

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук, доцента

Овчинникова Ильи Игоревича

на диссертацию Слепец Виктора Александровича

«Трещиностойкость и деформативность железобетонных пролетных
строений мостов, усиленных полимерными композиционными материалами
на основе углеродного волокна»,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.23.11 – Проектирование и строительство дорог,
метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей
(технические науки)

Оценка объема и структуры диссертации

Диссертация Слепец В.А. на соискание ученой степени кандидата технических наук состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, включающего в себя 125 наименований использованных работ отечественных и зарубежных авторов, и 9 приложений. Диссертация изложена на 194 страницах, включает 60 рисунков и 19 таблиц. По объему и структуре работа соответствует требованиям «Положения» по оформлению диссертаций. Изложение диссертационной работы подчинено решению поставленных задач.

Актуальность темы исследования

К настоящему времени на мостах и путепроводах автомобильных дорог Российской Федерации эксплуатируется более сорока тысяч железобетонных пролетных строений, которые отличаются и конструктивными решениями, и примененными при их проектировании нормативными документами, и технологией их возведения. Причем эти сооружения работают в весьма различных климатических условиях и подвергаются воздействию различных агрессивных эксплуатационных сред.

В связи с появлением ГОСТ Р 52748-2007 временную вертикальную нагрузку от подвижного состава при проектировании мостовых сооружений следует принимать в виде полос АК от автотранспортных средств и от тяжелых одиночных нагрузок НК с классом нагрузки К, равным 14. На сегодняшний день эксплуатируемые пролетные строения автодорожных мостов запроектированы под временные нагрузки с классами К, равными 11, а также более низкими. Поэтому при проведении капитального ремонта железобетонных мостов для обеспечения безопасного пропуска современных расчетных нагрузок требуется замена или усиление главных балок железобетонных пролетных строений. Эффективным способом повышения несущей способности железобетонных пролетных строений является применение современной технологии усиления полимерными композитными материалами.

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью обеспечения трещиностойкости и жесткости железобетонных конструкций мостов, усиленных ПКМ (полимерными композиционными материалами). Современной и перспективной технологией усиления железобетонных

конструкций является система внешнего армирования ПКМ на основе углеродного волокна. Однако на данный момент единый государственный стандарт по проектированию и расчетам усиленных ПКМ железобетонных конструкций мостовых сооружений отсутствует, что ограничивает возможности их применения.

Прочностные расчеты усиленных мостовых конструкций выполняются в соответствии с требованиями специально разработанных отраслевых нормативных документов и стандартов, основанных на отечественных и зарубежных методиках. Существующие методики расчета железобетонных конструкций, усиленных ПКМ, изложенные в действующих рекомендательных нормативных документах, в большей степени распространяются на проектирование усиления железобетонных конструкций промышленных и гражданских зданий и сооружений и не могут в полной мере быть использованы при проектировании усиления железобетонных конструкций мостов ввиду особенностей их работы и требований к их проектированию. Тема исследований Слепец В.А. относится к этому направлению и потому ее следует признать весьма актуальной.

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности

Тема и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности 05.23.11 – «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей» (технические науки) по пунктам 3,5,6,7.

Соответствие автореферата диссертации ее содержанию

Автореферат составлен с соблюдением требований ГОСТ 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления», полностью отражает основное содержание диссертации, которое является последовательным и логичным.

Оценка содержания диссертации, ее завершенность

Диссертация Слепец В.А. является самостоятельным, соответствующим по стилю написания и содержанию диссертационным работам, научным трудом, выполненным в соответствии с поставленными автором целью и задачами исследования, и может квалифицироваться, как научный труд, в котором выполнено решение научной задачи, имеющей важное значение для развития отечественного мостостроения. Выводы по диссертации доказательны, вытекают из проведенных автором научных исследований.

Во введении автором обоснована актуальность темы, определены цели и задачи исследования, отмечена научная новизна, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

Глава 1 посвящена общим сведениям о конструктивных решениях и техническом состоянии железобетонных пролетных строений эксплуатируемых автодорожных мостов. В ней приведен обзор экспериментальных исследований по трещиностойкости, деформативности и значениям динамических параметров усиленных полимерными композитными материалами железобетонных конструктивных элементов.

