

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента

доктора технических наук Стояновича Геннадия Михайловича  
на диссертацию Ланиса Алексея Леонидовича

«Армирование эксплуатируемых высоких насыпей с инъектированием  
твердеющих растворов» на соискание ученой степени доктора технических  
наук по специальности 05.22.06 – Железнодорожный путь,  
изыскание и проектирование железных дорог

### **Актуальность избранной темы**

Дальнейшее развитие железнодорожного транспорта предполагает рост интенсивности воздействия на земляное полотно, являющееся основой пути. Протяженность дефектного и деформирующегося земляного полотна составляет около 9% общей протяженности железных дорог страны. Исследования прошлых лет показывают, что в зоне риска при этом находятся высокие насыпи, многие из которых возведены более ста лет назад. Повышение эффективности содержания и эксплуатации железнодорожного пути возможно при использовании технологий усиления, допускающих производство работ с минимальным ограничением движения. К таким технологиям можно отнести способы, основанные на армировании грунтовых массивов инъектированием твердеющих растворов. Таким образом, решение проблемы повышения надежности эксплуатируемых высоких насыпей имеет важное хозяйственное значение для развития транспортной отрасли, а разработка методологии армирования с инъектированием твердеющих растворов высоких эксплуатируемых насыпей является своевременной и актуальной.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается и подтверждается:

– корректной постановкой цели и задач исследования на основе анализа большого массива научных публикаций по рассматриваемой тематике, как отечественных, так и зарубежных авторов, статистических данных подразделений ОАО «РЖД», нормативной и технической литературы;

– системным подходом к планированию, проведению и статистической обработке результатов экспериментов, выполненных автором в соответствии с нормативными документами и с учетом трудов ведущих отечественных и зарубежных ученых в области железнодорожного пути, транспортного строительства и механики грунтов;

– качественным совпадением полученных результатов с данными, представленными в независимых источниках по данной тематике;

– достаточной апробацией результатов исследований в рамках научных конференций и симпозиумах (международных, национальных), на межкафедральных семинарах и отраслевых совещаниях;

– внедрением результатов исследования на объектах железнодорожного транспорта.

### **Достоверность и новизна полученных результатов**

Достоверность результатов исследования подтверждается применением поверенных приборов и средств измерения, сертифицированного оборудования, существенным объемом экспериментальных данных и их статистической обработкой на основе современных достижений науки, сопоставлением полученных экспериментальных данных с фактическими, результатами внедрения на реальных объектах железнодорожного транспорта.

Научную новизну составляют:

- теоретические положения по оценке напряженно-деформированного состояния грунтового массива в процессе инъецирования твердеющих растворов;
- функциональные зависимости изменения характеристик усиленного грунтового массива от параметров армирования и грунтовых условий;
- комплекс математических моделей армированных с инъецированием твердеющих растворов высоких насыпей, критерии их использования;
- критерии «плавности въезда» на железнодорожное мостовое сооружение в пределах участка переменной жесткости;
- теоретико-методологические основы армирования эксплуатируемых высоких насыпей с инъецированием твердеющих растворов, систематизированные в виде алгоритма, позволяющего реализовать предложенную и теоретически обоснованную концепцию выбора способа и параметров усиления высоких насыпей, ослабленных в процессе эксплуатации железнодорожного пути.

### **Теоретическая и практическая значимость результатов исследования**

Теоретическая значимость исследования заключается, прежде всего, в разработке методологии армирования эксплуатируемых высоких насыпей с инъецированием твердеющих растворов, в теоретическом обосновании основных ее положений. Автором разработаны и систематизированы модели армирования эксплуатируемых высоких насыпей, учитывающие параметры и элементы армирования для каждого случая, обоснованы критерии их использования. Решены задачи по определению напряженного состояния грунтового массива в непосредственной близости от области инъецирования твердеющего раствора, позволяющие оптимизировать объемы усиления. На основе метода дискретных элементов разработана методика для оценки напряженно-деформированного состояния грунтового массива, в том числе в процессе инъецирования твердеющих растворов. Предложены решения в области армирования для определения деформационных характеристик грунтового массива, представленного насыпью. Предложен принцип конструирования и расчета участков переменной жесткости с достижением необходимой «плавности въезда». Разработанная методология служит научной основой для принятия практических решений в вопросе повышения надежности эксплуатируемых высоких насыпей железнодорожного пути.

Практическая значимость результатов исследования подтверждается полученными и систематизированными новыми научно обоснованными техническими и технологическими решениями, включающими способы армирования эксплуатируемых высоких насыпей с инъектированием твердеющих растворов, методику определения параметров армирования, обоснование выбора оборудования, методику контроля качества выполненных работ. Практическая значимость и новизна результатов исследования подтверждается полученными соискателем единолично и в соавторстве патентами РФ, актами внедрения на объектах транспортной инфраструктуры.

