



**УТВЕРЖДАЮ»**

Генеральный директор

АО «ВНИИТ» им. Б.Е. Веденеева»

Р.Н. Оришук  
2017 года

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу  
**СУКОННИКОВОЙ Татьяны Владимировны на тему:**  
**«Специальная сейсмозащита железнодорожных мостов»,**  
 представленную на соискание ученой степени  
 кандидата технических наук по специальности:  
 05.23.11 – проектирование и строительство дорог,  
 метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных  
 тоннелей

Общая характеристика диссертационной работы.

**Актуальность** темы диссертационной работы не вызывает сомнений. Железнодорожные мосты большой протяженности являются уникальными и весьма ответственными инженерными сооружениями, эксплуатируемые в условиях различных видов нагрузок - статических, динамических и температурных. Автор рассмотрел малоизученную, но важную для практического использования проблему влияния сейсмоизоляции на эксплуатационные качества и поведение сейсмоизолированного моста при интенсивных сейсмических воздействиях.

**Цель работы** заключается в обосновании возможности применения сейсмоизоляции для железнодорожных мостов и разработка технических решений, обеспечивающих как сейсмоизоляцию моста, так и нормальную эксплуатацию верхнего строения пути.

### **Научная новизна работы**

1. Впервые выполнен анализ поведения верхнего строения сейсмоизолированного моста при действии следующих видов нагрузки:

- продольной, вызванной торможением подвижного состава;
- продольной, вызванной колебаниями температуры рельсовых плетей;
- нагрузки, вызванные поперечными ударами подвижного состава;

- нагрузки при воздействии проектного и максимального расчетного землетрясения.
- 2. Уточнен критерий допустимой гибкости опор с учетом сейсмоизолирующих опорных частей.
- 3. Впервые проанализировано поведение верхнего строения пути при действии проектного и максимального расчетного землетрясения. На основании анализа сформулирован новый вывод об объединяющем действии пути на мостах с сейсмоизоляцией. На основании выполненного анализа и расчетно-теоретических исследований разработаны рекомендации по устройству сейсмоизолирующих опорных частей, их размещению, а также о необходимости использования балласта в пролетах моста.

**Практическая значимость работы** На основании результатов выполненных автором расчетно-теоретических исследований разработаны рекомендации по возведению более ста опор железнодорожных мостов на Олимпийских объектах г. Сочи. Получен патент №2550777 на новое техническое решение опирания пролетных строений железнодорожного моста

**Методика исследования** включала построение математических моделей мостовой сейсмоизолированной конструкции, их численный анализ, сопоставление получаемых результатов с данными других исследований и опытом устройства сейсмоизоляции на мостах; разработку предложений и технических решений по сейсмоизоляции железнодорожных мостов

**Достоверность** результатов расчетно-теоретических исследований обеспечивалась применением современного программного обеспечения, известных методов строительной механики и непротиворечивостью результатов по отношению к ранее полученным.

**Рекомендации по использованию** Результаты работы могут быть использованы при:

- проектировании железнодорожных мостов различной протяженности с устройствами сейсмоизоляции;
- оценке эксплуатационных и сейсмических нагрузок проектируемых и введенных мостов;
- в перспективе - разработке нормативов и рекомендаций, в том числе с использованием новых результатов, полученных автором и дальнейшему их развитию;

Реценziруемая работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (152 наименования, в том числе – 40 на иностранных языках), Работа включает 155 стр. Текста, в том числе, 70 рисунков и 5 таблиц.

#### **Рассмотрение содержания диссертации**

Во **Введении** обосновывается актуальность темы диссертации, приведен краткий обзор выполненных по рассматриваемому вопросу исследований, дана общая характе-

ристика диссертационной работы.

**В первой главе** формулируются задачи исследований; выполнен анализ проблем, возникающих при проектировании систем сеймоизоляции железнодорожных мостов. Сделан основной вывод о том, что возможность применения сеймоизоляции в рассматриваемом случае определяется поведением рельсовых плетей под эксплуатационной нагрузкой.

Приведены конструктивные схемы наиболее распространенных типов сеймоизоляции - от простых до более сложных (объединяющих). Исходя из нормативных требований, указана необходимость введения в сеймоизолирующие опоры демпфирующих элементов. Обсуждается вопрос выбора вида и параметров демпфирующих элементов, приведена универсальная формула для вычисления силы сопротивления, развиваемой демпфером.