Во второй главе приведены результаты выполненных при участии автора диссертационной работы в НИЛ «Мосты» СГУПСа экспериментальных исследований усиленных композитными материалами изгибаемых железобетонных элементов по трещиностойкости и деформативности. Представлены результаты испытаний восьми групп железобетонных балочных образцов Т-образного сечения, усиленных различными способами с применением полимерных композитных материалов различных типов (холстов, пластин). Приведены данные по проведенному численному моделированию экспериментальных образцов с применением лицензионного конечно-элементного программного комплекса Midas FEA. Дано сопоставление результатов теоретических (численных) и лабораторных исследований.

В третьей главе изложены теоретические исследования трещиностойкости и деформативности железобетонных изгибаемых элементов. Выполнена оценка соответствия результатов численного моделирования и экспериментальных (лабораторных) исследований.

В четвертой главе дано описание и приведены результаты проведенного при участии автора натурного исследования, связанного с обследованием, оценкой технического состояния, разработкой схем усиления железобетонных балок реального мостового сооружения (мост через реку Курундус) с помощью полимерных композитных материалов, расчетом величины испытательной нагрузки с помощью конечно-элементного программного комплекса MIDAS FEA, испытанием моста до усиления и после усиления балок, сопоставление результатов расчета с результатами натурных испытаний, оценка степени влияния различных схем усиления балок пролетного строения полимерными композитными материалами на прочностные, деформационные и динамические характеристики мостового сооружения.

В пятой главе описаны предложенные автором основные положения по совершенствованию методики расчета усиленных полимерными композитными материалами основных несущих конструкций мостовых сооружений по трещиностойкости и деформативности.

В заключении изложены основные результаты диссертационной работы, представляющие научную и практическую ценность.

Степень разработанности темы, обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций

В работе с целью расширения представлений о механизме и закономерностях раскрытия трещин и научного обоснования путей повышения трещиностойкости и деформативности железобетонных конструкций мостов, усиленных ПКМ:

- выполнен обзор и анализ технического состояния железобетонных пролетных строений эксплуатируемых мостов автодорожной сети РФ;
- проведен лабораторный эксперимент по испытанию 14 балочных образцов, усиленных композиционными материалами по различным схемам, и два контрольных, не усиленных образца. По результатам лабораторных

испытаний железобетонных образцов установлено, что усиление ПКМ эффективно для обеспечения трещиностойкости железобетонных конструкций;

- результаты численного моделирования работы экспериментальных балочных образцов, усиленных ПКМ, на любом этапе нагружения показали хорошее соответствие с экспериментальными данными, полученными при испытании образцов на силовом стенде, отклонение результатов расчета от экспериментальных данных не превышает 18 %;

- выполнено обследование, усиление и натурное испытание железобетонного пролетного строения автодорожного моста опорной сети автодорог Новосибирской области и экспериментально определено изменение трещиностойкости, деформативности и динамических параметров эксплуатируемой конструкции после усиления ПКМ;

- на основании экспериментально-теоретических и практических исследований усовершенствована методика расчета по образованию трещин, ширины раскрытия трещины, среднего расстояния между трещинами и определению прогиба железобетонных элементов мостов, усиленных ПКМ, которая согласуется с основными положениями СП 35.13330.2011.

Поставленная цель достигнута, сформулированные задачи решены в полном объеме. Научные положения, выводы и рекомендации достаточно обоснованы.

Новизна и достоверность полученных результатов

К новым научным результатам, полученным автором, относится:

1. В ходе лабораторного эксперимента, по испытанию балочных образцов, установлено, что усиление ПКМ эффективно для обеспечения трещиностойкости железобетонных конструкций. Установлена оптимальная схема усиления ПКМ, при которой достигается наибольшее значение трещиностойкости;

2. Экспериментально установлено и теоретически обосновано влияние ширины контакта усиливающего полимерного композиционного материала с усиливаемым железобетонным элементом на ширину раскрытия трещины в этом элементе;

3. Установлено, что усиление ПКМ позволило повысить трещиностойкость эксплуатируемых балок пролетного строения на 5–25 % в зависимости от схемы усиления.

4. Выявлено улучшение динамических характеристик пролетного строения эксплуатируемого моста, усиленного ПКМ. Значение динамического коэффициента после усиления балок моста ПКМ понизилось на 9,5%, приращение частоты собственных вертикальных колебаний балок составило 15,7%, логарифмический декремент затухания увеличился на 13,6%.

5. Усовершенствована методика расчета по образованию трещин, ширине раскрытия трещин, среднего расстояния между трещинами и определению прогиба усиленного ПКМ железобетонного элемента.

