

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию  
на соискание ученой степени кандидата технических наук

**Горностаевым Иваном Сергеевичем**

на тему:

**Расчетная модель деформирования железобетонных составных конструкций при  
наличии наклонных трещин**

Вопрос о поведении сечений и элементов конструкций, выполненных из бетонов с различными свойствами, в течение многих десятилетий вызывал и продолжает вызывать интерес специалистов в области железобетона. Пожалуй, пионерами в этой проблеме можно считать инженеров и ученых в области гидротехнического бетона и железобетона, которые по условиям создания крупногабаритных конструкций вынуждены расчленять их рабочими швами бетонирования на отдельные блоки разного возраста, с разными свойствами, с ослабленными зонами в швах и примыкающих к швам участков монолита.

В наименьшей мере вопрос взаимодействия «старого» и «нового» бетонов волнует специалистов, исследующих, проектирующих и возводящих сборно-монолитные перекрытия и другие конструкции, в частности, конструкции с несъемной железобетонной опалубкой. Учитывая сложность проблемы и множественность задач, возникающих при наличии сечений конструкций с разными свойствами, нельзя не согласиться с соискателем в том, что поведение таких составных стержней требует проведения теоретических и экспериментальных исследований значительной сложности.

Цель, которую поставил перед собой диссертант, можно было бы назвать неопределенной, если бы не сложность проблемы, в которой отсутствует единый ключ для ее разрешения. Поэтому, прежде чем отвергать или критиковать цель, а вместе с ней постановку задач исследования постараемся понять, чего хочет добиться автор?

Исследований наклонного сечения в мире сотни. Среди наиболее «точных» - трех и четырехблочные модели Ильина, Залесова и других. Они сложны, но с наибольшим приближением отражают взаимный поворот блоков относительно соседних. Однако раздробление сжатой зоны и вертикальный сдвиг требуют других подходов, что отражено в нормах в виде дополнительных проверок и ограничений. Поэтому в отечественных нормах принята простейшая двухблочная модель с проверками и ограничениями. В Еврокоде в ущерб точности используется ферменная аналогия – метод «тяжей и распорок», гарантирующий безопасность в этой проблемной зоне. Автор усложняет картину деформирования, вводя новые источники неоднородности – горизонтальный

рабочий шов и разные свойства смежных блоков. Это безусловно представляет теоретический интерес и содержит научную новизну. При этом остается вопрос, сколь практически важным является это исследование?

Первый раздел диссертации посвящен анализу железобетонных, сталежелезобетонных и других конструкций, в которых имеются конструктивно необходимые, технологические или швы другого происхождения. Автор полагает, что для расчета конструкций подобного рода необходима информация о деформационной картине в шве и по стыкуемым элементам, чего явно недостает в имеющихся методических материалах. Перечисляя большое количество конструктивных решений и систем, в которых необходимо учитывать роль неоднородности в стыковых соединениях, автор проявляет достаточно широкую эрудицию в понимании проектных и строительных задач, призванных обеспечить безопасность и нормальную эксплуатацию таких конструкций. Отметим, что в некоторых случаях этот анализ выходит за пределы объявленной в работе темы.

Дальнейший анализ в первой главе посвящен обзору опытов многих авторов, в которых описаны и исследованы особенности, специфические в основном для сборно-монолитного железобетона. В частности, это относится к последовательности образования трещин в сборной и монолитной частях такого сечения и необходимости учета такого явления при определении общей деформации и несущей способности конструкции. Анализ грамотный, есть незначительные проблемы с русским языком.

Третья часть этой главы описывает проблему построения расчетных моделей конструкций с составным сечением. Это весьма сложная проблема, как правило, решаемая в каждом конкретном случае по-своему. Т. е. так, чтобы в наибольшей степени реализовывалось соответствие взаимодействия конструкции и расчетной модели. Автор прослеживает историческое развитие методов таких расчетов и описывает современные возможности, основанные на диаграммах « $\sigma$ - $\epsilon$ » для бетона с учетом нисходящей ветви и нелинейной диаграммы для арматуры. Только в четвертой части главы речь пойдет о наклонных сечениях и проблемах расчета при совместном действии  $M$  и  $Q$ . Автор квалифицирует состояние этого вопроса весьма профессионально, и, собственно, здесь начинается оценка вопроса и формулирование конкретных задач для достижения поставленной цели. Описание работ Кани, Лоренсена, Митрофанова и последующих исследований наклонного сечения также соответствует достаточно высокому уровню аналитических способностей диссертанта.

