

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. проректора по научно-технологической деятельности и аттестации научных кадров
ФГБОУ ВПО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»,
доктор технических наук, профессор
С.Ю. Радченко



шарта 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» на диссертационную работу Обернихиной Яны Леонидовны на тему «Прочность и деформативность неразрезных железобетонных балок, усиленных полимеркомпозиционными материалами под нагрузкой», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения.

Актуальность темы диссертации

В настоящее время в связи с существенным физическим износом эксплуатируемых зданий и сооружений и, как правило, снижением их несущей способности, а также увеличением нагрузок увеличивается объем работ по усилению и реконструкции. Поэтому возрастающая потребность в ремонтных работах, уменьшении их трудоемкости и стоимости приводят к необходимости разработки новых технологий усиления и применения новых материалов. Одним из наиболее перспективных способов усиления является применение полимеркомпозиционных материалов на основе углеволокна, благодаря своим высоким физико-механическим свойствам, устойчивости к коррозионным воздействиям и относительной простоте монтажа на усиливаемой конструкции.

Проведенные экспериментальные и теоретические исследования напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций, усиленных полимеркомпозиционными материалами, показали, что система внешнего армирования, может эффективно применяться для увеличения

прочности и жесткости железобетонных конструкций, и как следствие, снижения деформативности и повышения трещиностойкости.

Однако вопросы совместной работы усиливаемых конструкций и элементов усиления, нелинейной работы материалов, а также влияния нагрузки усиления на прочность и деформативность неразрезных железобетонных балок, внешне армированных углепластиком, являются актуальными научно-техническими задачами.

В связи с этим, тему диссертации следует считать актуальной.

Содержание диссертации и особенности исследований

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и одного приложения. Общий объем работы составляет 152 страницы машинописного текста, в том числе 127 страниц основного текста, 29 таблиц и 66 рисунков.

Во введении обоснована актуальность и степень разработанности темы; сформулированы цель и задачи диссертационной работы; описаны объект и предмет исследования; раскрыты научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов; перечислены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведен анализ применения полимеркомпозиционных материалов при усилении изгибаемых железобетонных элементов. Рассмотрены основные, наиболее часто применяемые, модели деформирования и методики расчета прочности нормальных сечений и деформативности внешне армированных изгибаемых железобетонных элементов. Кроме того, выполнен анализ опубликованных результатов теоретических и экспериментальных исследований прочности и деформативности неразрезных железобетонных балок, усиленных полимеркомпозиционными материалами, в том числе и под нагрузкой. Сделаны выводы и поставлены задачи исследования.

Во второй главе представлена разработанная методика расчета прочности и деформативности неразрезных железобетонных балок, усиленных полимеркомпозиционными материалами под нагрузкой. Основными компонентами данной методики являются гипотеза плоских сечений и диаграммы деформирования конструкционных материалов. Для бетона приняты нелинейные диаграммы деформирования, описываемые полиномиальными функциями. Составлена система уравнений, позволяющая устанавливать коэффициенты полинома пятой степени. Для стальной

арматуры приняты кусочно-линейные диаграммы деформирования, для углепластика - линейные.

В предлагаемой методике определение напряженно-деформированного состояния нормальных сечений железобетонных изгибаемых элементов, усиленных углепластиком под нагрузкой, выполняется с учетом полной диаграммы деформирования бетона на всех стадиях работы конструкции, в том числе и за критической, с учетом уровня НДС (нагрузки), при котором проводилось усиление.

Автором разработана методика статического расчета двухпролетной неразрезной балки, который выполняется методом заданных деформаций с описанием изогнутой оси кубическим сплайном. В качестве нагрузочного параметра задается кривизна на первой промежуточной опоре, при которой определяется величина внешней нагрузки, действующей на балку. Затем, с учетом жесткостей сечений, полученных при определении напряженно-деформированного состояния, определяются прогибы, кривизны, деформации бетона и стальной арматуры в каждом сечении балки.

По разработанной методике автором составлены алгоритмы и написаны программы на ЭВМ для расчета прочности и деформативности неразрезных железобетонных балок, усиленных полимеркомпозиционными материалами под нагрузкой.

