

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента, кандидата технических наук, доцента

Овчинникова Ильи Игоревича

на диссертацию Чаплина Ивана Владимировича

**«Совершенствование метода контроля усилий в вантах**

**эксплуатируемых мостов по частотам собственных колебаний»**,

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 Чаплина И.В. на соискание ученой степени кандидата технических наук состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы, включающего в себя 157 наименований использованных работ отечественных и зарубежных авторов, и 4 приложений. Диссертация изложена на 157 страницах, включает 80 рисунков и 26 таблиц. По объёму и структуре работа соответствует требованиям «Положения» по оформлению диссертации. Изложение диссертационной работы подчинено решению поставленных задач.

### **Актуальность темы исследования**

В соответствии со статьей 36 федерального закона Российской Федерации от 30.12.2009 № 384 безопасность мостовых сооружений в процессе эксплуатации должна обеспечиваться посредством проведения периодических осмотров и контрольных проверок. Особое внимание в соответствии с ГОСТ Р 22.1.12-2005, СП 79.13330.2012 и СП 274.1325800.2016 регламентировано уделять внеклассным сооружениям с нетиповым исполнением несущих конструкций, перекрывающих пролеты более 100 м, к которым, в частности, относится большинство вантовых мостов. При проведении обследований вантовых мостов важным

контролируемым параметром является усилие натяжения вант. Однако при несовершенстве методов контроля усилий в вантах может быть сделана неправильная оценка напряженно-деформированного состояния и назначены некорректные ремонтные работы, что приведет к неэффективному расходованию бюджетных средств и возможному ухудшению состояния сооружения. На стадии эксплуатации усилия в вантах обычно определяют частотным методом. Однако ввиду многообразия конструктивного исполнения вантовых систем, при применении данного метода для определения усилий натяжения вант могут возникать существенные погрешности. Поэтому совершенствование метода контроля усилий в вантах эксплуатируемых мостов по частотам собственных колебаний является актуальной задачей.

#### **Соответствие содержанию 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 следующим позициям:

п.5: «Совершенствование методов расчета конструкций, сооружений и их элементов (земляного полотна, пути, оснований, опор, дорожного и аэродромного покрытий, пролетных строений, защитных покрытий, тоннельной обделки, несущих, подпорных и ограждающих конструкций, средств организации движения, водопропускных труб, галерей и т.п.), включая расчеты напряженно-деформированного состояния и водно-теплового режима, грунтовых массивов и бетонных и железобетонных конструкций, гидравлического и ледового режимов акваторий мостовых переходов и других откликов на воздействия статических и динамических потенциальных и массовых сил».

п.6: «Мониторинг транспортных природно-технических систем (комплексный геотехнический и экологический мониторинг состояния

взаимодействия транспортных сооружений и природной среды) на всех стадиях их создания, реконструкции и эксплуатации».

п.9: «Системы контроля и оценки качества проектирования, строительства, эксплуатации и реконструкции транспортных сооружений».

п.10: «Вопросы применения при инженерных изысканиях, проектировании, строительстве, эксплуатации и реконструкции транспортных сооружений прогрессивных методов и технологий, повышающих полноту и достоверность информации, обосновывающей проектные решения, точность расчетов, качество конструкций и долговечность сооружений, их экологичность (геотехнологии, аппаратная диагностика конструкций методами неразрушающего контроля, аэрокосмические, геофизические и геоинформационные системы и технологии и др.)».

п.13: «Совершенствование методов и средств математического и физического моделирования работы конструкций, технологических процессов, организации и оперативного управления строительным производством, режимов эксплуатации и оценки технических и экологических рисков при строительстве, эксплуатации и реконструкции транспортных сооружений, их элементов, объектов и производств».

### **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 Чаплина И.В. является самостоятельным завершенным научным трудом, соответствующим по стилю написания и содержанию диссертационным работам, выполненным в соответствии с поставленными

автором целью и задачами исследования, и может квалифицироваться как научный труд, в котором выполнено решение научной проблемы, имеющей важное значение для развития отечественного мостостроения. Выводы по диссертации доказательны, вытекают из проведенных автором научных исследований.

**Во введении** автором обоснована актуальность темы, определены цель и задачи исследования, отмечена научная новизна, теоретическая и практическая значимости работы, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

**Первая глава** посвящена описанию конструкций вантовых систем мостовых сооружений, приведен обзор способов контроля напряженного состояния вантовых систем с анализом и выводами.

**Во второй главе** приведены экспериментально технические исследования динамической работы вантовых систем. Выполнены численные исследования влияния провисания, угла наклона и изгибной жесткости ванта на усилие его натяжения, влияния изменения температуры на усилия в вантах (на цифровой модели руслового пролетного строения Бугринского моста в Новосибирске, выполненной в конечно-элементном программном комплексе MIDAS). Описаны результаты натурных исследований динамической работы вантовых систем (на мостах через Обь в Сургуте, Новосибирске, через Иртыш в Павлодаре и др.). По результатам которых составлена усовершенствованная математическая модель для приближенного решения уравнения динамики нити с учетом конструкций закрепления.