### **Оценка содержания диссертации и ее завершенность**

Диссертация Ланиса А.Л. состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, 2 приложений. Список литературы состоит из 300 наименований. Общий объем текста 409 страниц.

Решение задач диссертации, полученные в ней результаты изложены технически грамотным языком в четкой логической последовательности. Содержание и структура соответствуют поставленной цели исследования, критерию внутреннего единства. Полученные автором результаты исследования, сформулированные выводы и предложения, являются новыми.

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулированы предмет, объект, цель и задачи исследования, научная новизна, практическая значимость работы, методология, методы, достоверность исследования, отражены сведения об апробации и реализации результатов исследования.

**В первой главе** выполнен подробный анализ работ отечественных и зарубежных ученых по теме диссертации, определены цель и задачи исследования. Оценка состояния земляного полотна по условиям обеспечения надежности в современных условиях позволили обосновать критерии и требования к методам усиления эксплуатируемых высоких насыпей железных дорог. С учетом выделенных основных видов возможных последствий воздействия интенсивного движения на железнодорожные высокие насыпи, являющихся проблемными и для обычной эксплуатации, рассмотрены известные технологии усиления, обоснован вывод о необходимости развития теоретических положений и практических решений по армированию земляного полотна на основании моделирования геотехнических процессов. Сформулированы направления дальнейших теоретических и экспериментальных исследований.

**Во второй главе** сформулированы основные критерии и выполнено теоретическое обоснование выбора способов армирования эксплуатируемых высоких насыпей по результатам численного моделирования деформаций и потери устойчивости сооружений. Обоснованы три внедренных автором способа армирования и термин «армирование с инъектированием», объединяющий их. Разработаны и систематизированы модели армирования эксплуатируемых высоких насыпей, учитывающие параметры и элементы армирования для каждого случая. Обоснована необходимость учета изменений напряженно-деформированного состояния грунтовых массивов при инъектировании твердеющих растворов, получены теоретические решения. Предложена модифицированная модель дискретной геосреды для моделирования процесса инъектирования твердеющих

растворов в грунтовой массив с оценкой напряженно-деформированного состояния в зоне усиления. Анализ результатов, полученных во второй главе, позволил сформулировать задачи экспериментальных и дальнейших теоретических исследований, что подтверждает комплексный подход при проведении исследования.

**В третьей главе** приведены результаты экспериментальных исследований конструктивных и технологических параметров армирования, характеризующих усиленный грунтовой массив в армированных высоких насыпях. Установлены параметры армирования для каждого способа армирования с инъектированием, оказывающие существенное влияние на работу усиленного массива. Определены свойства грунтовых массивов, армированных с инъектированием твердеющих растворов, определены конфигурации включений затвердевшего раствора с выявлением их геометрических параметров. Исследованы области вокруг включений инъектируемого раствора с определением количественных характеристик уплотненного грунта. Оценено влияние грунтовых условий на изменение диаметров набивных свай, изготовленных в раскатанных скважинах, исследованы грунтовые области вокруг набивных свай с определением количественных характеристик уплотненного грунта. Исследовано влияние рецептуры армирующих составов на физико-механические характеристики затвердевшего раствора, используемого при армировании с инъектированием.

**В четвертой главе** приведены результаты теоретических исследований, выполненных на разработанных численных моделях, позволившие выявить функциональные зависимости изменения модуля упругости усиленного массива от параметров армирования и грунтовых условий, функциональную зависимость изменения уклона основной площадки (в пределах участка переменной жесткости) в зависимости от расстояния от сооружения. Сформулированы критерии обеспечения плавности въезда, предложен принцип конструирования и расчета участков переменной жесткости. Подтверждена гипотеза о существенном влиянии уплотненных зон вокруг затвердевшего раствора на работу армированного массива. Установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по рассматриваемой тематике.

**В пятой главе** выполнена систематизация теоретических и практических решений, полученных автором в исследовании, позволившая сформулировать общую методологию армирования эксплуатируемых высоких насыпей с инъектированием твердеющих растворов. Представлены комплексный алгоритм проектирования армирования эксплуатируемых высоких насыпей с инъектированием твердеющих растворов, результаты внедрения и оценки экономической эффективности.

**В заключении** обобщены выводы, рекомендации и научные результаты, разработанные и обоснованные в соответствующих главах диссертации.

Диссертация по содержанию, оформлению, стилю изложения материала, широте и глубине охвата проблемы, отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук.

Опубликованные в научной печати по теме диссертации 57 научных работ, в том числе 15 статей, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК, и 10 патентов РФ на изобретения, отражают основное содержание диссертацион-

ной работы и автореферата, их объем также отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук.

### **Соответствие автореферата диссертации её содержанию**

Автореферат в достаточно полном объеме отражает основные положения диссертационной работы, соответствует ее содержанию, раскрывает положения ее научной новизны. Выводы по диссертации приведены в заключении автореферата.