Приведены примеры осуществленных проектов сеймоизолированных железнодорожных мостов в промышленно развитых странах.

**Глава 2** Выполнено исследование работы верхнего строения пути при эксплуатационных нагрузках. Соответственно решались три различные задачи для каждого вида нагрузок, к которым относятся: поперечные нагрузки, возникающие при поперечных ударах подвижного состава (первая задача); продольные, вызываемые торможением состава - (вторая задача); нагрузки, возникающие вследствие изменения температуры рельсовых плетей - (третья задача). Рассмотрены три варианта размещения опорных частей:

- а) обычные опорные части, абсолютно жесткие в поперечном направлении;
- б) стандартные опорные части чередуются с резиновыми опорными частями;
- в) устанавливаются резиновые опорные части на всех опорах.

Для решения первой из вышеперечисленных задач построена расчетная кусочно-линейная модель (рис. 2.15), характеристики которых определены для 4-х возможных состояний модели в зависимости от состояния нелинейных элементов.

В качестве эксплуатационной поперечной нагрузки на мост выступают поперечные удары подвижного состава, обусловленные волнобразным движением состава с периодическим накатыванием вагонов на одну из рельсовых нитей. Рассмотрены 4 варианта моста. Первые два варианта – базовые. В них предусматриваются обычные опорные части с жестким в поперечном направлении соединением с опорами. В одном варианте рассматривается путь на балласте, другом – безбалластное мостовое полотно (БМП). В двух других вариантах рассматривается мост с податливыми опорными частями при аналогичном устройстве ВСП.

Расчет по методу конечных элементов (МКЭ) выполнен с использованием программного комплекса MIDAS и Structure CAD (SCAD), версия 11.1 Система ВСП (рельс Р65, деревянные шпалы, балласт) – пролетное строение – опорные части моделировались стержневыми элементами плоской рамы, работающими на продольную силу, и изгиб.

Пролетное строение принято абсолютно жестким. На основании полученных результатов сделаны следующие выводы:

1. Показано, что при отсутствии сеймоизоляции напряжения в рельсах от ударов подвижного состава пренебрежимо малы. При использования балласта они составляют 67, а для БМП – 27 кГ/см<sup>2</sup>.
2. Значительно более высокие уровни напряжений от поперечных ударов для сеймоизоляции на всех опорах в рельсовых панелях только от поперечных ударов достигают 2300 кГ/см<sup>2</sup>. Если учесть, что температурные напряжения в рельсах доходят до 600-800 кГ/см<sup>2</sup>, а напряжения от вертикальной нагрузки могут добавить еще до 100 кГ/см<sup>2</sup>, то суммарные напряжения в рельсах достигнут 3200 кГ/см<sup>2</sup>. Это означает, что в рассматриваемом случае (пролетные строения L=33м) по условию прочности при эксплуатационных нагрузках могут быть применены только термоупрочненные рельсы, а увеличение пролета вообще недопустимо. Использование балласта позволяет снизить напряжения до 290 кГ/см<sup>2</sup>, однако и в этом случае пролет можно увеличить до 44 м только при использовании термоупрочненных рельсов.
3. На основании этих результатов автор сформулирует заключение о возможности использования сеймоизоляции только при условии сочетания податливой и одной продольно неподвижной групп опорных частей под пролетное строение. При использовании езды на балласте в этом случае расчетные напряжения в рельсах составляют 2800 кГ/см<sup>2</sup>. тот результат позволяет прогнозировать возможность применения рассматриваемой сеймоизоляции на мосты пролетами до 66 м при использовании термоупрочненных рельсов с допустимыми напряжениями 5800 кГ/см<sup>2</sup>.
4. Для мостов пролетами более 33 м, периоде сеймоизоляции с парциальным периодом более 1.5 с и при использовании БМП необходим расчет напряжений в рельсовом пути.
5. Во всех случаях для сеймоизолированных мостов целесообразно применять балласт. При пролетах моста более 33 м сочетание БМП и обычной сеймоизоляции в виде гибких опорных частей и демпферов неприемлемо.
6. В выполненном исследовании требования норм к ограничению гибкости опор не соблюдалось. Смещения пролетного строения относительно опоры примерно в два раза превосходили допустимые нормами. Тем не менее, усилия в рельсах оказались меньшими.

