

## Отзыв официального оппонента

доктора технических наук, доцента Ашпиза Евгения Самуиловича на диссертацию Орловой Ирины Петровны на тему «Разработка технологии сейсмического мониторинга состояния транспортных сооружений в условиях Крайнего Севера и Сибири», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 - Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых

### **1. Оценка содержания диссертационной работы**

Диссертационная работа Орловой И.П. выполнена в лаборатории методов прогноза землетрясений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук и посвящена решению актуальной проблемы – раннего прогнозирования деформаций земляного полотна железнодорожного пути, расположенного в сложных природных условиях, за счет сейсмического мониторинга его состояния.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников из 112 наименований. Объем диссертации составляет 124 страницы, включая 42 рисунка и 10 таблиц.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации и степень её разработанности, сформулированы цель, задачи, методология и методы исследования, научная новизна и практическая значимость работы, а также положения, выносимые на защиту, достоверность результатов исследований, личный вклад и апробация работы.

**В первой главе** выполнен анализ литературных источников по состоянию земляного полотна железнодорожного пути, разнообразию природных условий и воздействиям подвижного состава, вызывающих его деформации, а также существующим методам диагностики и мониторинга земляного полотна, направленным на оценку его состояния в процессе эксплуатации. Выполненный анализ позволил сформировать нерешенные вопросы диагностики и мониторинга земляного полотна железнодорожного пути и на их основе дать постановку задач диссертационного исследования.

**Вторая глава** посвящена представлению моделей взаимодействия подвижного состава и земляного полотна с его основанием (положение 1, выносимое на защиту). В главе рассмотрены известные аналитические решения и показываются возможности применения численных конечно-элементных методов. Представлены результаты численного решения по определению напряженно-деформированного состояния насыпи – объекта, выбранного для экспериментальных исследований на Северной железной дороге, результаты которого позволили обосновать величины деформаций для подбора датчиков для сейсмического мониторинга. Также предложены аналитические модели Буссинеска и Эльзассера для описания динамического взаимодействия подвижного состава с земляным полотном, которые ранее не применялись для железнодорожного пути.

**В третьей главе** представлены результаты экспериментальных работ по сейсмическим исследованиям на эксплуатируемой насыпи на Северной железной дороге в Архангельской области, расположенной на слабом торфяном основании: дано описание объекта, приведены результаты сейсмических измерений колебаний грунта при проходе поездов и для сравнения при ударном воздействии молота. Также в главе проводится исследование технических характеристик сейсмической аппаратуры и датчиков и даются рекомендации по их выбору и частотным диапазонам измерений, приведен алгоритм предобработки и анализа записей колебаний грунта при проходе поезда (положение 2, выносимое на защиту).

**Четвертая глава** посвящена разработке технологии сейсмического мониторинга состояния грунтов земляного полотна и его основания при проходе поезда, которая бы позволила выявлять появление деформаций в грунтах на ранней стадии их развития (положение 3, выносимое на защиту). В главе представлены основные блоки технологии, основанной на анализе вертикальных и горизонтальных компонент сейсмических записей отдельно в высокочастотном, среднечастотном и низкочастотном диапазонах спектра. Показано влияние наличия мерзлых грунтов в массиве на изменение характеристик колебаний, приведено сравнение результатов аналитических решений, по предложенным моделям, с экспериментальными исследованиями, получена их сходимость и даны рекомендации по сферам применимости моделей. Также в главе представлен алгоритм автоматизации определения параметров мониторинга и разработана блок-схема его технологии. Кроме того, для комплексности мониторинга предлагается дополнить сейсмические исследования измерением деформаций земляного полотна инклинометром для чего предложена конструкция цифрового двухосного прибора, защищенная патентом на полезную модель.

**В заключении** сформулированы основные выводы, полученные в работе, а также намечены возможные направления дальнейших исследований.