### **Соответствие паспорту научной специальности**

Диссертация Ланиса А.Л. соответствует паспорту специальности 05.22.06 – Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог, а именно следующим пунктам паспорта специальности:

п. 2 – Конструкции верхнего и нижнего строения железнодорожного пути. Основные параметры, направления развития, проектирование, изготовление. Система технического обслуживания и ремонтов железнодорожного пути. Технология производства и организация работ;

п. 7 – Эксплуатационная надежность железнодорожного пути.

### **Замечания по диссертационной работе**

К замечаниям по рассматриваемой диссертационной работе можно отнести следующее:

1. В первой главе недостаточно информации о применении армирования с инъектированием твердеющих растворов при усилении эксплуатируемых высоких насыпей за рубежом в последние три года.

2. Интерес представляет термин «твердеющий раствор», широко используемый автором в диссертации и в печатных научных трудах. Что подразумевается под этим термином? Термины «напорное инъектирование», «объемное армирование» использованы в диссертации, в ряде работ автора, но подробно в тексте не рассмотрены. Эти термины сформулированы и обоснованы автором?

3. Каким образом обоснована глубина формирования набивных свай в раскатанных скважинах в модели М 5.3?

4. В таблице 3.5 приведены значения прочностных характеристик грунта до и после армирования инъектированием твердеющих растворов. Отмечено увеличение значений удельного сцепления и угла внутреннего трения. За счет каких процессов происходит увеличение значений угла внутреннего трения? Влияют ли на это армоэлементы в виде затвердевшего раствора?

5. При сравнении результатов моделирования развития деформаций в грунтовой насыпи методом дискретных элементов, полученных автором, с результатами моделирования на центробежной установке, полученных учеными МИИТа сделан вывод о качественном совпадении результатов. Можно ли говорить о количественном совпадении результатов? Каково совпадение количественных параметров? Проводился ли такой анализ?



## ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук Доброва Эдуарда Михайловича на диссертацию Ланиса Алексея Леонидовича на тему «Армирование эксплуатируемых высоких насыпей с инъецированием твердеющих растворов» по специальности 05.22.06 – «Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог» на соискание ученой степени доктора технических наук

### **Актуальность избранной темы**

В соответствии с долгосрочной программой развития АО «РЖД» до 2025 г. (распоряжение правительства РФ № 466-Р от 19.03.2019) запланирован рост объемов погрузки и грузооборота АО «РЖД», что приведет к значительному увеличению интенсивности воздействия всех силовых факторов на объекты железнодорожной инфраструктуры. Статистические данные по состоянию земляного полотна (ЗП) на эксплуатируемой сети железных дорог, представленных в свободной печати, свидетельствуют о недостаточной его прочности и острой, в связи с этим, необходимости приведения его в нормативное состояние. Особую тревогу вызывает состояние существующих конструкций высоких насыпей, на которых из-за повышения транспортных нагрузок происходит рост деформаций как основной площадки, так и рабочей зоны и устойчивость их откосов. Поэтому решение существующей задачи, связанной с обеспечением надежности эксплуатируемых, прежде всего, высоких насыпей железнодорожного пути и повышение экономической эффективности применяемых мероприятий по их усилению, безусловно, является актуальной и своевременной проблемой, решение которой будет способствовать дальнейшему успешному развитию транспортной отрасли и страны в целом.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, представленных в диссертации, базируется на использовании автором известных достижений фундаментальных и прикладных наук, а также подтверждается:

- достаточным уровнем анализа научно-технической литературы по рассматриваемым вопросам и корректным формулированием на его основе цели и задач исследования;
- системным подходом к планированию исследования с обоснованием применения современных методов решения поставленных задач;
- корректным применением математического аппарата, использованием апробированных научных положений, методов статистической обработки результатов экспериментов в соответствии с нормативными документами;

- обоснованием теоретических положений диссертации путем сопоставления с результатами расчетов, в том числе и с применением современных программных комплексов;
- качественным совпадением полученных результатов с данными, представленными в независимых источниках по данной тематике;
- положительными результатами внедрения на объектах транспортной инфраструктуры.

### **Достоверность и новизна полученных результатов**

В диссертации получены результаты, обладающие научной новизной и расширяющие существующие знания в сфере методологии усиления высоких эксплуатируемых насыпей с помощью их армирования инъектированием твердеющих растворов. К этим результатам следует отнести:

1. Теоретико-методологические основы армирования с инъектированием твердеющих растворов эксплуатируемых высоких насыпей, ослабленных в процессе эксплуатации, базирующиеся на разработанных и систематизированных математических моделях, включая критерии применения, расчетные схемы, состав и параметры элементов моделей;
2. Принципы оценки уплотненных зон грунта вокруг затвердевшего раствора, образованных при напорном инъектировании и раскатке скважин для их учета в моделях, как расчетного элемента;
3. Положения по оценке напряженно-деформированного состояния грунтового массива в процессе инъектирования твердеющих растворов;
4. Функциональные зависимости изменения характеристик усиленного грунтового массива от параметров армирования и грунтовых условий;
5. Критерии «плавности въезда» на железнодорожное мостовое сооружение в пределах участка переменной жесткости.