**В третьей главе** приведены и проанализированы результаты определения усилий в вантовых элементах существующих эксплуатируемых мостовых сооружений. Для автоматизации вычисления усилий в вантах и исключения субъективизма при выделении частот собственных колебаний вант при неоднозначной кратности частот при участии автора настоящей диссертационной работы было разработано специализированное программное обеспечение «Вант»

**В четвертой главе** приведены основные положения усовершенствованной методики контроля усилий в вантовых элементах по частотам собственных колебаний. Даны рекомендации по оценке усилий в вантах, выполнен расчет экономического эффекта от внедрения результатов исследований на основании снижения трудозатрат на обработку и расчет усилий в вантах при использовании программы «Вант».

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

### **Степень разработанности темы, обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций**

Уместно отметить правомерность принятия автором в качестве объекта исследования вантовые элементы в пролетных строениях мостов, а метод контроля усилий в них по частотам собственных колебаний в качестве предмета исследования и в экспериментально теоретических исследованиях второй и третьей глав реальных вантовых систем в составе эксплуатируемых пролетных строений. Это, во-первых, позволяет обоснованно и аргументировано расставить акценты на особенностях динамической работы различных вантовых систем, а, во-вторых, позволяет выявить главенствующие факторы при составлении расчетной схемы колебаний нити с учетом конструкций закрепления.

Нельзя не отметить, что предложенная автором диссертации постановка вопроса об учете совместной работы вант с конструкциями закрепления концептуально согласуется с указаниями п. 1.37 СНиП 2.05.03-84\*, требующими рассчитывать конструкции пролетных строений как пространственные и учитывать взаимодействие элементов между собой; и если п. 1.37 СНиП 2.05.03-84\* не нашел должного отражения в СП 35.13330.2011, он не утратил своей значимости и в реализации цели диссертационного исследования и в основе своей содержательной части с учетом возможности количественной оценки совместной динамической

работы элементов вантовой системы на основе метода математического моделирования.

В связи с несовершенством существующих методических материалов в отношении определения частот собственных колебаний и принимая во внимание хорошее совпадение натуральных данных и численных решений, представляет интерес в порядке вопроса акцентировать внимание на принципах построения расчетной модели для приближенного решения уравнения динамики нити, отражающей игру различного конструктивного исполнения вантовых систем; и в этой ситуации отдельные гипотезы и допущения принимаемые в теории колебаний, вероятно, становятся несправедливыми, что по всей вероятности явилось причиной существенного отличия результатов полученных по идеализированному решению уравнения динамики нити и результатов в численных и натуральных экспериментах на коротких вантах, но вместе с этим предопределяет значимость предлагаемой автором диссертации усовершенствованной методики контроля усилий в вантовых элементах эксплуатируемых мостов по частотам собственных колебаний с учетом фактической длины колеблющейся системы  $L_p$  определенного Чаплиным И.В. по признакам конструктивного исполнения вантовой системы.

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

### **Новизна и достоверность полученных результатов**

К научным результатам, полученным автором, относится:

1. Построена математическая модель колебаний ванта на основе приближенного решения уравнения динамики нити, учитывающая отличие фактической работы конструкции от идеализированной расчетной схемы: учтено включение анкерных конструкций в общую колебательную систему и масса антивандальных оболочек и других устройств, расположенных на

ванте. Доказана незначительность влияния других факторов (провисания и жесткости ванта, угла его наклона к горизонту, трения) на частоты собственных колебаний ванта. Сделанные уточнения позволили снизить погрешность определения усилий в вантовых элементах с 3...50 % до 3...5 %.

2. По результатам экспериментальных исследований создана классификация вант по признакам конструктивного исполнения вантовой системы, влияющим на динамическую работу вантовых элементов: типа конструкций закрепления, вида поперечного сечения вант и наличия дополнительных узлов крепления. Созданная классификация вант по этим признакам позволяет корректно назначать длину ванта в математической модели и учитывать особенности фиксируемого спектра частот собственных колебаний для различных конструктивных решений вантовых систем.

3. Разработано специализированное программное обеспечение «Вант», в котором заложены алгоритмы по специализированной обработке виброграмм, спектров частот и выделению частот собственных колебаний вант.

4. Обобщены результаты экспериментально-теоретических исследований и разработана усовершенствованная методика контроля усилий в вантовых элементах, применение которой позволяет повысить эксплуатационную надежность вантовых конструкций.