Наконец, в конце главы автором сформулированы четыре задачи, решение которых обеспечивает достижение цели:

Кратко их можно сформулировать так:

1. Создать расчетную модель с наклонными трещинами с учетом сдвигов в контактном шве.
2. Экспериментально обосновать эту модель.
3. Проверить расчетный аппарат.
4. Разработать алгоритм расчета и провести численные исследования оценки влияния оценки влияния расчетных параметров на прогибы, расстояние между трещинами, их раскрытия при наличии наклонных трещин, сравнив их одновременно с результатами опытов.

Задачи последовательны, грамотно поставлены и достаточны для достижения цели.

Раздел 2 посвящен созданию расчетной модели деформирования железобетонной составной конструкции.

Вводится два «всеера» трещин с различным взаимодействием с арматурой: один в пределах арки, а другой – за ее границей. В составных конструкциях происходит не только смещение зон, но возникает плоскость продольного скольжения – горизонтальный сдвиг. Ввод характерных усилий и деформаций в каждой зоне позволяет formalизовать общую картину взаимодействия. Для установления контактного взаимодействия диссертант пользуется теорией А.Р. Ржаницына – задачей упругого контактного сдвига.

В дальнейшем результаты решения этой задачи использованы для получения системы осевых сжимающих (в бетоне) и растягивающих (в арматуре) сил.

Достаточно громоздкие преобразования позволяют автору получить интересное его выражение для определения ширины раскрытия трещины, а затем прогибов балки с учетом влияния сдвигов в контактных трещинах. Очевидно, что в процессе получения решения автор проявил способность к тщательному аналитическому анализу и настойчивость в получении решения. Выводы к этому разделу квалифицированно оценивают полученные результаты и перспективы их использования в расчетах конструкций.

Третий раздел диссертации описывает процедуры экспериментального исследования. Он производит самое благоприятное впечатление, так как цель и задачи, поставленные в эксперименте, вполне отвечают цели исследования и направлены на решение основной задачи – подтвердить или опровергнуть теоретически важный вопрос, каким образом наличие разнородных бетонов и контактных швов на их границах в зонах наклонных трещин, оказывает влияние на деформации и несущую способность изгибаемых элементов.

Образцы для опытов, их конструкция, серии для возможности обобщения результатов подобраны аккуратно и тщательно. Они соответствуют рекомендациям действующих стандартов, т.е. могут рассматриваться как модели реальных конструкций.

Вспомогательные образцы: кубы, бетонные и железобетонные призмы, также отвечают требованиям стандартов и могут служить источниками для получения величин нормативных и расчетных характеристик бетонов, применяемых в эксперименте. Вполне квалифицированной является оценка механических свойств арматуры.

Методическую сторону опытов отличает продуманность расстановки приборов для получения наиболее правдоподобного ответа на вопросы, связанные с характером развития деформаций в бетоне балки до и после образования трещин. Автор применяет оригинальные приемы подбора и расстановки тензорезисторов, чтобы получить ответы на нестандартные вопросы поведения конструкции из разнородного бетона. Обращает внимание использование розеток из тензорезисторов, которые в отличие от линейных групп способны фиксировать плоское напряженное состояние в меняющихся по мере увеличения нагрузок НДС. Также свидетельствуют о тщательности организации опытов комбинации тензорезисторов в растянутой зоне сечений балок, позволяющие фиксировать развитие взаимных деформаций растянутого бетона и арматуры.

Отмеченные и не прокомментированные элементы исследования в целом убеждают в том, что оно проведено тщательно и свидетельствует о серьезной подготовленности автора к опытным исследованиям. Об этом же свидетельствуют и результаты обработки опытных данных. Это в равной мере относится к непосредственной обработке результатов, так и к выводам о трансформации НДС балки по мере увеличения нагрузки и качественных изменений в напряженном состоянии при образовании развитии первого и последующих поколений трещин.