Достоверность результатов исследования подтверждается достаточной сходимостью полученных результатов с имеющимися данными, представленными в независимых источниках, их практической применимостью, а также результатами внедрения на объектах транспортной инфраструктуры. Представленные результаты исследования соответствуют по содержанию паспорту специальности 05.22.06 - Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог, являются новыми и имеют существенный теоретический и прикладной характер. Основные выводы диссертации вытекают из ее фактического содержания.

### **Теоретическая и практическая значимость результатов исследования**

Теоретическая и практическая значимость результатов исследования заключается в разработке методологии армирования эксплуатируемых



высоких насыпей с инъектированием твердеющих растворов, включающей теоретические положения и систематизированные практические решения.

Теоретические положения базируются на расширении представления о напряженно-деформируемом состоянии высоких эксплуатируемых насыпей железнодорожного пути при их армировании с инъектированием твердеющих растворов и включают решения задач по расчету напряжений в области инъектированного в грунт раствора, определению предельного давления инъектирования, при котором происходит поднятие поверхности грунтового массива, определению объема раствора при заданном давлении инъектирования, функциональные зависимости, критерии, имеющие практическое значение. Предложенные и обоснованные автором научные подходы и методы вносят значительный вклад в теорию и методологию армирования с инъектированием твердеющих растворов, а также повышение надежности эксплуатируемых высоких насыпей.

Практические решения включают способы усиления, методику определения параметров армирования, обоснование выбора оборудования, методику контроля качества выполненных работ. Новизна и практическая значимость результатов исследования подтверждается патентами РФ, полученными соискателем единолично и в соавторстве. Результаты внедрения, представленные автором, также подтверждают практическую значимость исследования.

### **Оценка содержания диссертации и ее завершенность**

Диссертацию Ланиса А.Л. в рамках поставленной цели и решенных задач можно считать законченной самостоятельной научно-квалификационной работой. Решение задач диссертации и полученные в ней результаты излагаются в четкой логической последовательности и технически грамотным языком. Содержание и структура соответствуют поставленной цели исследования, критерию внутреннего единства. Сформулированные автором теоретико-методологические положения, выводы и рекомендации отличаются четкостью и аргументированностью, являются новыми. В списке литературы приведены основные работы по теме диссертации, в том числе опубликованные автором. По тексту диссертации приведены корректные ссылки на заимствованные материалы.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, двух приложений и списка литературы. Работа изложена на 409 страницах, содержит 150 рисунков, 56 таблиц. Список литературы включает 300 наименований работ отечественных и зарубежных авторов.

**Вовведении** дано обоснование актуальности темы, определены предмет, объект исследования, сформулированы цель и задачи, научная новизна, практическая значимость работы, отражены сведения об апробации, реализации и достоверность результатов исследования.

**В первой главе** выполнен аннотированный библиографический анализ основных отечественных и зарубежных работ по тематике исследования,

достаточно подробно изложены вопросы анализа состояния железнодорожного пути, рассмотрены вопросы обеспечения надежности и методы их усиления эксплуатируемых высоких насыпей, сформулированы и обоснованы задачи исследования.

**Во второй главе** выполнены теоретические исследования, позволившие для эксплуатируемых высоких насыпей, армированных с инъектированием твердеющих растворов, обосновать выбор способов армирования, разработать теоретические основы оценки напряженно-деформированного состояния грунтовых массивов и математические модели, систематизированные по способу армирования и виду деформаций.

Теоретическое обоснование выбора способов армирования выполнено на основании качественной и количественной оценки зон армирования, полученной в результате численного моделирования деформаций и потери устойчивости сооружений в соответствии с основными видами возможных последствий повышения интенсивности воздействия поездной нагрузки. В работе сформулированы критерии, на основании которых обоснованы три способа и само понятие: «армирование с инъектированием». На основании системного подхода к определению параметров усиления предложена матрица численных моделей с поэлементным описанием с учетом особенностей напряженно-деформированного состояния в зонах необходимого армирования. Автором диссертации выдвинута оригинальная гипотеза о необходимости учета в моделях как расчетного элемента уплотненных зон вокруг затвердевшего раствора. Для учета изменения напряженно-деформированного состояния грунтового массива при армировании с инъектированием твердеющих растворов получены аналитические решения, предложен модифицированный метод дискретных элементов, основанный на уравнениях движения частиц и усовершенствованной модели грунта. Кроме того, во второй главе сформулированы и обоснованы задачи экспериментальных и дальнейших теоретических исследований.

