Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Московский государственный университет путей сообщения»  
(МГУПС (МИИТ)



БУРУКИН АЛЕКСЕЙ ЮРЬЕВИЧ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ  
ГЛУБИННОГО УПЛОТНЕНИЯ СЛАБЫХ ОСНОВАНИЙ ЗЕМЛЯНОГО

ПОЛОТНА

Специальность: 05.23.11 - Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей

(технические науки)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

Луцкий Святослав Яковлевич

Москва — 2013

СОДЕРЖАНИЕ

[ВВЕДЕНИЕ 4](#bookmark3)

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА СТРОИТЕЛЬСТВА ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ 9

1. Анализ конструктивно-технологических решений по

упрочнению слабых оснований земляных сооружений 9

1. Методическое обеспечение современных технологий

возведения земляного полотна 19

1. [Обзор отечественного и зарубежного практического опыта 29](#bookmark12)
2. Задачи технологического регулирования процессов глубинного

уплотнения слабых оснований 37

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ГЛУБИННОГО УПЛОТНЕНИЯ СЛАБЫХ ГРУНТОВ В ОСНОВАНИЯХ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА 40

1. Принципиальная схема комплексной технологии уплотнения

слабых оснований насыпей 40

1. Технологические режимы устройства рабочей платформы

(первая стадия комплексной технологии) 47

1. Выбор технологических параметров при устройстве геосвай и

упрочнении межсвайного пространства (вторая стадия комплексной технологии) 58

1. Обоснование технологических параметров устройства

георостверка (третья стадия комплексной технологии) 64

[ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА МЕТОДОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ 67](#bookmark21)

1. Опытные расчеты комплексной технологии на примере участка

земляного полотна железнодорожной линии 67

1. Организация экспериментального исследования процессов

з

технологического регулирования 91

1. [Анализ этапов стендового эксперимента 96](#bookmark37)
2. Мониторинг прочностных и деформационных характеристик

слабого основания 98

[ГЛАВА 4. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ 106](#bookmark40)

* 1. Оценка влияния технологического регулирования на

стабильность слабого основания 106

* 1. Экономическая эффективность технологического

[регулирования процессов глубинного уплотнения слабых оснований 113](#bookmark0)

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ 117

[СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 119](#bookmark44)

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Программа испытаний моделей песчаных свай

в геотекстильной оболочке 129

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Сметный расчет 135

ПРИЛОЖЕНИЕ В. Копия патента на изобретение 139

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Копия справки о внедрении от НИИ Мостов 141

ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Копия справки о внедрении от

ООО ФСК «МостГеоЦентр» 143

ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Копия справки о внедрении от ОАО «УСК МОСТ» 144

**ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ**

1. Разработанная методика технологического регулирования процессов

глубинного уплотнения слабых грунтов состоит в повышении прочностных характеристик за счет взаимосвязанных процессов структурного

преобразования основания и управления строительными нагрузками непрерывно в ходе работ. Регулирование основано на принципах прямой и обратной связи между характеристиками грунтов оснований и параметрами строительных нагрузок. Регулируемый режим уплотнения позволяет направленно повышать допустимую технологическую нагрузку и прочностные характеристики грунтов под контролем коэффициента безопасности.

1. Комплексная технология уплотнения слабых грунтов большой мощности должна включать три стадии: формирование рабочей платформы и интенсивное уплотнение активной зоны основания; устройство геосвай и георостверка. Структурные стадии связаны функциональными технологическими блоками в принципиальной схеме, имеющей матричную структуру. Для безопасности технологического регулирования предложены формулы расчета допустимых строительных нагрузок. Технологический эффект состоит в последовательном повышении прочностных характеристик грунтов межсвайного пространства и формировании в верхней части слабого основания уплотненного георостверка для передачи эксплуатационной нагрузки на геосваи.
2. Выбор параметров грунтовых катков для первой стадии и оборудования для устройства геосвай методами бурения и вибропогружения для второй стадии должен выполняться по допустимой технологической нагрузке. Геосвайная структура позволяет целенаправленно регулировать параметры: размещение геосвай, характеристики геотекстильной оболочки, методы свайных работ и параметры нагрузки при устройстве геосвай.
3. Мониторинг состояния слабого основания и технических параметров нагрузок на всех стадиях технологического регулирования должен выполняться полевыми лабораториями на опытных участках и включать ежедневные

измерения, анализ динамики характеристик грунтов и расчет безопасной нагрузки.

1. Методы технологического регулирования были проверены в ходе эксперимента по испытаниям геосвайного поля, организованного ФСК «МостГеоЦентр» совместно с Научно-исследовательским институтом мостов и дефектоскопии Росжелдора. Результаты стендового эксперимента подтвердили расчетные параметры и зависимости относительно влияния комплексной технологии на текучепластичный суглинок по факторам: улучшения прочностных характеристик грунта; разгрузки межсвайного пространства за счет передачи части напряжений на геосваи.
2. Применение разработанных методов технологического регулирования процессов глубинного уплотнения слабых оснований земляного полотна позволяет получить экономический эффект, который включает:

* сокращение сроков работ по обеспечению устойчивости насыпей и стабильности слабого основания и, как следствие, сокращение продолжительности сооружения земляного полотна;

уменьшение сметной стоимости работ по сооружению земляного полотна. Опытные расчеты для участка железной дороги Кызыл - Курагино были включены в конкурсную документацию ОАО «УСК МОСТ» для открытого конкурса на право заключения государственного контракта по строительству объекта. Они показали возможность: а) снизить затраты за счет применения комплексной технологии упрочнения слабого основания по сравнению с вырезкой и заменой слабого грунта - на 24%; б) увеличить расстояние между геосваями с 2м до 2,5м при обеспечении стабильности основания земляного полотна.