

## **ОТЗЫВ**

### **официального оппонента на диссертацию**

Обернихиной Яны Леонидовны

на тему: «Прочность и деформативность неразрезных железобетонных балок,

усиленных полимеркомпозиционными материалами под нагрузкой»,

по специальности 2.1.1. «Строительные конструкции, здания и сооружения»

на соискание ученой степени кандидата технических наук

- **Актуальность избранной темы.**

Диссертация Обернихиной Яны Леонидовны проблеме повышения прочности и деформативности неразрезных железобетонных балок, усиленных полимеркомпозиционными материалами (углепластиком) под нагрузкой. Автором проведены теоретические и экспериментальные исследования, разработаны методики расчета и программное обеспечение для оценки напряженно-деформированного состояния таких конструкций.

- **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, базируется на использовании фундаментальных положений, аналитических, численных и машинно-обучающих методов строительной механики и теории железобетона. Результаты сравнения расчетных и экспериментальных данных позволяют сделать вывод о том, что разработанные аналитические методы расчета обладают достаточной для практики точностью и позволяют получать достоверные результаты.

- **Достоверность и новизна полученных результатов**

Достоверность результатов диссертационного исследования обеспечивается применением сертифицированного экспериментального

оборудования при проведении натурных испытаний, использованием известных общепринятых положений строительной механики и теории железобетона, а также удовлетворительной сходимостью экспериментальных данных с численными.

Научная новизна диссертации состоит в следующем:

– Предложена методика и алгоритмы статического расчета неразрезных двухпролетных балок переменной жесткости с описанием изогнутой оси балки кубическим сплайном и использованием метода заданных деформаций, программа для расчета на ЭВМ;

– Сформулирована методика и алгоритмы расчета прочности и деформативности неразрезных железобетонных балок, усиленных под нагрузкой на различных стадиях работы полимеркомпозиционными материалами с учетом физической нелинейности материалов, позволяющая оценивать работу балок на всех стадиях, включая критическую;

– Получены экспериментальные данные о прочности нормальных сечений, деформативности, и перераспределении усилий в неразрезных железобетонных балках, внешне армированных углепластиком при различных уровнях внешней нагрузки.

• **Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов**

состоит в развитии комплексного подхода учета влияния уровня нагрузки усиления при расчете прочности нормальных сечений, деформативности и характера перераспределения усилий неразрезных железобетонных балок, внешне армированных углепластиком с использованием реальных диаграмм деформирования бетона, стальной арматуры и углепластика. Результаты проведенных экспериментальных исследований выявили характерные особенности перераспределения усилий в неразрезных железобетонных балках и их влияние на изменение несущей способности.

Практическая значимость исследования заключается в возможности применения предложенных методов и результатов экспериментальных исследований в проектировании статически неопределимых железобетонных балок. Это включает разработку практических рекомендаций по расчету изгибаемых элементов с учетом перераспределения внутренних усилий. Результаты работы реализованы в виде расчетной программы, позволяющей учитывать уровень нагружения сечений перед усилением на прочность, жесткость и перераспределения внутренних усилий в двухпролетных балках.

- **Оценка содержания диссертации, её завершенность**

*Во введении* обосновывается актуальность выбранной темы диссертации, формулируются цель и задачи исследования, определяются объект и предмет исследования, а также перечисляются основные научные результаты и положения, выносимые диссертантом на защиту, приводятся сведения об апробации и публикациях по результатам диссертационной работы.

*В первой главе* приведен анализ применения полимеркомпозиционных материалов при усилении изгибаемых железобетонных элементов, а также представлены основные свойства материалов системы усиления. Проведен анализ основных методик расчета нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов, внешне армированных полимеркомпозиционными материалами, в том числе и под нагрузкой. Рассмотрены их этапы развития, предпосылки, достоинства и недостатки.

*Во второй главе диссертации* приведена методика расчета прочности нормальных сечений и деформативности неразрезных железобетонных балок, усиленных полимеркомпозиционными материалами под нагрузкой, разработанная на основе нелинейной деформационной модели железобетона с использованием реальных диаграмм деформирования материалов. Предложено в качестве

нагрузочного параметра использовать кривизну на средней опоре неразрезной балки, а решение уравнения изогнутой оси осуществлять относительно величины нагрузки. Это позволит исключить погрешности расчетов при классической постановке задачи, когда в качестве нагрузочного параметра выступает внешняя нагрузка, а так же позволит корректно учесть ниспадающую ветвь графиков зависимости несущей способности от деформаций.