**Третья глава** посвящена планированию, проведению, статистической обработке результатов экспериментальных исследований конструктивных и технологических параметров армирования с инъектированием. Выполненные исследования позволили для каждого рассматриваемого способа установить элементы и параметры армирования, оказывающие существенное влияние на работу усиленного массива, разработать модификацию раскатчика скважин с полым валом и выходным отверстием, получить функциональные зависимости, позволяющие количественно оценить изменения свойств грунтов в уплотненных зонах. Экспериментальные исследования позволили получить новые знания об оптимальных технологических параметрах армирования с инъектированием, разработать и запатентовать оборудование, способы усиления и контроля качества, систематизация которых выполнена в пятой главе. На основании исследований в лабораторных условиях

разработана методика подбора армирующих составов на основе цементного вяжущего.

**В четвертой главе** выполнены теоретические исследования, получены функциональные зависимости изменения модуля упругости усиленного массива от параметров армирования и грунтовых условий, оптимальная функциональная зависимость изменения уклона основной площадки (в пределах участка переменной жесткости) в зависимости от расстояния от сооружения, сформированы критерии обеспечения плавности въезда участка подходной насыпи к мосту. Введен и обоснован термин «плавность въезда». Подтверждена гипотеза о существенном влиянии уплотненных зон вокруг затвердевшего раствора на работу армированного массива. На основании выполненной оценки адекватности составленных моделей даны рекомендации по использованию выявленных функциональных зависимостей для назначения параметров армирования при проектировании усиления грунтов высоких насыпей. Сравнение результатов эксперимента, проведенного методом центробежного моделирования, с численными результатами автора показало их близкую сходимость. Даны рекомендации по оценке технологических параметров инъектирования, с помощью моделирования методом дискретных элементов процессинъектирования твердеющих растворов вглубь массива.

**В пятой главе** разработана методология армирования эксплуатируемых высоких насыпей с инъектированием твердеющих растворов, представленная в виде системы алгоритмов; разработаны и систематизированы практические решения; представлены результаты внедрения и оценки экономической эффективности.

Диссертация Ланиса А.Л. «Армирование эксплуатируемых высоких насыпей с инъектированием твердеющих растворов» по широте и глубине охвата проблемы, содержанию и оформлению отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук.

#### **Соответствие автореферата диссертации её содержанию**

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационной работы, раскрывает основные положения проведенного исследования и полученные результаты. Основные выводы по диссертации приведены в заключении автореферата.

#### **Соответствие паспорту научной специальности**

Диссертация Ланиса А.Л. соответствует паспорту специальности 05.22.06 - «Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог», а именно следующим пунктам паспорта специальности:

П. 2 – Конструкции верхнего и нижнего строения железнодорожного пути. Основные параметры, направления развития, проектирование, изготовление.

Система технического обслуживания и ремонтов железнодорожного пути.  
Технология производства и организация работ;

П. 7 – Эксплуатационная надежность железнодорожного пути.

### **Замечания по диссертационной работе**

Тем не менее, при общей положительной оценке рецензируемого диссертационного исследования представляется необходимым сделать следующие замечания:

1. В первой главе не достаточно отражены вопросы деформирования и усиления автодорожных высоких эксплуатируемых насыпей, влияния климатических особенностей нашей страны на выбор метода усиления.
2. При разработке моделей армированного земляного полотна, расчетных схем не учитывались особенности конструкции, накопленные за период его эксплуатации (рост мощности балластного слоя, его калымация, влагонакопление рабочего слоя, меры усиления, выполненное ранее и т.д.). Очевидно, нужны четкие рекомендации по учету этих особенностей.
3. Для способов напорного инъецирования и объемного армирования для схем армирующих элементов использовано обозначение «зона низкого уплотнения грунта» (стр. 190), а для схем армирующих элементов, используемых при формировании численных моделей с армированием набивными сваями в раскатанных скважинах использовано обозначение «зона минимального уплотнения грунта» (стр. 207). В чем их различие?
4. Полученные автором в процессе исследования функциональные зависимости имеют оптимальные границы использования. Представляется ли возможным сформулировать такие границы использования для всей методологии армирования эксплуатируемых высоких насыпей с инъецированием твердеющих растворов?

Приведенные замечания не снижают значимости работы и не влияют на общую положительную оценку диссертации.

### **Заключение**

Диссертация Ланиса А.Л. «Армирование эксплуатируемых высоких насыпей с инъецированием твердеющих растворов» содержит существенные теоретические и практические разработки, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны; по своей актуальности, объему и научному уровню в полной мере соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.:

п. 9 - диссертация является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой, в которой предложено решение проблемы обеспечения надежности эксплуатируемых высоких насыпей железнодорожного пути и повышения экономической эффективности их усиления, имеющей важное хозяйственное значение; разработаны теоретические основы методологии армирования эксплуатируемых высоких насыпей с инъецированием твердеющих растворов, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны;

п. 10 – диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством и содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, что свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. В диссертации приведены сведения о практическом использовании автором научных результатов, а также рекомендации по практическому использованию научных положений и выводов. Предложенные автором диссертации решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями;

п. 11 – основные научные результаты диссертации в полной мере отражены в научных работах автора, опубликованных в рецензируемых научных изданиях;

п. 13 – количество публикаций автора, в которых излагаются основные научные результаты диссертации, в полной мере отвечают требуемым критериям;

п. 14 – диссертация снабжена ссылками на других авторов, источники заимствования материалов, а также на научные работы, выполненные автором самостоятельно или в соавторстве.