## **2. Актуальность диссертационной работы**

Актуальность темы, выбранной диссертантом, не вызывает сомнений. Одной из наиболее ресурсоемких проблем, остро стоящей перед железнодорожным транспортом России, является проблема деформативности пути. Эта проблема вызывает значительные затраты на текущее содержание пути, сокращает время эффективной его эксплуатации, уменьшает пропускную способность железнодорожных линий, что особенно значимо в условиях роста скорости движения, веса и длины поездов. Одним из элементов конструкции пути, вызывающем отказы в его работе является земляное полотно, расположенное в сложных природных условиях, в том числе на многолетнемерзлых грунтах и слабых основаниях. Поэтому разработка технологии раннего прогнозирования деформаций земляного полотна железнодорожного пути, расположенного в сложных природных условиях, за счет сейсмического мониторинга его состояния, поставленная как цель диссертации является актуальной.

## **3. Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Диссертация соответствует паспорту специальности 25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» по следующим пунктам: 3 Сейсмология (за исключением аппаратных разработок и тех ситуаций, когда

данные о современной или палеосейсмической активности используются в рамках традиционного геотектонического анализа). Изучение устойчивости техногенных сооружений в связи с сейсмическим риском; 14. Методы обработки и интерпретации результатов измерения геофизических полей; 15. Компьютерные системы обработки и интерпретации геолого-геофизических данных; 19. Измерительная техника, средства, технологии, системы наблюдений и сбора геофизических данных; геофизические излучающие и измерительные системы.

#### **4. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна**

**Обоснованность** научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается использованием теоретических и экспериментальных методов исследования, основанных на применении положений статистической обработки результатов экспериментов, использовании известных аналитических решений, а также численного моделирования с применением компьютера с использованием лицензированных программ.

Полученные автором результаты, выводы и рекомендации научно обоснованы и подтверждены экспериментально.

**Достоверность** результатов натурных измерений базируется на применении апробированных методик и сертифицированного и регулярно поверяемого оборудования. Достоверность теоретических результатов, полученных аналитическими методами, определяется верификацией их сходимостью с результатами экспериментальных измерений.

Проведенный анализ работы Орловой И.П. позволяет сделать вывод о достаточной обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, а также об их достоверности.

**Новизна** диссертации состоит в том, что впервые:

- для определения напряженно-деформированного состояния земляного полотна под нагрузкой от поезда в динамике применены аналитические модели Буссинеска и Эльзассера и показаны области их сходимости с экспериментом;
- исследовано поведение грунтов основания насыпей в низкочастотном спектре (ниже 0,5 Гц) динамического воздействия, создаваемого подвижным составом с определением времени начала низкочастотных колебаний до прохода по участку поезда и продолжения колебаний после его удаления;
- получено влияние сезонного промерзания на параметры колебаний грунта насыпи под подвижной нагрузкой;
- выявлен признак неустойчивого поведения грунтов при появлении двухполярной траектории с наличием положительных и отрицательных фаз колебаний в горизонтальной плоскости вдоль и поперек пути.

#### **5. Научная и практическая значимость исследования и полученных результатов**

**Научная значимость** диссертации состоит в том, что в ходе исследований теоретически и экспериментально:

- обоснована возможность применения сейсмического мониторинга в широкополосном спектре для раннего прогнозирования деформаций земляного

полотна железнодорожного пути, расположенного в сложных природных условиях;

- показана особенность колебаний грунтов основания насыпи на неустойчивом основании в низкочастотном спектре ((ниже 0,5 Гц)

- вскрыта особенность низкочастотных колебаний в вертикальной и горизонтальной плоскости для участков с неустойчивым состоянием грунта, позволяющая оценить влияние длительности воздействия поездов и определить собственные частоты колебаний насыпей, которые могут уточнить динамические расчеты воздействия поездов на земляное полотно.

**Практическая значимость** работы состоит в том, что, благодаря натурным экспериментам, а также математическому моделированию:

- разработана технология сейсмического мониторинга земляного полотна, позволяющая на ранней стадии оценить возникновение деформаций в основании земляного полотна;

- даны рекомендации по выбору датчиков и аппаратуры для проведения сейсмического мониторинга земляного полотна в широкополосном спектре;

- выявлены информативные параметры сейсмограмм, позволяющие оценить состояние грунтов основания насыпи;

- предложены алгоритмы автоматизированной обработки сейсмограмм, основанные на статистических оценках массивов записей, снижающих влияние разброса характеристик проходящих поездов.

