

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Мальцева Виктора Васильевича

«Разработка и экспериментальная апробация численно-аналитических методов расчета железобетонных конструктивных элементов»,

представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела»

Диссертационная работа Мальцева В.В. посвящена разработке и экспериментальной апробации численно-аналитических методов расчета железобетонных конструктивных элементов с учетом физической нелинейности диаграмм деформирования бетона и арматуры, а также при наличии трещин. Диссертационная работа содержит 159 страниц текста, в том числе 63 рисунка, 15 таблиц и список литературы из 110 наименований, состоит из введения, 4 глав, заключения, 3 приложений.

Актуальность исследования. В настоящее время существующие нормативные документы, основанные на использовании целого спектра поправочных коэффициентов, не позволяют производить расчет железобетонных конструктивных элементов от начала нагружения до потери несущей способности. Это обусловлено тем, что используемый в нормативных документах метод предельных состояний не позволяет в явном виде использовать реальные диаграммы деформирования бетона и арматуры, а также не позволяет произвести физически адекватный переход из одного напряженно-деформированного состояния в другое. Поэтому актуальной является разработка численно-аналитических методов и алгоритмов расчета железобетонных конструктивных элементов от начала нагружения до потери несущей способности, основанных на использовании нелинейных диаграмм деформирования. Использование нелинейных диаграмм деформирования позволит существенно сократить количество рекомендуемых поправочных коэффициентов, что сделает расчет железобетонных элементов более обоснованным. Таким образом, диссертационная работа Мальцева В.В. посвящена решению **актуальной** задачи.

Степень разработанности темы, обоснованность научных положений выводов и рекомендаций. На основе выполненного критического анализа существующих аналитических и численных методов исследований проблемы по возможности проведения расчетов железобетонных элементов от начала нагружения до потери несущей способности в диссертации сделан вывод об отсутствии на данный момент таких методов и алгоритмов. Это обусловлено явно недостаточной степенью разработанности данного направления с точки зрения комплексного подхода, включающего в себя достижения, как теории сопротивления железобетона, так и механики деформируемого твердого тела. Для решения поставленной задачи соискателем реализована структурная схема исследования, включающая в себя следующие блоки: 1) разработка алгоритма численно-аналитического метода определения прогибов железобетонной балки с применением нелинейных диаграмм деформирования бетона и стали до момента трещинообразования с последующей апробацией с использованием физического эксперимента и расчета в ПК ANSYS; 2) разработка алгоритма численно-

аналитического метода определения зоны краевого эффекта арматурного стержня, внедренного в матрицу, при вытягивании с последующей апробацией с использованием физического эксперимента и расчета в ПК ANSYS; 3) экспериментальное исследование балок с заранее созданными трещинами с использованием поляризационно-оптического метода, а также их численная апробация. Научные положения и выводы достаточно обоснованы.

Новизна и достоверность полученных результатов. К новым научным результатам, полученным автором в диссертационной работе, относятся следующие:

1. Разработан алгоритм численно-аналитического метода определения прогибов железобетонной балки с применением нелинейных диаграмм деформирования бетона и стали до момента трещинообразования. Алгоритм программно реализован на конкретном примере расчета шарнирно опертой железобетонной балки с применением диаграмм деформирования стали и бетона, аппроксимированных сплайн-функциями, а также с аппроксимациями диаграмм деформирования бетона, рекомендованных нормативными документами. Результаты расчетов по разработанной программе согласуются с полученными экспериментальными данными, а также с результатами расчета в ПК ANSYS.

2. Проведены экспериментальные исследования с целью определения зоны краевого эффекта армирующего элемента при вытягивании из матрицы связующего с использованием поляризационно-оптического метода. Разработан и программно реализован алгоритм численно-аналитического метода определения зоны краевого эффекта арматурного стержня, внедренного в матрицу, при вытягивании. Результаты расчетов по разработанной программе согласуются с экспериментальными данными, а также с результатами численного расчета в ПК ANSYS.