Ланис Алексей Леонидович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.06 – Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог.

Официальный оппонент, профессор  
кафедры «Аэропорты, инженерная геология  
и геотехника» ФГБОУ ВО «Московский  
автомобильно-дорожный государственный  
технический университет» (МАДИ) доктор  
технических наук по специальности  
05.23.11 – «Проектирование и строительство  
дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов  
и транспортных тоннелей»

Добров Эдуард Михайлович

11.11.2019

тел.: 8 (499) 155-08-39

Эл. почта: [dobrov@egg.madi.ru](mailto:dobrov@egg.madi.ru)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет» (МАДИ), 125319, г. Москва, Ленинградский проспект, 64

Подпись профессора Э. М. Доброва                    ЗАВЕРЯЮ  
Проректор по научной работе  
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет»,  
125319, г. Москва, Ленинградский проспект, д. 64  
тел.: 8(499)151-64-12; 8(499) 155-03-71  
эл. почта: [info@madi.ru](mailto:info@madi.ru)  
сайт: <http://www.madi.ru>



Ушаков Виктор Васильевич

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента

доктора технических наук Аккермана Геннадия Львовича

на диссертационную работу Ланиса Алексея Леонидовича на тему  
«Армирование эксплуатируемых высоких насыпей с инъектированием  
твердеющих растворов» по специальности 05.22.06 - Железнодорожный путь,  
изыскание и проектирование железных дорог  
на соискание ученой степени доктора технических наук

### **Актуальность избранной темы**

Актуальность обоснована увеличением воздействия подвижного состава на путь из-за повышения скоростей и нагрузки на ось с одной стороны и ужесточением требований к условиям содержания и эксплуатации железных дорог с другой. Рост протяженности дефектного и деформирующегося земляного полотна в последние годы является существенным тормозом для выполнения задач, стоящих перед транспортной отраслью в современных реалиях. Применительно к проблемам повышения надежности эксплуатируемых высоких насыпей автор справедливо отмечает, что основное внимание следует уделять разработке и совершенствованию методов усиления ослабленных зон земляного полотна, позволяющих производить работы с минимальным ограничением движения.

Проведенный в первой главе анализ трудов отечественных и зарубежных ученых по проблеме усиления земляного полотна эксплуатируемых высоких насыпей позволил обосновать перспективность использования комбинированных способов и модификаций армирования с использованием инъектирования твердеющих растворов. Однако, отсутствие в научной и нормативной литературе расчетно-теоретического обоснования армирования грунтовых массивов с инъектированием твердеющих растворов, а соответственно, и методологии проектирования, не позволяет в полной мере обеспечить экономическую эффективность метода. Таким образом, решение

обозначенной проблемы является актуальным, важным для развития транспортной отрасли, а защита диссертации представляется своевременной.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается проведенными автором теоретическими и экспериментальными исследованиями, а также результатами внедрения на объектах железнодорожного транспорта. Исследования выполнены автором в соответствии с действующими нормативными документами и с учетом трудов ведущих отечественных и зарубежных ученых в области железнодорожного пути, транспортного строительства и механики грунтов. При планировании, проведении и статистической обработке результатов экспериментов использованы существующие базовые методы исследования, в том числе математическое моделирование и методики лабораторных испытаний свойств грунтов, армированных грунтовых массивов, твердеющего раствора. Автором установлено качественное совпадение полученных результатов с данными, представленными в независимых источниках по данной тематике

### **Достоверность и новизна полученных результатов**

*Достоверность результатов исследования подтверждается:*

- правильным выбором и применением апробированных и широко используемых в инженерной практике методов расчета и программных продуктов, сертифицированного оборудования, современных поверенных средств измерения, включая аттестованные испытательные комплексы геотехнической лаборатории, обеспечивающие требуемую точность и достаточный уровень надежности результатов определения физико-механических свойств армированных грунтов;
- комплексным подходом к исследованию, включающим планирование экспериментов, их постановку и проведение, анализ полезности и области применения результатов, разработку предложений и рекомендаций по практическому применению, обоснование методологии армирования



эксплуатируемых высоких насыпей с инъектированием твердеющих растворов, объединяющей результаты исследования;

- достаточной сходимостью полученных результатов с имеющимися данными, представленными в независимых источниках по данной тематике;
- достаточным объемом экспериментальных исследований и статистического анализа.