#### **6. Апробация работы и публикации**

Основные положения диссертации достаточно полно докладывались и обсуждались на 6 всероссийских и международных конференциях, перечень которых приведен в тексте диссертации. Материалы диссертации изложены в 9 работах, из которых три опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

#### **7. Оценка содержания диссертации, ее завершенность**

Диссертация является завершенной работой, написана грамотным техническим языком, изложение логично и последовательно с использованием профессиональной терминологической лексики. Структура работы цельная. Содержание диссертации соответствует поставленным целям и задачам исследования.

Диссертация и автореферат по структуре и оформлению соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Оформление списка литературы в виде библиографических ссылок соответствует п. 5.6 ГОСТ Р 7.0.11-2011. Оформление в автореферате списка работ, опубликованных по теме соответствует п. 9.3 ГОСТ Р 7.0.11-2011 и ГОСТ 7.1-2003.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации, отражает ее структуру и положения, выносимые на защиту, и содержит полный перечень публикаций автора по теме диссертации.

#### **8. Замечания по содержанию диссертации**

Положительно оценивая диссертационную работу Орловой И.П., необходимо сделать некоторые замечания по её содержанию.

По названию темы диссертации.

1) Название дано шире, чем предмет исследования, который относится к технологии сейсмического мониторинга земляного полотна на неустойчивом основании.

Общая характеристика работы.

2) Не сформулированы объект и предмет исследования, что вносит некоторую нестройность при постановке задач исследования и описании степени разработанности темы исследования. При этом в тексте диссертации (стр. 39 и стр. 64) даны только частные определения объектов исследования в экспериментах.

По главе 1.

3) В главе приведены сведения из железнодорожного транспорта, ряд из которых содержит неточности и несоответствия:

так стр. 17 дано неправильное определение «жесткой базы тележки», на стр. 18 указывается, что земляное полотно «самый уязвимый элемент для разрушения компонент путевой инфраструктуры железных дорог», стр. 35 указывается, что мобильные диагностические комплексы для земляного полотна (ВИГО и ЛИГО) разработаны в последнее время, хотя их создание относится к концу 20-века и в настоящее время они не используются.

4) В обзоре отсутствует анализ современных документов, утвержденных в ОАО «РЖД» и применяющихся в настоящее время для сейсмического мониторинга насыпей таких, как «Инструкция по вибродиагностике насыпей на слабых основаниях» (2011 г.) и «Инструкция по проведению вибродиагностики высоких насыпей на железных дорогах ОАО «РЖД» (2014 г.).

По главе 2.

5) На стр. 42 указывается, что «от реакции земляного полотна на низкочастотные воздействия, создаваемые поездом, как раз и зависят его деформационные свойства». Это важное утверждение, но дано без его доказательства и обоснования, что необходимо было сделать

6) В главе часто используется понятия низкочастотного, среднечастотного и высокочастотного спектров колебаний грунта, но четкого определения границ не дано, более того в нескольких местах к высокочастотным колебаниям относят колебания с частотой 2-8 Гц. В тоже время ученые, занимавшиеся на железнодорожном транспорте этой проблемой (Лысюк В.И. и Коншин Г.Г.) указывали на широкий спектр частот колебаний грунта основной площадки земляного полотна вплоть до 250 Гц, а глубже в насыпи считали одной из основных частот, совпадающей с колебаниями кузова вагона частоту в 20-40 Гц. С нашей точки зрения, правильнее было бы диапазоны частот колебаний грунта земляного полотна привязать к характерным частотам колебаниям вагона: кузовные, неподрессоренная часть и в целом группа вагонов.