Третья глава диссертации посвящена экспериментальным исследованиям прочности и деформативности неразрезных железобетонных балок, усиленных полимеркомпозиционными материалами под нагрузкой. Здесь приведены подробные сведения по изготовлению, принятой маркировке опытных образцов, методике их испытаний, полученных результатах и их анализу.

В рамках экспериментального исследования соискателем было испытано 15 неразрезных железобетонных балок. Из них 3 контрольных, не усиленных, и 12 основных, усиленных углепластиком без нагружения и при 30%, 50% и 70% от разрушающей нагрузки эталонных балок. Конструкция опытных образцов, их расчетная схема и схема усиления были одинаковыми.

В результате испытаний получены новые опытные данные, характеризующие особенности напряженно-деформированного состояния двухпролетных неразрезных железобетонных балок, внешне армированных углепластиком. Выявлен характер разрушения и перераспределения изгибающих моментов в экспериментальных образцах.

После усиления углепластиком, в том числе и под нагрузкой, несущая способность неразрезных железобетонных балок увеличилась, причем в

рамках исследования оказалось, что чем выше уровень нагрузки усиления, тем выше значение разрушающей нагрузки. Среднее значение разрушающей нагрузки образцов усиленных углепластиком без нагружения и при 30%, 50% и 70% от разрушающей нагрузки эталонных балок на 33,3%, 34,62%, 44,4% и 47,2% выше, чем у эталонных балок.

Кроме того, в рамках эксперимента было выявлено, что использование системы внешнего армирования на основе углепластика, способствует увеличению жесткости усиленных образцов, а также влияет на характер перераспределения изгибающих моментов, изменяя соотношения опорного и пролетных моментов.

В четвертой главе с целью общей апробации разработанной методики расчета проведены численные исследования, подтверждающие приемлемую точность и целесообразность ее использования для определения параметров прочности и деформативности неразрезных железобетонных балок, усиленных полимеркомпозиционными материалами под нагрузкой.

Сначала по предлагаемой методике были определены расчетные значения прочности и прогибов в середине пролетов образцов неразрезных балок, и произведено их сравнение с соответствующими опытными значениями, полученными в ходе экспериментальных исследований этих же образцов. С опытными данными также сопоставлены результаты расчета, полученные с использованием нормативных инженерных методик СП 164.1325800.2014.

Далее по предлагаемой методике рассчитаны образцы железобетонных балок, использованные в экспериментах С.М. Крылова, А.А. Корбух и А.Ф. Ashour.

В заключении приведены основные полученные результаты и направление для дальнейшего развития исследований.

Список литературы содержит 178 источников, в том числе 55 иностранных.

В приложении представлены две справки о внедрении полученных результатов и два свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Научная новизна исследования включает в себя:

- методику и алгоритмы статического расчета неразрезных двухпролетных балок переменной жесткости с описанием изогнутой оси балки кубическим сплайном и использованием метода заданных деформаций;
- методику и алгоритмы расчета нормальных сечений железобетонных балок, усиленных полимеркомпозиционными материалами при различных

уровнях напряженно-деформированного состояния, с учетом нелинейной работы материалов, позволяющая определять параметры НДС на всех стадиях работы, включая закритическую;

- методику 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 закритическую;

- экспериментальные данные о прочности нормальных сечений, деформативности, и перераспределении усилий в неразрезных двухпролетных железобетонных балках, внешне армированных углепластиком при различных уровнях нагрузки;

- алгоритмы и результаты численных исследований, позволяющие оценить влияние на напряженно-деформированное состояние нормальных сечений, прочность и деформативность двухпролетных балок, усиленных углепластиком ряда факторов, таких как уровень нагрузки усиления и схема усиления. Выводы по диссертационной работе обоснованы, отражают сущность полученных результатов и соответствуют цели исследований.

Достоверность полученных в диссертационной работе результатов обеспечивается согласованностью с базовыми положениями строительной механики и нелинейной теории расчета железобетонных конструкций, применением поверенных лабораторных приборов и установок, удовлетворительным согласованием теоретических данных с экспериментальными данными, полученными автором и другими исследователям.

Содержание диссертации соответствует пунктам 1 и 3 области исследований Паспорта научной специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения.

Диссертация изложена технически грамотным языком и в целом достаточно качественно оформлена, обладает внутренним единством и имеет законченный характер.

Автореферат в достаточной мере соответствует содержанию диссертационной работы.