*Научная новизна работы заключается в следующем:*

- выполнено теоретическое обоснование с разработкой критериев использования, и систематизация модификаций моделей армированных с инъектированием твердеющих растворов высоких насыпей для их применения при компьютерном моделировании;
- доказаны положения по оценке напряженно-деформированного состояния грунтового массива в процессе инъектирования твердеющих растворов;
- установлены функциональные зависимости изменения характеристик усиленного грунтового массива от параметров армирования и грунтовых условий;
- подтверждена гипотеза о том, что уплотненные зоны грунта вокруг затвердевшего раствора, образованные при напорном инъектировании и раскатке скважин, существенно влияют на работу армированного массива, что требует их учета в моделях, как расчетного элемента;
- обоснованы критерии «плавности въезда» на железнодорожное мостовое сооружение в пределах участка переменной жесткости;
- разработаны теоретические основы методологии проектирования армирования эксплуатируемых высоких насыпей с инъектированием твердеющих растворов.

### **Теоретическая и практическая значимость результатов исследования**

Теоретическая значимость исследования основывается на расширении представления об напряженно-деформируемом состоянии высоких эксплуатируемых насыпей железнодорожного пути при их армировании с

инъектированием твердеющих растворов, что позволило выполнить качественную и количественную оценку зон армирования, а затем - теоретическое обоснование способов армирования. Решена задача по разработке и систематизации моделей армирования эксплуатируемых высоких насыпей, учитывающих параметры и элементы армирования для каждого случая. В рамках теоретических исследований решены задачи по расчету напряжений в области инъецированного в грунт раствора, определению предельного давления инъецирования, при котором происходит поднятие поверхности грунтового массива, и определению объема раствора при заданном давлении инъецирования. Доказана перспективность использования новых идей и закономерностей, приведенных в диссертационной работе при обеспечении надежности эксплуатируемых высоких насыпей железнодорожного пути. Выполненные теоретические исследования моделей высоких насыпей, армированных напорным инъецированием и набивными сваями в раскатанных скважинах, позволили установить зависимости, критерии, имеющие практическое значение.

Практическая значимость исследования подтверждается разработкой и внедрением методологии армирования эксплуатируемых высоких насыпей с инъецированием твердеющих растворов, включающей способы усиления, методику определения параметров армирования, обоснование выбора оборудования, методику контроля качества выполненных работ. Новизна и практическая значимость результатов исследования подтверждается десятью патентами РФ, полученными соискателем единолично и в соавторстве.

### **Оценка содержания диссертации и ее завершенность**

Диссертационная работа Ланиса Алексея Леонидовича состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, 2 приложений. Работа изложена на 409 страницах, содержит 150 рисунков, 56 таблиц. Список литературы содержит 300 наименований.

Диссертация логически выдержана, изложена технически грамотным языком, содержание и структура соответствуют поставленной цели

исследования, критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования. Выдвигаемые соискателем теоретические и методологические положения, а также сформированные в диссертации выводы и предложения, как результаты исследования, являются новыми.

**Во введении** дана оценка актуальности исследуемой проблемы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, практическое значение работы, достоверность научных положений, отражены сведения об апробации и реализации результатов исследования.

**В первой главе** достаточно подробно изложены вопросы анализа состояния железнодорожного пути, рассмотрены методы усиления, определены задачи исследования.

По результатам анализа статистических данных выделены три основных вида возможных последствий воздействия интенсивного движения на железнодорожное земляное полотно, представленное высокой насыпью, которые являются проблемными и для обычной эксплуатации. Обоснована эффективность использования армирования грунтов с инъектированием твердеющих растворов для усиления высоких эксплуатируемых насыпей, позволяющего производить работы с минимальным или без ограничения движения за счет выполнения работ вне габарита. Обоснована необходимость выполнения теоретических и экспериментальных исследований для разработки методологии армирования эксплуатируемых высоких насыпей с инъектированием твердеющих растворов, включающей теоретические положения и практические решения.

**Во второй главе** выполнено теоретическое обоснование выбора способов армирования по результатам качественной и количественной оценки зон усиления, полученной в результате численного моделирования деформаций и потери устойчивости сооружений в соответствии с основными видами возможных последствий повышения интенсивности воздействия поездной нагрузки. Обосновано определение термина «армирование с инъектированием», объединяющего три внедренных автором способа

армирования. Предложен системный подход к определению параметров усиления с составлением и обоснованием матрицы численных моделей по способу армирования и виду деформаций. Для каждой модели выполнено поэлементное описание и обоснованы условия применения. Элементы армирования в моделях подобраны с учетом особенностей напряженно-деформированного состояния в зонах необходимого армирования. Разработаны теоретические основы оценки напряженно-деформированного состояния грунтовых массивов и определения технологических параметров усиления. Для дальнейшего практического использования результатов, полученных во второй главе, обоснованно сформулированы задачи экспериментальных исследований (третья глава) и дальнейших теоритических (четвертая глава).

**В третьей главе** приведены результаты лабораторных и натурных экспериментальных исследований, выполненных на реальных объектах железнодорожной инфраструктуры и строительных площадках, близких по грунтовым условиям. Рассмотрены вопросы усиления грунтовых массивов тремя способами армирования: напорным инъецированием, объемным армированием и армированием набивными сваями в раскатанных скважинах. Выполненные исследования позволили для каждого способа установить элементы и параметры армирования, оказывающие существенное влияние на работу усиленного массива. Разработана методика подбора армирующих составов для армирования эксплуатируемых высоких насыпей с инъецированием твердеющих растворов.

