исследования – аналитического, численного, экспериментального и т.д. В современных условиях особенно возрастает роль таких исследований, которые помогают повысить достоверность получаемой информации о работоспособности объекта контроля. Наиболее эффективным способом такого повышения, как справедливо отмечает автор, является совместное использование экспериментальных и численных методов. Данная работа продолжает цикл исследований, начатых много лет назад в Новосибирском государственном архитектурно-строительном университете под руководством профессора Адищева В.В.

Следует отметить, что особое место в прочностном эксперименте занимают исследования закономерностей деформации вблизи вершины трещины в образцах из различных конструкционных материалов. Катастрофическое, необратимое разрушение таких широко распространенных элементов происходит в течение долей секунды и сопровождается динамическими локальными изменениями формы. Применяемые в настоящее время методики оценки прочностных характеристик элементов конструкций со сложной структурой основаны на исследовании напряженно-деформированного состояния их отдельных, наиболее нагруженных точек, областей локализации. Поэтому работы, направленные на поиск новых методов мониторинга прочностных характеристик материалов, являются чрезвычайно актуальными.

## **2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

В диссертационной работе В.В. Мальцева осуществлено развитие расчетно-экспериментального метода исследования деформированного состояния железобетонных конструктивных элементов, связанного с созданием численно-аналитического алгоритма «сквозных» расчетов по определению реального деформированного состояния. При этом решены научно-технические задачи, среди которых следует отметить учет физической нелинейности материалов при определении прогибов железобетонных балок, определение зоны краевого эффекта при вытягивании армирующего элемента, а также исследование напряженно-деформированного состояния в балках с заранее организованными трещинами. Приведены результаты внедрения авторской методики на предприятиях ООО «Девали», ООО Астра-Проект, ООО «Арт-Проект», ООО ПСК «СИБКОНТРОРС».

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 110 наименований, 63 рисунков, 15 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель, задачи, научная новизна и практическая значимость диссертационной работы.

В первой главе дан сравнительный анализ различных способов аппроксимации диаграмм деформирования бетона. Постулируется, что сегодня не существуют методики, позволяющие проводить «сквозной» расчет железобетонных изделий от начала нагружения до полной потери несущей способности. Предлагается энергетический подход расчета сечения железобетонных элементов, при котором условия перехода от одной стадии к другой имеют в своей основе уравнения энергетического баланса, учитывающие дополнительную работу внешних сил.

Во второй главе автор разрабатывает численно-аналитические метод определения прогибов железобетонных балок с учетом физической нелинейности материалов и метод определения зоны краевого эффекта при вытягивании арма-

турного стержня, замоноличенного в матрицу. Установлено, что в процессе увеличения вытягивающего усилия, приложенного к армирующему элементу, по некоторому участку границ контакта происходит нарушение «жесткого» сцепления, при котором взаимодействие армирующего элемента и контактного слоя связующего материала на этом участке осуществляется за счет сил трения.

В третьей главе приведены результаты трех серий экспериментальных исследований. Использовались методы тензометрии и фотоупругости. В первой серии экспериментов определялась зона краевого эффекта при вытягивании армирующего элемента из матрицы связующего. Во второй серии – определялось напряженно-деформированное состояние в армированных балках из однородного ячеистого материала. В третьей – исследовалось напряженно-деформированное состояние в балках с заранее организованными трещинами. Сравнение теории и эксперимента показало, что предложенный численно-аналитический метод позволяет адекватно моделировать напряженно-деформированное состояние в армированных балках из однородного ячеистого материала, армированных полосами дюралюминия до момента образования трещины и в предельном состоянии предразрушения. Зафиксировано перемещение нейтральной линии к вершине трещины при увеличении нагрузки.

В четвертой главе анализируется сравнение численно-аналитических решений и экспериментальных данных с численными решениями в программном комплексе ANSYS. Максимальный разброс результатов численного моделирования по сравнению с экспериментальными данными составляют 20%. Выявлено, что на длину зоны краевого эффекта оказывает влияние плотность армирования, но не оказывает влияние количество трещин в балке.

### **3. Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций**

Научная новизна работы:

- определены информативные параметры численно-аналитического метода определения прогибов железобетонной балки с применением нелинейных диаграмм деформирования бетона, позволяющие проводить исследования до момента трещинообразования;

- выделены характерные стадии процессов предразрушения конструкционных материалов при нагружении армированных образцов с трещинами;
- разработан экспериментальный комплекс, реализующий предложенный способ, что позволило решить новый класс задач;

Достоверность научных результатов и выводов обеспечивается корректным использованием положений механики деформируемого тела, а также хорошим совпадением расчетных данных с результатами экспериментов, полученных различными авторами.