3. Проведены экспериментальные исследования балок с заранее созданными трещинами с использованием поляризационно-оптического метода. Данные численного расчета подтвердили экспериментально полученный результат о независимости длины зоны краевого эффекта от прикладываемой нагрузки.

4. Предложен способ численного моделирования балки в окрестности трещины с помощью жесткого контакта, обеспечивающий возможность создания однотипной структурированной сетки по всей длине образца.

5. С использованием численного расчета в ПК ANSYS показано существование плоскости в продольном направлении балки с заранее созданными трещинами, в котором распределение продольных деформаций не зависит от изменения плотности армирования на всех участках по длине балки кроме области в окрестности трещин. Расхождение деформаций наблюдается слева и справа от крайней трещины на расстоянии соответствующем высоте поперечного сечения балки h для образцов с одной и тремя трещинами и $1,25 h$ для образца с пятью трещинами.

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

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций. Полученные научные результаты выполненных исследований направлены на разработку и экспериментальную апробацию численно-аналитических методов расчета железобетонных конструктивных элементов с учетом нелинейных диаграмм деформирования (стали и бетона). Разработанные автором численно-аналитические алгоритмы позволяют повысить адекватность расчетов железобетонных конструкций за счет уменьшения количества поправочных коэффициентов. Предложенные численно-аналитические методы могут быть использованы для создания и расчета «аналитических суперэлементов» в рамках модифицированного метода подструктур в конечно-элементных программных комплексах.

Теоретическая и практическая значимость выполненных разработок подтверждается поддержкой грантов РФФИ по тематикам, соответствующим теме диссертационного исследования.

Практическая значимость результатов исследования подтверждается актами внедрения в следующих проектных организациях города Новосибирска: ООО «Девали», ООО «Астра-Проект», ООО «АРТ-Проект», ООО ПСК «СИБКОНТРОРС».

Содержание и оформление диссертации. Основные результаты исследований отражены в 14 научных работах. В том числе 9 статей опубликованы в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, а также в 1 статье в журнале, индексируемом в информационно-аналитической системе научного цитирования Scopus. Основные результаты были достаточно апробированы на научных мероприятиях всероссийского и международного уровней.

Оформление диссертации и автореферата соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». Автореферат отражает содержание диссертации.

Соответствие паспорту научной специальности. Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела» (технические науки) и отвечает формуле специальности, как минимум, по следующим пунктам областей исследования:

Пункт 1 «Законы деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе природных, искусственных и вновь создаваемых».

Пункт 2 «Теория моделей деформируемых тел с простой и сложной структурой».

Пункт 4 «Механика композиционных и интеллектуальных материалов и конструкций».

Пункт 5 «Теория упругости, пластичности и ползучести».

Пункт 7 «Постановка и решение краевых задач для тел различной конфигурации и структуры при механических, электромагнитных, радиационных, тепловых и прочих воздействиях, в том числе применительно к объектам новой техники».

Пункт 8 «Математические модели и численные методы анализа применительно к задачам, не допускающим прямого аналитического исследования».

Пункт 9 «Экспериментальные методы исследования процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе объектов, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях».

По диссертации имеются замечания:

1. Автор вводит коэффициенты армирования сечения балки на стр. 36, при этом учитывается не вся высота сечения h , а лишь так называемая полезная высота сечения балки h_0 (при этом $h_0 < h$, рис 2.2). Это не совсем точно отражает понятие коэффициента армирования сечения балки.

2. Высказывания на стр. 44, 50: «большему коэффициенту армирования соответствует большее значение максимального прогиба» являются некорректными, так как величины максимальных прогибов на рис. 2.6 определены не только при различных коэффициентах армирования, но и при различных значениях внешней нагрузки (таблица 2.2). Кроме того, при описании рис. 2.2÷2.6 целесообразно указать, что зависимости на этих рисунках отвечают не только различным коэффициентам армирования, но получены при различных значениях внешней нагрузки, соответствующей образованию трещины.