Достоверность представленных результатов исследования, выводов и рекомендаций подтверждена методологической базой исследования, основанной на достоверно изученных положениях методов расчета вантовых систем, обеспеченностью необходимого объема 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 мостовых сооружений с вантовыми системами путем совершенствования методики контроля усилий в вантовых элементах по частотам собственных колебаний.

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

Созданный автором алгоритм для автоматического выделения частот собственных колебаний и программное обеспечение позволяет реализовать на практике усовершенствованную методику контроля усилий в вантовых элементах эксплуатируемых мостов.

## **Достоинства и недостатки по содержанию и оформлению диссертации и автореферата**

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

Основные результаты исследования отражены в восьми научных работах, в том числе две - в ведущих научных рецензируемых изданиях, включенных в перечень ВАК Минобрнауки РФ, одна – входящая в международную базу данных Scopus. Материалы диссертационного исследования достаточно широко апробированы на семинарах и конференциях, различных уровней.

Также хотелось бы отметить полученные автором патент на изобретение и свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

В качестве достоинств диссертационной работы следует отметить теоретическую и практическую направленность в части решения актуальной проблемы контроля усилий в вантовых элементах мостовых сооружений. На



хорошем научном уровне выполнены постановка данной задачи, проведение теоретических и практических исследований.

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

1. В актуальности темы исследования указано, что в соответствии с ФЗ 384 безопасность мостовых сооружений в процессе эксплуатации должна обеспечиваться посредством проведения периодических осмотров и контрольных проверок, но в статье 36 ФЗ 384 также содержится фраза «**мониторинга состояния основания, строительных конструкций**», что не менее важно. Концепция постоянного прочностного мониторинга в последнее время становится все более актуальной, особенно для таких уникальных сооружений, как мостовые, с вантовыми элементами, тем более по тексту диссертационной работы мониторинг встречается.

2. Неравномерность прогрева (остывания) конструкции – реальность для существующих мостовых сооружений. Асфальтобетонное покрытие проезжей части имеет черный цвет, нагревается быстрее, соответственно быстрее нагревает плиту проезжей части. Вантовые элементы в свою очередь: имеют часто светлый цвет, продуваются ветром (плюс сами ванты находятся в антивандальной оболочке, которая обладает своей теплоемкостью, и по факту замеряя температуру конструкции, мы замеряем не температуру ванты, а температуру оболочки), и имеют меньшие значения температуры, по сравнению с пролётным строением. В работе проводилось моделирование неравномерного нагрева, но насколько было понято, бралось разное температурное изменение по разным элементам, но в пределах одного типа конструктивного элемента (например, вант) изменение температуры было одинаковым. А проводилось ли моделирование при неравномерном прогреве вант в одной плоскости (например, половина вант одной плоскости имела больший прогрев, по отношению к другой)? Или прогреве только

половины арочного элемента (на примере Бугринского моста в Новосибирске)?

3. Возможно ли использование разработанной при участии автора программы «Вант» для постоянного мониторинга усилий в вантовых элементах мостовых сооружений. Именно постоянный мониторинг в течении большого промежутка времени дал бы полную оценку работы вантовых элементов. Данный вид мониторинга представляется целесообразным для уникальных внеклассных мостовых сооружений.

4. Были ли проведены исследования динамической работы вант до и после нагнетания в полость между общей антикоррозионной оболочкой и проволоками каких-либо гибких антикоррозионных составов (например, воска или смолы)?

5. Выполнялся ли анализ динамических параметров вант, сооружённых по технологии PWC и состоящих из отдельных параллельных проволок?

В то же время, указанные замечания не снижают научной и практической значимости выполненной работы.

### **Заключение**

На основании детального анализа материалов диссертации, автореферата и замечаний, которые не носят принципиального характера, можно сделать следующее заключение: диссертационная работа Чаплина Ивана Владимировича «СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА КОНТРОЛЯ УСИЛИЙ В ВАНТАХ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ МОСТОВ ПО ЧАСТОТАМ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ» является самостоятельным научным трудом, в котором содержатся решения ряда важных научных задач, имеющих значение для развития дорожно-мостовой отрасли России.

В связи с вышеуказанным считаю, что диссертационная работа Чаплина Ивана Владимировича 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 Чаплин Иван Владимирович 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)

федерального государственного  
бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования

«Саратовский государственный  
технический университет имени  
Гагарина Ю.А.»,

доцент кафедры «Транспортное  
строительство»

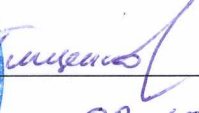
  
Овчинников  
Илья Игоревич

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

Подпись кандидата технических наук, доцента Овчинникова Ильи Игоревича  
заверяю.

Ученый секретарь Ученого Совета СГТУ имени Гагарина Ю.А.  
д-р культурологии, доцент



  
Тищенко Н.В.  
02.10.2020