Достоверность представленных результатов исследования, выводов и рекомендаций подтверждена методологической базой исследования, необходимым объемом натурных измерений и испытаний, выполненных с применением аттестованных приборов и оборудования.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций

Полученные результаты научных исследований взаимосвязаны и взаимообусловлены, направлены на повышение надежности железобетонных конструкций существующих мостов путем совершенствования методики расчета по трещиностойкости и деформативности усиленных конструкций.

Научные результаты диссертационного исследования будут способствовать развитию и совершенствованию нормативной базы проектирования мостовых сооружений.

Разработанная методика расчета по трещиностойкости и деформативности железобетонных пролетных строений мостов, усиленных полимерными композиционными материалами на основе углеродного волокна предложена Федеральным дорожным агентством «РОСАВТОДОР» в раздел «Композиционные материалы» СП 35.13330.2011 Мосты и трубы, а также использована при расчете усиления пяти пролетных строений мостов на сети дорог Новосибирской области. Результаты исследования используются в курсовом и дипломном проектировании при подготовке специалистов кафедры «Мосты» СГУПС.

Вопросы и замечания по содержанию и оформлению диссертации и автореферата

Оформление диссертации и автореферата соответствует требованиям ГОСТ 7.0.11-2011. Автореферат диссертации полностью отражает ее содержание. Основные результаты исследования отражены в восьми научных работах, в том числе четыре - в ведущих научных рецензируемых изданиях, включенных в перечень ВАК Минобрнауки РФ. Материалы диссертационного исследования достаточно широко апробированы на семинарах и конференциях, всероссийского и международного уровней.

В качестве достоинств диссертационной работы следует отметить теоретическую и практическую направленность в части решения актуальной проблемы усиления основных несущих элементов пролетных строений мостовых сооружений полимерными композитными материалами в свете современных требований к безопасности, надежности и эксплуатационной пригодности мостовых сооружений. На хорошем научном уровне выполнены теоретические и экспериментальные исследования, усовершенствована методики расчета по образованию трещин, ширине раскрытия трещин, среднего расстояния между трещинами и определению прогиба усиленного ПКМ железобетонного элемента.

К замечаниям и вопросам по содержанию диссертации и автореферата относится следующее:

1) В реальных условиях усилию подлежат поврежденные конструкции, которые предварительно доводятся до нужной геометрии специальными растворами, а в испытаниях используются неповрежденные

балки. Насколько выводы на них справедливы для реальных поврежденных конструкций?

2) Откровенно говоря, мы не очень доверяем методу предельных состояний при расчете усиленных композитами балок. Ведь мы знаем, что совместность работы арматуры и бетона обеспечивается и близкими коэффициентами линейного расширения, чего нет у бетона и композита. Но дело даже не в этом. Ведь предельные напряжения в бетоне и металлической арматуре могут быть при определенной нагрузке достигнуты. Вряд ли в композитном слое усиления при этой нагрузке будут также предельные напряжения - ведь он работает упруго до разрушения. Так что в общем случае мы имеем статически неопределенную задачу по определению напряжений в элементе усиления. Для решения этой задачи метод предельных состояний неприменим. Но, так как в силу своей простоты и достаточной экспериментальной обоснованности для железобетонных конструкций, он включен в нормы и прост для понимания инженерами, его используют.

В реальных условиях конструкции разрушаются не от достижения того предельного состояния, которое заложено в методе предельных состояний (за исключением случаев перегрузки), а от деградации бетона, коррозии и повреждения арматуры.

3) Автор не всегда корректно использует понятие «сходимость». На стр. 60 автор пишет «Следует отметить хорошую сходимость картины трещинообразования экспериментальных и числовых моделей». Сходимость - это математическое понятие, означающее, что некоторая переменная величина имеет предел (например, сумма членов ряда, некоторая последовательность и так далее).

4) Композитные элементы усиления, по сравнению с металлическими, менее защищены от внешних механических повреждений. Интересно было бы услышать предложения автора по решению данного вопроса.

5) В автореферате на рис.1 (схема армирования железобетонных образцов) указано обозначение типа арматуры - АIII, а в диссертации (рис. 2.1) – обозначение А400. Корректнее использовать обозначение А400(АIII).

6) Из диссертации неясно, почему было выбрано указанное количество конечных элементов (14400), на которые разбивалась балка при конечно-элементном моделировании. Были ли проведены вычисления с другой густотой конечно-элементной сетки? Проверялась ли точность решения при разных разбиениях?

7) На стр. 74-75 приведено некорректное использование термина «расчетное значение нагрузки». Расчет по трещиностойкости относится к расчетам по второй группе предельных состояний, которая считается по нормативным, а не по расчетным значениям нагрузок.