**В четвертой главе** приведены результаты теоретических исследований, выполненных на основе численного моделирования, позволившие получить функциональные зависимости изменения модуля упругости усиленного массива от параметров армирования и грунтовых условий. Выявлена оптимальная функциональная зависимость изменения уклона основной площадки (в пределах участка переменной жесткости) в зависимости от расстояния от сооружения, на основании которой сформированы критерии обеспечения плавности въезда участка подходной насыпи к мосту. Выполнена

оценка адекватности составленных моделей, подтверждена гипотеза о существенном влиянии уплотненных зон вокруг затвердевшего раствора на работу армированного массива. Подтверждена достоверность результатов исследования сравнением авторских результатов численного моделирования с данными моделирования устойчивости откосов насыпи, полученными с использованием центробежной установки под руководством проф. Т.Г. Яковлевой.

**В пятой главе** разработана методология проектирования армирования эксплуатируемых высоких насыпей с инъецированием твердеющих растворов, представленная в виде системы алгоритмов; разработаны и систематизированы практические решения; представлены результаты внедрения и оценки экономической эффективности.

В целом, рассматриваемая работа по широте и глубине охвата проблемы, содержанию и оформлению отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук

#### **Соответствие автореферата диссертации её содержанию**

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационной работы, раскрывает основные положения проведенного исследования и полученные результаты. Основные выводы по диссертации приведены в заключении автореферата.

#### **Соответствие паспорту научной специальности**

Диссертация Ланиса А.Л. соответствует паспорту специальности 05.22.06 - «Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог», а именно следующим пунктам паспорта специальности:

П. 2 – Конструкции верхнего и нижнего строения железнодорожного пути. Основные параметры, направления развития, проектирование, изготовление. Система технического обслуживания и ремонтов железнодорожного пути. Технология производства и организация работ;

П. 7 – Эксплуатационная надежность железнодорожного пути.

## Замечания по диссертационной работе

К замечаниям по рассматриваемой диссертационной работе можно отнести следующее:

1. В первой главе не рассмотрены труды, посвященные влиянию колебательных процессов от проходящих поездов на устойчивость земляного полотна.

2. Автором выполнены моделирование различных условий потери устойчивости насыпи, оценка напряженно-деформированного состояния, на основании которых определены зоны армирования. Следовало бы отметить, в каких случаях необходимо укреплять балластные шлейфы, а в каких просто срезать.

3. В табл. 2.5 стр.109 «Величина временной нагрузки» зависит не только от типа подвижного состава и его скорости, но и от нагрузки на ось, а если говорить о динамике, то и от состояния пути;

4. На стр. 129, рис.2.21а представлена модель подходной насыпи с элементами переменной жёсткости из инъецированного твердеющего раствора. Почему жесткость при подходе к мосту изменяется ступенчато?

5. На стр. 206 указываются величины радиусов от оси сваи до границ зоны уплотнения – ( $r_1$ ;  $r_2$ ;  $r_3$ ). Желательно здесь же уточнить диаметр набивной сваи.

6. Учитывалось ли при моделировании зависимость нагрузки от ВСП и эксплуатационной от толщины балластной призмы, которая на эксплуатационных линиях может отличаться от нормативной?

7. В формулах (5.1; 5.2; 5.5; 5.6; 5.8) на стр. 293-295 желательно указать размерность расходов. Следует отметить, что в формуле 5.10 (стр. 297) инвестиции  $K_0$  чаще всего распределяются по годам, а не единовременно. Следовательно,  $K_0$  должен быть с коэффициентом дисконтирования

Приведенные замечания не снижают значимости работы и не влияют на положительную оценку диссертационного исследования.

## Заключение

В целом, диссертационная работа Ланиса Алексея Леонидовича «Армирование эксплуатируемых высоких насыпей с инъецированием твердеющих растворов» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, актуальную для железнодорожного транспорта, в которой разработаны и систематизированы теоретические основы и практические решения по армированию эксплуатируемых высоких насыпей инъецированием твердеющих растворов, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны. Работа обладает научной новизной и практической значимостью.

Работа полностью соответствует требованиям п. 9, 10, 11, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013, предъявляемых к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.06 – Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог.

Официальный оппонент, профессор  
кафедры «Путь и железнодорожное  
строительство» ФГБОУ ВО «Уральский  
государственный университет путей  
сообщения» (УрГУПС) доктор  
технических наук по специальности  
05.22.03 «Изыскание и проектирование  
железных дорог»,  
тел. 8(343) 221-24-13

Аккерман Геннадий Львович  
12. 11. 2019

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО СГУПС), 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66

Подпись профессора Аккермана Г.Л. заверяю.

    
Специалист по кадрам  Н.А. Роженькова