Разработана методика учета трещин При определении напряженно-деформированного состояния нормального сечения по заданному значению кривизны.

Статический расчет неразрезных железобетонных балок, усиленных полимеркомпозиционными материалами под нагрузкой, предложено выполнять методом заданных деформаций в сочетании с аппроксимацией изогнутой оси балки кубическим сплайном. В качестве нагрузочного параметра в неразрезных балках, при котором определяется величина внешней нагрузки, принимается кривизна на первой промежуточной опоре.

На основе предложенной автором методики был разработан алгоритм и написана программа расчета для ЭВМ «BALWW\_1.01», позволяющая выполнять расчет неразрезных балок, в том числе внешне армированных полимеркомпозиционными материалами, с учетом физической нелинейности бетона, используя реальные диаграммы деформирования материалов. На программу получены свидетельства о государственной регистрации

*В третьей главе диссертации* представлена цель и сформулированы задачи экспериментальных исследований, на основе которых были разработаны программа и методика проведения испытания экспериментальных образцов. Приведены основные результаты, их анализ и выводы по главе.

Представлены результаты испытаний контрольных образцов материалов, использованных при изготовлении и усилении балок.

Представлены результаты испытаний 15 образцов балок, по 3 в каждой серии, в том числе контрольные не усиленные балки, балки с усиленными пролетными сечениями, усиление которых выполнялось: до нагружения, при 30%, 50% и 70% от контрольной разрушающей нагрузки неусиленных балок.

По результатам испытаний выявлено влияние уровня нагрузки при усилении на прочность, жесткость и перераспределение усилий перед разрушением.

*В четвертой главе диссертации* приведены численные исследования испытанных неразрезных железобетонных балок, усиленных полимеркомпозиционными материалами под нагрузкой и сопоставление результатов расчета с опытными данными. Приведено сопоставление предложенной методики расчета с результатами испытаний других авторов.

Результаты анализа по испытанным балкам и данным других исследователей показали удовлетворительное совпадение теоретических значений и фактических, полученных в испытаниях.

*В заключении* формулируются общие выводы и рекомендации по результатам диссертационного исследования.

Диссертационная работа Обернихиной Яны Леонидовны изложена на 147 странице машинописного текста и включает введение, четыре главы, заключение, список использованной литературы из 178 наименований отечественных и зарубежных источников, а также приложение. Автореферат изложен на 24 страницах.

Диссертация содержит все необходимые разделы и этапы научно-исследовательской работы. Однако отдельные этапы не закончены. Следует отметить, что сама задача исследований выходит за рамки кандидатской диссертации и соответствует, скорее, докторской

диссертации. В связи с этим, отдельные не до конца решенные частные вопросы в целом – не снижают важность и значимость работы. Работа в целом – соответствует требованиям к кандидатским диссертациям. Исследования рекомендуется продолжить, с учетом представленных ниже замечаний.

- **Достоинство и недостатки в содержании и оформлении диссертации**

1. Наиболее существенным достоинством представленной работы является комплексный подход к решению поставленной задачи, с реализацией результатов в виде готовых прикладных расчетных программ для ЭВМ, реализованных в удобной для применения в инженерной практике форме. После более глубокой верификации на результатах сходных отечественных и зарубежных исследований, программы могут быть рекомендованы для практического применения.

2. В представленной работе рассмотрены только нормальные сечения балок. Вопросы прочности, трещиностойкости и деформативности наклонных сечений не рассмотрены. Это следовало отразить в названии диссертационной работы или же во введении к работе.

3. В тексте неоднократно использованы термины «запроектное воздействие», «закритическая область», «закритическая стадия работы». Определение терминов, как это интерпретировано автором, в работе не представлено.

4. Представленный в разделе 1 анализ ранее проведенных исследований не достаточно полный, отсутствует обзор исследований, выполненных в НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, послуживших основой для разработки СП164.1325800.2014 и содержащих, в частности, методику анализа результатов испытаний и сопоставления с результатами расчетов. В результате анализ, представленный в разделах 3 и 4 выполнен не достаточно полно.