допустимых. При этом смещения пролетных строений относительно опор достигали 7 см против 2.7 см по СП.

Основной же вывод из выполненных расчетов состоит в том, что для железнодорожных мостов пролетами более 66 м необходимы более сложные системы сейсмозащиты, включающиеся в работу при нагрузках, превосходящих эксплуатационные.

Для решения второй задачи использовалась расчетная схема трехпролетного моста.

Рассмотрены три варианта размещения подвижных и неподвижных опор. В первом варианте чередуются подвижные и неподвижные опоры. Во втором варианте все неподвижные части заменены податливыми. В третьем варианте все опорные части податливые.

В расчетную схему включены упруго-пластические элементы, сочетающие нелинейные упругие элементы и элементы сухого трения.

Тормозная нагрузка моделируется линейно возрастающей функцией времени и достигает своего расчетного значения в течении 20 секунд.

Для проведения динамического расчета и последующего анализа использованы методика и алгоритм расчета кусочно-линейных систем релейного типа, предложенные И.О. Кузнецовой и А.М.Уздиным. Согласно указанной методики система может находиться в одном из возможных состояний демпферов ( $i=0$  – оба демпфера открыты,  $i=1$  первый демпфер закрыт,  $i=2$  второй демпфер закрыт,  $i=3$  – оба демпфера закрыты). Для каждого из состояний составлены матрицы жесткости и демпфирования. В пределах интервала времени, когда состояние системы неизменно, она полагается линейной и для ее решения применяется известный метод разложения по собственным формам, в результате которого получена система несвязанных интегрируемых уравнений.

В третьей задаче рассматривается вопрос оценки напряженно-деформированного состояния рельсовых плетей сейсмозащищенных мостов от температурной нагрузки. С этой целью рассмотрена расчетная модель фрагмента верхнего строения, включающего собственно участок рельса, опирающийся через промежуточную гибкую вставку на опору пролета. Диаграмма деформирования подрельсовой вставки известна в литературе как диаграмма Прандтля и разбивается на три этап – упругий, пластический и участок разгрузки. При разгрузке рельс получит остаточное смещение относительно вставки.

Решение выполнено при условии монотонного нагрева рельсовой плети. Автор ограничился отдельным рассмотрением нагрузки от температуры и от торможения поезда поезда. К сожалению, в нелинейной задаче их действие нельзя складывать. Однако качественные выводы по результатам расчета вполне можно сделать. Совершенно очевидно, что при наличии сейсмозащиты усилия в рельсах от температуры и торможения должны

снизиться. А вот перемещения рельса на подходах к мосту должны возрасти. Это может привести к расстройству пути в зоне его подхода к мосту.

Из достижений автора можно выделить обоснование снижения предельной гибкости опор для сеймоизолированных мостов в 2 раза.

Для оценки состояния (стадии работы) связи, моделирующей подрельсовое основание, формируются соответствующие условия переключения.

Работа рельсовой плети в продольном направлении существенно нелинейная. Автор правильно записала уравнения движения с учетом упругопластической связи рельса с пролетным строением. Однако при численном решении автор ограничился монотонным нагревом рельсовой плети. Кроме того, воздействие от температуры и торможения выполнено по отдельности. Однако в нелинейной задаче их действие нельзя складывать. Тем не менее качественные выводы по результатам расчета вполне можно сделать. Скорее очевидно, что при наличии сеймоизоляции усилия в рельсах от температуры и торможения должны снизиться. А вот перемещения рельса на подходах к мосту должны возрасти. Это может привести к расстройству пути в зоне его подхода к мосту.

**В третьей главе** приведены результаты исследований автора по вопросам моделирования сейсмического воздействия и расчеты мостов с сеймоизоляцией на действие ПЗ и МРЗ. Работа включает обстоятельный обзор проблемы. Далее диссертант выполнил комплекс расчетов, как по акселерограммам землетрясений, так и по синтетическим акселерограммам, сгенерированным по разным методикам. При этом в работе развита модель воздействия, предложенная Г.Аннаевым и А.М.Уздиным, в частности предложен вариант цифровки воздействия и график зависимости преобладающей частоты воздействия от шага цифровки. Это позволяет получать быстрые оценки сейсмостойкости сооружений, правда с заметным запасом. В работе выполнены и другие расчеты, но в реферате они не получили должного отражения.