7) На стр. 42 не корректно указывается, что в расчетах пути используется статическое давление от колеса на рельс, в то время как в правилах расчетов пути на прочность используется квазистатическое значение силы, полученной с учетом коэффициента динамики, учитывающего колебания вагона при движении по рельсу из-за имеющихся неровностей и несовершенства геометрии колес.

8) Из компьютерного моделирования, да и по общей логике, следует, что основные колебания по величине амплитуды происходят на основной площадке

земляного полотна, но сейсмодатчик был установлен на берме, где амплитуды меньше. Объяснения по выбору места расположения датчика на насыпи в тексте диссертации не дано, хотя это важный вопрос и его надо было бы обосновать.

А может и установить по поперечному сечению и два датчика (это применяется в нормативных документах ОАО «РЖД»), чтобы получить функцию затухания амплитуд колебаний с удалением от источника возмущения

По главе 3.

9) На стр. 66 указывается, что на экспериментальном участке выделены три характерных подучастка, один из которых характеризуется «укрепленным ослабленным», что непонятно и требует пояснений.

10) На рисунках обработки волновых процессов в горизонтальной плоскости поперек пути в низкочастотном диапазоне (рис. 3.2.2 и 3.4.2 и других) получена при проходе одна длинная волна, которая показывает вначале движение грунта в одну сторону от пути, а потом после прохода поезда в другую сторону от пути и возвращение на место. Пояснения этой зафиксированной в эксперименте важной особенности поперечных колебаний не дано. На наш взгляд это возможно если на экспериментальном участке есть отличие левой и правой стороны земляного полотна по характеристикам грунтов, но тогда это особенность данного участка, а не общая закономерность. Требуется пояснение

По главе 4.

11) В таблице 9 представлены типичные значения медиан квадратов амплитуд скоростей смещения. При этом величины в вертикальной плоскости полученные в эксперименте 2017 года на два порядка больше чем аналогичные параметры в 2019 г. Требуется пояснение такой разности в эксперименте.

12) На стр.109 сделано утверждение, что данная технология мониторинга применима для оснований путей, в том числе при карстовых явлениях и деградации вечной мерзлоты, но такое утверждение требует экспериментального подтверждения и может быть высказано только предположительно.

При оформлении диссертации и автореферата не удалось избежать грамматических ошибок и неточностей при оформлении графического материала.

## **9. Заключение**

Проведенный анализ материалов диссертации указывает, что по актуальности, содержанию и значимости основных результатов диссертация Орловой Ирины Петровны «Разработка технологии сейсмического мониторинга состояния транспортных сооружений в условиях Крайнего Севера и Сибири» актуальна, обладает научной новизной и практической значимостью, результаты исследований апробированы и имеют высокую перспективу для внедрения. Полученные в диссертации результаты позволяют формулировать направления дальнейших научных исследований, как по теме исследований, так и в смежных областях и иных научных направлениях.

Автореферат и публикации соискателя полностью отражают основные положения и результаты диссертационной работы. При использовании материалов и отдельных результатов в работе имеются ссылки на авторов и источники заимствования.

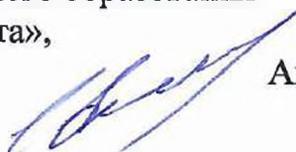
Отмеченные замечания к работе не влияют на основные теоретические и практические результаты диссертации и в целом не меняют общей положительной оценки выполненной диссертационной работы. В целом диссертация соответствует критериям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям. В части п.9 указанного Постановления диссертация является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технологические решения, имеющие существенное значение для развития страны.

Автор диссертации – Орлова Ирина Петровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 - Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Я, Ашпиз Евгений Самуилович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

заведующий кафедрой «Путь и путевое хозяйство»  
федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Российский университет транспорта»,  
доктор технических наук, доцент



Ашпиз Евгений Самуилович

127994, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д 9, стр. 9

Тел.: 8(495) 681-19-13, электронный адрес: [geonika@inbox.ru](mailto:geonika@inbox.ru)

Подпись *Ашпиза Е.С.*  
Заверил  
Директор ЦКД С  
С.Н. Коржин