5. Представленная в разделе 2 методика расчета содержит допущение о том, что «соотношение нагрузок в процессе нагружения не меняется», справедливое только для случая лабораторных испытаний. При разработке инженерной (практической) методики расчета, это допущение следовало выделить и оценить вносимую погрешность в результаты расчета.

6. В принятой схеме испытаний (рис. 3.3 в главе 3) динамометры для определения опорных реакций и последующей оценки перераспределения усилий установлены под жесткой опорной рамой, в результате жесткость рамы оказывает влияние на определение опорных реакций. Ориентировочная погрешность может достигать 30%, что будет вносить существенную погрешность в оценку перераспределения усилий.

7. В главе 3 не достаточно подробно представлено описание наклеенного усиления: не ясно, как полотно шириной 300 мм было наклеено на грань балки шириной 80 мм? В несколько слоев? В один слой путем отрезания лишних 220 мм? Указано, что прочность и модуль упругости углепластика получены при растяжении 4-х образцов углепластика, однако частные значения и графики деформации от нагрузки не представлены. Не указано, по какой методике обрабатывались результаты испытаний. В результате не понятно, какой был коэффициент вариации результатов испытаний, какие значения (средние или нормативные) были приняты для расчета.

8. При описании результатов испытаний в главе 3 не представлены схемы разрушения балок, поэтапные схемы образования, увеличения длины и ширины раскрытия трещин. Представленный на рис. 3.17 «внешний вид балок после разрушения» не достаточен: на рисунке видны участки с наклонными трещинами в середине балок (около средней опоры), что не согласуется с утверждением о «разрушении по нормальным сечениям».

9. При описании конструкции образцов, схемы испытаний, результатов оценки перераспределения моментов имеются неточности и

несоответствия в знаках моментов (например: если за основу принять схему испытания на рис. 3.4, то армирование в сечении 1-1 на рис. 3.5 показано в перевернутом виде, знак моментов на рис. 3.22 – 3.31 следует изменить на противоположный и др.), что усложняет анализ результатов испытаний.

10. В главе 4 отсутствуют пояснения о том, как определялась «расчетная прочность нормальных сечений» для сравнения с опытными данными (табл. 4.2). Это не позволяет проанализировать корректность выполненного сравнения. Необходимо дополнить.

Отмеченные недостатки снижают качество исследований и возможность использования их результатов другими исследователями, но они не влияют на основные теоретические и практические результаты диссертационного исследования.

- **Соответствие автореферата основному содержанию диссертации**

Текст автореферата соответствует основному содержанию диссертации

- **Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011**

Содержание автореферата и диссертации, оформление текста, таблиц и рисунков соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011.

- **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней» по пунктам 10, 11 и 14**

Диссертация написана автором самостоятельно, основные научные результаты были опубликованы в рецензируемых научных изданиях, диссертация содержит ссылки на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов. Диссертация соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней» по пунктам 10, 11 и 14.

• **Заключение**

Диссертационная работа Обернихиной Яны Леонидовны является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи корректной оценки учета перераспределения усилий при усилении железобетонных изгибаемых элементов с помощью внешнего армирования композитными материалами, с учетом различного уровня нагружения конструкций до усиления, имеющей существенное значение для соответствующей отрасли знаний, а именно – обеспечение безопасной эксплуатации зданий и сооружений, что соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1 – Строительные конструкции, здания и сооружения.

**Официальный оппонент:**

кандидат технических наук, (специальность 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения), заведующий лабораторией напрягающих бетонов и самонапряженных конструкций, Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона им. А.А. Гвоздева (НИИЖБ им. А.А. Гвоздева) – Акционерное Общество «Научно – исследовательский центр «Строительство» (АО «НИЦ «Строительство»), адрес: 109428, г. Москва, 2-я Институтская ул., д. 6, корп. 5  
Тел.: +7-499-602-00-70 (доб. 2301)  
E-mail: 5378018@mail.ru

« 28 » марта 2025 г.

Иванов Сергей Ильич

Я Иванов Сергей Ильич, даю согласие на включение своих персональных данных, содержащихся в настоящем отзыве, в документы, связанные с защитой диссертации Ф.И.О. (полностью), и их дальнейшую обработку.

« 28 » марта 2025 г.

Иванов Сергей Ильич

*Получил Иванов С.И. у заместителя  
начальника отдела кадров Ю.Б. Сивомин*