8) Глава 4. Мост, на котором проводили натурный эксперимент, введен в эксплуатацию в 1980 г. По результатам проведенного обследования, были обнаружены трещины раскрытием до 0.8 мм. Однако ни слова не сказано про коррозионные повреждения конструкции. Сомнительно, что после более чем

35 лет эксплуатации железобетонный мост не имеет коррозионных повреждений и разрушений защитного слоя бетона. В главе не описываются мероприятия, по подготовке поверхности бетона перед нанесением усиливающих композитных элементов. В том же СП 164.1325800.2014 «Усиление железобетонных конструкций композитными материалами» в п.4.11. указано: «Не допускается проводить усиление элементов с корродированной стальной арматурой без устранения причин и продуктов коррозии».

Кроме того, в процессе проведения работ по усилению пролетного строения никаких работ по разгрузке пролетного строения, то есть по снятию дорожной одежды, поврежденного бетонного слоя не проводилось. И поэтому усиление работает только на временную нагрузку, а всю нагрузку от пролетного строения с учетом дорожной одежды и др. элементов мостового полотна воспринимает неусиленное пролетное строение.

9) В п. 4.4 в выводах для инженеров-мостовиков хорошо бы определить фактический класс грузоподъемности по нагрузке до и после усиления.

10) Насколько корректно приводить технико-экономическое обоснование для мостового сооружения (п. 5.4.), балки которого выполнены из преднапряженного железобетона? В данной диссертационной работе рассматриваются только балки из ненапрягаемой арматуры. А усиление преднапряженного железобетона композитными материалами является темой отдельного масштабного научного исследования.

11) В нормах строго определена величина обеспеченности нормативных характеристик – 0,95. При этом указано, что для каждого предельного состояния требуется учитывать возможность отклонения нормативного значения от требуемого расчетного с помощью коэффициента надежности. Расчетные характеристики и коэффициент надежности допускается устанавливать непосредственно на основании экспериментальных данных. Эти величины должны учитывать масштабный фактор, отличие форм и размеров конструкций и образцов и т.д. Также эти характеристики должны учитывать, что при расчете ответственных конструкций обеспеченности 0,95 недостаточно. Однако нормативные данные о том, какой величины должна быть эта обеспеченность, отсутствуют.

Руководства, технические условия, стандарты организаций по применению полимерных композитных материалов для ремонта и усиления железобетонных конструкций рекомендуют принимать прочностные и деформативные характеристики холстов, ламелей, волокон и kleящих составов на основе государственного стандарта на испытание материалов [ГОСТ 25.601–80. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания плоских образцов на растяжение при нормальной, повышенной и пониженной температурах. – М., 1981. – 8 с.] или на основе данных, представленных фирмами-производителями. Но ни стандарты, ни производители полимерных композитных материалов не

отвечают на вопросы о том, какова обеспеченность заявленных значений, как от этих значений перейти к нормативному и расчетному значению сопротивления осевому растяжению композитного материала?

Заключение

Высказанные замечания не снижают научной и практической значимости выполненной работы.

На основании детального анализа материалов диссертации, автореферата и с учетом замечаний, которые не носят принципиального характера, можно сделать следующее заключение: диссертационная работа Слепец Виктора Александровича «Трециностойкость и деформативность железобетонных пролетных строений мостов, усиленных полимерными композиционными материалами на основе углеродного волокна» является самостоятельным научным трудом в котором содержатся решения ряда научных задач, имеющих важное значение для развития дорожно-мостовой отрасли России.

В связи с этим считаю, что диссертационная работа Слепец Виктора Александровича полностью отвечает паспорту специальности 05.23.11 - «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей» (технические науки), соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Правительством РФ 24.09.2013г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, является современной научно-квалификационной работой.

Считаю, что автор Слепец Виктор Александрович заслуживает присуждения ему искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.11 - «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей».

Официальный оппонент:

Кандидат технических наук (научная
специальность 05.23.17)

ФГБОУ ВО «Саратовский
государственный технический
университет имени Гагарина Ю.А.»,
доцент кафедры «Транспортное
строительство»

410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77, корпус 6, каб. 29.
Тел. +7(8452)998905 +79603443236. E-mail: bridgeart@mail.ru

Овчинников
Илья Игоревич

23.11.2017 г

Подпись кандидата технических наук, доцента Овчинникова Ильи Игоревича
заверяю

Ученый секретарь Ученого Совета Саратовского государственного
технического университета имени Гагарина Ю.А.

к.и.н., доцент



Малова Н.А.

Малова Н.А.