**Четвертая глава** посвящена конструкции сеймоизолирующих устройств железнодорожных мостов. Автор предложил оригинальное опорное устройство из стальных стержней, соединенное с пролетным строением фрикционно-подвижным болтовым соединением (ФПС). В отличие от зарубежных стержневых устройств, предложенное устройство позволяет значительные смещения пролетного строения относительно опоры (до 25 см). При этом прочность тела опоры и пролетного строения гарантируется даже при МРЗ. На это устройство автором получен патент на изобретение и обеспечено широкое внедрение на мостах в г.Сочи.

**По работе имеются следующие замечания.**

1. Как уже отмечалось, при описании содержания работы во второй главе автор рассмотрел только первую, простейшую задачу монотонного нагружения рельса. Для полного обоснования принятых решений необходимо рассмотреть знакопеременное нагружение рельса температурной и подвижной нагрузками.
2. Автор получил напряжения и перемещения рельса сейсмоизолированного моста на насыпи подходов при МРЗ. Они составили 25 см. Отсюда следует, что от торможения при эксплуатации они составят около 8 см. Не будет ли это отрицательно влиять на состояние пути на подходах.
3. В разделе 4.1 начато описание предлагаемой конструкции, запатентованной группой авторов. Диссертант описал в разделе, кто и что из авторов сделал, но при этом не указал, что именно делал он сам.
4. В описании устройства подробно рассмотрены демпферы, их модель, расчет параметров демпфирования и т.п. При этом отсутствуют данные о параметрах упругого столика и ФПС. Какова марка стали стоек столика, какое покрытие листов используется в ФПС. От него существенно зависит плавность хода соединения. Наконец, какие размеры овалов нужны для работы соединения. При больших подвижках возможно заклинивание болта при его скольжении по листу.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы. Автором впервые решена задача обоснования применимости сейсмоизолирующих устройств для железнодорожных мостов и подобраны их параметры. Работа написана литературным языком, грамотно и аккуратно оформлена. Опубликованные работы освещают основные положения диссертации. Основные этапы работы, выводы и результаты представлены в автореферате.

Считаем, что рассматриваемая диссертация выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований комплексно решена задача оценки работоспособности сейсмоизолирующих опорных частей железнодорожных мостов. Работа имеет значение для развития транспортного строительства в сейсмически опасных районах и, таким образом, соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертационной работы, Сукинникова Татьяна Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.11 – Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей.

Диссертация, отзывы на диссертацию и автореферат рассмотрены и одобрены на заседании отдела «Статика и сейсмостойкость бетонных и железобетонных сооружений», «12 » июля 2017 г., протокол № 3.

Заведующий отделом

«Статика и сейсмостойкость

бетонных и железобетонных сооружений»

кандидат технических наук

Гинзбург София Михайловна

Ведущий научный сотрудник

Отдел «Статика и сейсмостойкость

бетонных и железобетонных сооружений»

доктор технических наук

Альберт Июля Ушерович

Гинзбург София Михайловна, кандидат технических наук Заведующий отделом «Статика и сейсмостойкость железобетонных сооружений» Акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники имени Б.Е.Веденеева», 195220, Санкт-Петербург, ул.Гжатская, д.21, тел.8(812) 493-91-09, GinzburgSM@vniig.ru.

Альберт Июля Ушерович, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник отдела «Статика и сейсмостойкость бетонных и железобетонных сооружений» Акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники имени Б.Е.Веденеева», 195220, Санкт-Петербург, ул.Гжатская, д.21, тел.8(812) 493-93-18, AlbertYU@vniig.ru.

Орищук Роман Николаевич, Генеральный директор, Акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники имени Б.Е.Веденеева», 195220, Санкт-Петербург, ул.Гжатская, д.21, тел.8(812) 535-28-07, vniig@vniig.ru.

Личную подпись *С.М. Гинзбург* удостоверяю *И.У.*  
удостоверяю: Руководитель  
департамента управления персоналом



Е.Ю. Вишневская