Диссертация и автореферат соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

Основные результаты работы опубликованы в 12 статьях, из них 5 статьи в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК для

опубликования основных научных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, 2 статьи в изданиях, входящих в международную базу данных Scopus и Web of Science. Результаты исследований докладывались и обсуждались на международных и всероссийских научно-практических конференциях. Автором получено два свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Значимость полученных результатов для развития строительной отрасли

Разработанная методика расчета, а также полученные в экспериментальных исследованиях данные о прочности, деформативности и характере перераспределения усилий в неразрезных железобетонных балках, усиленных углепластиком при различном уровне нагрузки, позволяют повысить точность определения технического состояния указанных конструкций, что в итоге позволяет повысить конструктивную безопасность зданий и сооружений в целом.

Рекомендации по использованию результатов и выводов

Диссертационная работа имеет практическую направленность. Полученные соискателем результаты рекомендуются для внедрения в строительные организации, занимающиеся обследованиями и обслуживанием зданий и сооружений, имеющих в своем составе несущие железобетонные конструкции, требующие усиления.

Методика и компьютерные программы расчета изгибаемых железобетонных элементов, внешне армированных полимеркомпозиционными материалами под нагрузкой, нашли применение в учебном процессе БГТУ им. В.Г. Шухова и при верификации собственных поверочных расчетов при проектировании усиления неметаллической арматурой балочных перекрытий в АО «КТБ железобетон».

Считаем целесообразным рекомендовать продолжить работу по рассматриваемой тематике в направлении совершенствования нелинейной деформационной модели и разработки на ее основе методики расчета прочности наклонных сечений изгибаемых железобетонных элементов. Это даст возможность более достоверно и надежно комплексно оценивать несущую способность неразрезных железобетонных балок, усиленных полимеркомпозиционными материалами под нагрузкой.

Замечания по диссертации и автореферату

Имеются следующие замечания:

1. В первой главе рассмотрены расчетные модели и разработанные на их основе методики расчета изгибаемых железобетонных элементов для различных стадий их работы, включая прочность по нормальным сечениям, но не упоминается прочность балок по наклонным сечениям.

2. Из автореферата неясно усилению на какой стадии напряженно-деформированного стояния сечения соответствует схема, представленная на рисунке 3.

3. Принятые при разработке методики расчета исходные предпосылки и рабочие гипотезы (п. 2.1) не учитывают влияние фактора потери сцепления системы внешнего армирования с бетоном на прочность и деформативность конструкций, тем самым ограничивая область ее применения до случаев, когда это сцепление сохраняется.

4. В автореферате и третьей главе диссертации приведены значения прогибов балок опытных образцов при уровне нагрузки соответствующей 80% от разрушающей эталонных балок. Неясно по какой причине выбрано именно это значение нагрузки.

5. В п. 4.2.4 диссертации приведены результаты численных исследований характера перераспределения моментов двухпролетных неразрезных железобетонных балок, внешне армированных углепластиком при различном уровне нагружения по трем схемам. Однако, из текста неясно почему коэффициент армирования этих балок на опоре принят в 2 раза больше, чем в пролете. Следовало бы, уточнить этот момент.

Имеющиеся замечания не снижают общего высокого уровня диссертационного исследования.

Заключение по диссертации

Диссертация Обернихиной Я.Л. является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача, имеющая существенное значение для развития строительной отрасли, состоящая в разработке методики расчета прочности и деформативности неразрезных железобетонных балок, усиленных полимеркомпозиционными материалами при различном уровне нагрузки, и соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842.

Обернихина Яна Леонидовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата наук по специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения.

Отзыв на диссертацию рассмотрен и одобрен на заседании кафедры строительных конструкций и материалов Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» «26» марта 2025г. Протокол заседания №9 от «26» марта 2025г.

Зав. кафедрой строительных конструкций и материалов ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», кандидат технических наук, доцент



Андросова Наталия Борисовна

Подпись Н.Б. Андросовой удостоверяю:

«24» марта 2025 г.

Подпись Андросовой Н.Б. заверяю.
Ученый секретарь ученого совета
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
Н.Н. Чаадаева



Сведения о ведущей организации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» (ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»)

Почтовый адрес: 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95

Телефон: +7(4862)275-13-18,

web-сайт: www.oreluniver.ru,

e-mail: info@oreluniver.ru