3. Из текста диссертации следует, что каждый тип эксперимента проводился на одном образце, поэтому числовые сравнения (стр. 65, 69, 70, 79, 95, 96, 106, 107, 123) о соответствии экспериментальных результатов с расчетными является статистически не обоснованными. Кроме того, при расчетах изгибаемых железобетонных балок, как без трещин, так и с заранее созданными трещинами и при исследовании зоны краевого эффекта в случае вытягивания арматурного стержня, внедренного в матрицу, целесообразно, учитывать стохастическую природу ряда факторов, например, разброс значений механических характеристик элементов композиции, коэффициента армирования сечения и т.д.

4. Утверждение на стр. 79: «При совместном деформировании арматуры и бетона сдерживающее влияние арматуры проявляется в значительном увеличении предельных деформаций растяжения бетона, причем с увеличением плотности армирования увеличиваются предельные деформации». Данное утверждение является неверным, так как предельная деформация растяжения бетона (рис. 1.4 и 1.6) не зависит от того, что в бетон внедрено. Предельная деформация растяжения композита: железобетона, конечно, зависит от свойств арматуры и, естественно, возрастает с увеличением плотности армирования.

5. Необходимо отметить, что рис. 1.1 и рис. 1.9 качественно и количественно противоречат эталонной диаграмме деформирования бетона на рис. 1.6 (в частности, предельные напряжения для бетона при сжатии по абсолютной величине больше, чем при растяжении, а на рис. 1.1 и 1.9 имеем обратное).

6. В ряде случаев принимаются некоторые допущения и не указано из каких соображений: стр. 19, 20, 52, 77, 87, 92 (в частности, на стр. 19: «Для ниспадающих участков 1 – 2, 5 – 6 примем $m_2 = 2$, $m_5 = 2$ »). Недостаточно точно сформулированы некоторые фразы, например, на стр. 22: «Узлы интерполяции, необходимые для построения аппроксимирующих функций определяются экспериментально».

Диаграмма деформирования бетона определяется экспериментально, а на ней узлы интерполяции выбираются в соответствии с принятой методикой.

7. Следует отметить, что в диссертации продольная координата вдоль оси балки обозначена через «z» стр. 36. Однако, напряжения и деформации вдоль указанной оси обозначаются через σ_x , ϵ_{xx} (стр. 105, 107), что не согласуется с современными тензорными обозначениями в механике деформируемого твердого тела.

8. Имеются опечатки на стр. 9, 18, 64, 89, 103, 105, 109, 120, на рис. 2.1. продольная координата «z» (стр. 36) изображена неверно, при этом на данном рисунке не указано начало координат.

Отмеченные недостатки и замечания не снижают качество исследований, и не влияют на основные теоретические и практические результаты диссертационного исследования.

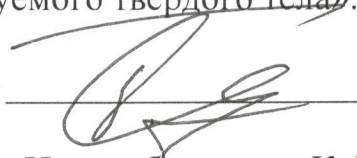
Закключение. Диссертационная работа Мальцева Виктора Васильевича «Разработка и экспериментальная апробация численно-аналитических методов расчета железобетонных конструктивных элементов» является законченным научным исследованием, полученные результаты могут быть использованы для совершенствования методов расчета железобетонных конструктивных элементов.

Диссертация Мальцева Виктора Васильевича соответствует требованиям пп. 9, 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. № 842) в части, касающейся ученой степени кандидата наук, а ее автор достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

Оппонент согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и дальнейшую их обработку.

Профессор кафедры инженерной математики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», д-р техн. наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

« 09 » 10 2019 г.



Резников Борис Самуилович

Российская Федерация, 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20.
Раб.тел.: +7 (383) 346-07-33, E-mail: reznikov@corp.nstu.ru



О. К. Пустовалова