#### **4. Значимость результатов для науки и производства.**

Разработанные в диссертации В.В. Мальцева численно-аналитические методы позволяют реализовать концепцию алгоритма «сквозного» расчета железобетонных элементов. Теоретическая и практическая значимость выполненных разработок подтверждается поддержкой трех грантов РФФИ: проект № 13-08-00633 «Разработка и экспериментальная апробация методов оценки несущей способности и трещиностойкости железобетонных изгибаемых элементов», руководитель В.В. Адищев, 2013- 2015 гг.; проект № 16-08-00975 «Разработка методов оценки несущей способности и трещиностойкости железобетонных элементов конструкций с учетом высокой степени неопределенности свойств материалов», руководитель В.В. Адищев, 2016- 2018 гг.; проект № 18-31-00103 «Разработка математической модели деформирования бетона, как структурно-неоднородного материала», руководитель М.Н. Данилов, 2018-2019 гг. Практическая значимость результатов исследования подтверждается актами внедрения в следующих проектных организациях города Новосибирска: ООО «Девали», ООО «Астра-Проект», ООО «АРТ-Проект», ООО ПСК «СИБКОНТРОРС.

#### **5. Соответствие содержания диссертации заявленной специальности**

Диссертационная работа соответствует формуле паспорта специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела» (технические науки) и следующим пунктам областей исследования по этой специальности п. 2: «Теория моделей деформируемых тел с простой и сложной структурой». п. 8: «Математические модели и численные методы анализа применительно к

задачам, не допускающим прямого аналитического исследования». п. 9: «Экспериментальные методы исследования процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе объектов, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях».

#### **6. Соответствие автореферата содержанию диссертации**

Автореферат и 14 публикаций автора отражают принципиальные положения диссертации. Основные результаты исследований отражены в 9 научных работах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науке РФ для опубликования основных научных результатов диссертаций. Одна статья опубликована в журнале, входящем в международные реферативные базы данных и системы цитирования. Начиная с 2015 года, В.В. Мальцев активно участвует и выступает с докладами на научных конференциях и семинарах. Таким образом, научная и инженерная общественность имела возможность ознакомиться с результатами исследований.

#### **7. Замечания по диссертации**

1. На стр. 9, 26 диссертации (и ряде других) редакционные погрешности: «напряженно-деформируемое состояние» и «механики деформированного твердого тела»
2. На стр. 16 диссертации на рис. 1.2а отсутствуют точки 4,5,6, упоминаемые далее на стр. 17.
3. На стр. 23 диссертации на рис. 1.8 трудно понять принцип аппроксимации экспериментальных точек из-за их размытости.
4. На стр. 32 диссертации на рис. 2.1. неудачное сочетание оси  $y$  и отрезка  $x$ , параллельных друг другу. Аналогичные вопросы к формулам (2.1), (2.2).
5. На рис. 3.3б диссертации изохромы могли появиться из-за остаточных напряжений в фотоупругом материале, а не в исследуемом бетоне.
6. На рис. 3.5. приведены эпюры напряжений  $\sigma_y$ , но не объясняется – как расшифрованы поля изохром – изолинии разности главных напряжений..
7. На рис. 3.18, 3.19 не указаны оси  $x$ , на которые в тексте идут ссылки.

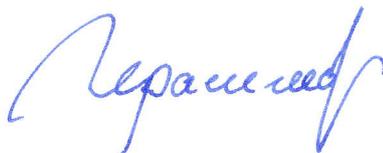
8. На рис. 4.9. указаны размеры (40 мм), противоречащие тексту (20 мм).
9. На рис. 4.6. разрыв в диаграмме продольной деформации для матрицы и стержня в точках 30- 60 мм означает нарушение сплошности образца и его непригодность для эксплуатации?

Сделанные замечания несколько снижают восприятие диссертации.

### 8. Заключение

Диссертационная работа Мальцева Виктора Васильевича «Разработка и экспериментальная апробация численно-аналитических методов расчета железобетонных конструктивных элементов» является законченной научно-квалификационной работой, получены важные результаты, имеющие существенное значение для совершенствования методов расчета железобетонных конструкций.

Диссертация Мальцева В.В. соответствует требованиям п.п. 9, 10, 11 и 14 Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней». Автор диссертационной работы Мальцев Виктор Васильевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 - «Механика деформируемого твердого тела».



Официальный оппонент  
Герасимов Сергей Иванович,  
заведующий кафедрой «Строительная механика»  
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения»  
доктор технических наук, профессор,  
тел/факс (383) 328-03-52  
E-mail [Gerasimov@stu.ru](mailto:Gerasimov@stu.ru)

630049, г. Новосибирск,  
ул. Дуси Ковальчук, 191  
СГУПС

Подлинность подписи Герасимова С.И. заверяю.  
Начальник отдела делопроизводства



Третьякова О.А.

7 октября 2019 г.