Четвертый раздел диссертации посвящен вычислительным процедурам для получения результатов решения уравнений раздела 2. Громоздкость этих уравнений не позволяет рассчитывать на легкое достижение численных результатов, необходимых для сравнения с опытными, а главное, для получения расчетных рекомендаций при проектировании составных конструкций. Поэтому предложение автора, реализованное в виде программно-вычислительных блоков, является вполне обоснованным и свидетельствующим об еще одной положительной черте диссертанта – способности к инженерному решению новых и весьма непростых задач.

Вероятно, это наиболее значимый и оригинальный раздел диссертации, в котором автору удалось получить обозримые результаты предложений по расчетам и сравнить их с опытными.

## Замечания.

1. На графиках прогибов следовало отразить влияние трещинообразования в приопорных зонах.
2. Имеются пассажи, например, абзац 2 на стр. 143, из которых невозможно понять, что имеет в виду автор в конечном счете.
3. В качестве эталонов для демонстрации выбраны не самые удачные примеры – короткие балки на упругом основании, которые непросты и в упругой однородной постановке, а в данном случае трудно представить достигаемые отличия.
4. Странно выглядит система «балка – основание» на рис. 4.2. Это, вероятно, модель фундаментной плиты, взаимодействующей со стеной в грунте. Наклонные трещины и очаг раздробления расположены в зонах, не характерных для такой системы нагрузок и опор. Вообще, рассмотрение такой системы, вероятно, имеет методический смысл. Однако для решения поставленной задачи оно только усложняет ситуацию, а не способствует приближению к окончательному решению.
5. В решении примера со стр.155 и далее даже не упоминается поперечная сила  $Q$ . Между тем результат решения – деформации и усилия в наклонном сечении. Как это достигается?
6. Пример оперирует зависимостями  $q - f$ , отражающими влияние поперечной силы и наличия (отсутствия) наклонных трещин. Отсутствие графического представления этих ситуаций затрудняет представление о том, что же все-таки происходит с системой.
7. В конечном счёте непонятно, что же все-таки создает в системе наличие разнородности материала и контактного шва, как это может быть отражено в практических расчетах.
8. Если первые три раздела последовательно излагают реализацию общей задачи – получить решение силовой и деформационной проблемы для балки с неоднородной структуры при наличии наклонных трещин, то 4-й раздел разрушает эту направленность.
9. Именно две декларированные особенности: наличие наклонной трещины и горизонтального контактного шва не получили в диссертации достаточного графического освещения. В результате, их негативная роль понятна, но не наглядна.

## Выводы:

Указанные замечания не снижают общий уровень и качество диссертации, она отвечает представлению о законченном исследовании в рамках научно-квалификационной работы.

Автореферат отражает необходимые сведения о цели работы и решенных для ее достижения задачах, о научной новизне и практическом значении работы. Результаты диссертации могут послужить основанием для разработки нормативных рекомендаций по проектированию сборно-монолитных железобетонных конструкций, а также железобетонных конструкций, в которых важную роль играют приопорные сечения, от работы которых зависят общие деформации и сопротивление по наклонным сечениям.

По нашему мнению, научное содержание диссертационной работы и практическая ценность полученных результатов позволяют сделать вывод, что данная работа отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Горностаев Иван Сергеевич заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 - «Строительные конструкции, здания и сооружения».

Профессор кафедры  
железобетонных конструкций МГСУ  
докт. техн. наук профессор

 Алмазов В.О.  
6 мая 2015

Данные об авторе отзыва.

Фамилия Алмазов Имя Владлен Отчество Ованесович

Должность профессор кафедры железобетонных конструкций

Уч. степень, звание доктор технических наук, профессор

Название организации (полное) ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

Адрес 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26

Телефон, факс (495) 605 01 34; 903 158 32 36

E-mail v\_almazov33@mail.ru



*Подпись Алмазова В.О. заверено*

Начальник отдела  
кадров  
де-попроизводства  
М.А. Орель