Черняков, Андрей Валерьевич. Совершенствование теоретических основ и практических методов применения струйной цементации грунтов в конструктивных решениях транспортных сооружений : диссертация ... доктора технических наук : 05.23.11 / Черняков Андрей Валерьевич; [Место защиты: Моск. автомобил.-дорож. гос. техн. ун-т].- Москва, 2011.- 411 с.: ил. РГБ ОД, 71 12-5/247

МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

(МАДИ)

"О

Черняков Андрей Валерьевич

Совершенствование теоретических основ и практических методов

применения струйной цементации грунтов в конструктивных решениях

транспортных сооружений.

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

Диссертация

на соискание учёной степени доктора технических наук

Москва, 2011 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

 Введение 6

1 Состояние вопроса, цель и задачи исследования 12

1.1 Общие понятия и характеристика технологии струйной цементации грунтов при сооружении транспортных объектов 12

1.2 Существующие предложения по моделированию процессов в струйной технологии 45

1.3 Прогнозирование прочности грунтобетона в струйной технологии 52

1.4 Особенности твердения укреплённых цементом грунтов и применения химических добавок в грунтобетоне 58

1.5 О применении комбинированных геотехнических конструкций, включающих традиционные индустриально изготавливаемые элементы и элементы из грунтобетона по jet-технологии 65

1.6 Цель и задачи исследования 66

2 Общая организация исследования 66

2.1 Общая программа проведения исследования 66

2.2 Лабораторная база 67

2.3 Производственные объекты, использованные в качестве опытно-экспериментальных 67

2.4 Работы, выполнявшиеся с использованием лабораторной базы и в камеральных условиях 69

2.5 Работы, выполнявшиеся в полевых условиях 69

3 Теоретические и экспериментальные исследования свойств грунтобетона 70

3.1 Сравнительный анализ струйной технологии с известными

 технологиями укрепления грунтов цементом и технологией цементного бетона 70

3.2 Структурно-технологическая модель грунтобетона в струйной технологии 77

3.3 Прогнозирование прочности грунтобетона в струйной технологии на основе предложенной модели 97

3.4 Прогнозирование долговечности грунтобетона в струйной технологии 149

3.5 Разработка эффективной химической добавки для применения в струйной технологии 159

3.6 Выводы по главе 177

4 Разработка методики назначения расчетной прочности грунтобетона в струйной технологии на основе обобщения фактических данных, получаемых на реальных объектах с определенными инженерно¬геологическими условиями 180

5 Отработка конструктивно - технологических задач применения струйной технологии цементации грунтов в условиях реального опытно-экспериментального строительства 188

5.1 Общие данные об опытных объектах 188

5.2 Расчётная оценка динамических нагрузок, действующих на подземные сооружения, при использовании струйной технологии 190

5.3 Расчёт рационального расположения устьев скважин на поверхности при использовании струйной технологии 204

5.4 Оценка фактической прочности и однородности грунтобетона по образцам-кернам при использовании струйной технологии 212

5.5 Экспериментальная оценка несущей способности грунтоцементных свай, выполненных методом струйной технологии 224

5.6 Опытно - экспериментальные работы при реконструкции Ленинградского проспекта 227

5.7 Устройство глубокого котлована с грунтоцементным креплением в слабых грунтах в условиях плотной городской застройки 238

5.8 Применение технологии струйной цементации грунта при усилении фундамента и реконструкции исторических зданий на территории Государственного музея-заповедника «Царицыно» 243

5.9 Разработка системы научно-инженерного сопровождения технологии струйной цементации грунтов при сооружении объектов транспортного строительства 252

 Заключение и общие выводы по диссертации 256

 Список литературы 259

 Приложения 276

 Приложение 1. Расчётные характеристики бетона и грунтобетона 277

 Приложение 2. Примеры разработанных в результате проведенных исследований по теме диссертации нормативно-методических документов 317

 Приложение 2.1. Контроль качества изготовления грунтоцементных свай и создаваемых на их основе подземных конструкций. СТАНДАРТ ПРЕДПРИЯТИЯ. СТП СМК-013-09 318

 Приложение 2.2. Оперативный контроль (мониторинг) состояния строящегося объекта и

 окружающей среды

СТАНДАРТ ПРЕДПРИЯТИЯ ИСМ-05-10 336

 Приложение 2.3. Автоматизированная система управления процессом строительства. СТАНДАРТ ПРЕДПРИЯТИЯ ИСМ-06-10 360

 Приложение 3. Примеры конструктивно-технологических и организационных решений, предложенных и осуществленных в процессе разработки темы диссертации 376

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО ДИССЕРТАЦИИ**

1. Одной из важнейших, как технико-экономических, так и социально­политических проблем, возникающих в эпоху прогрессирующей автомобилизации общества, является проблема строительства новых и реконструкции существующих транспортных сооружений: дорог, мостов, путепроводов и т.п. При этом одновременно, в условиях плотной городской застройки, возникает проблема защиты существующих объектов различного назначения от техногенных воздействий, связанных с решением, указанной выше, проблемы.
2. В этих условиях, в решении указанных задач существенную помощь может оказать применение конструктивно-технологических решений, базирующихся на использовании грунтов, укрепленных цементом с помощью технологии струйной цементации, позволяющей создавать грунтобетонные несущие конструкции различных размеров, форм и назначения.
3. Для получения экономичного и надежного решения с применением цементации грунта необходимо иметь возможность уже на стадии проектирования прогнозировать прочностные свойства получаемого грунтоцементного материала (грунтобетона).

В работе обосновываются два возможных пути решения задачи прогнозирования свойств грунтобетона, получаемого в струйной технологии: для площадок, где такая технология применяется впервые, и для территорий, где имеется уже некоторый практический опыт ее применения.

1. Для реализации первого пути впервые разработана структурно­технологическая модель грунтобетона, полученного в струйной технологии, объясняющая особенности структурно-механических свойств с точки зрения специфики его состава. Модель позволяет прогнозировать свойства получаемого материала на основе сведений об инженерно-геологических свойствах закрепляемой грунтовой толщи и данных лабораторного подбора состава грунтобетона, корректировать принятые технологические режимы.

Второй путь основывается на обобщении имеющегося фактического материала.

1. В процессе разработки диссертационной темы проведены полномасштабные работы на 13 реальных опытно-экспериментальных объектах, где были поставлены комплексные научно-исследовательские, изыскательские, проектно­конструкторские и технологические работы, а также обеспечен мониторинг, как всех технологических процессов, так и поведения возводимых сооружений на всех стадиях строительных работ.
2. В предложенной и обоснованной структурно-технологической модели грунтобетона, получаемого по струйной технологии, он рассматривается как вариант мелкозернистого (песчаного) бетона. Влияние агрегатов связного грунта на прочность грунтобетона в модели представлено аналогичным влиянию некоторого эквивалентного объёма вовлечённого воздуха в традиционном цементном бетоне. Экспериментально обосновано применение данной модели для подбора и корректировки состава грунтобетона, для осуществления прогноза его прочности, однородности и долговечности.
3. Определены условия эффективного применения химических добавок в струйной технологии. Показано, что применение в струйной технологии разработанной автором комплексной химической добавки КДСЦ позволяет увеличить эффективный диаметр получаемой грунтобетонной сваи на 10-15% и соответственно уменьшить их необходимое количество, повысить однородность грунтобетона и снизить водоцементное отношение раствора с 1,0 до 0,7-0,8 при неизменном применяемом оборудовании и обычных режимах его работы.
4. Разработана методика определения расчетных показателей прочности грунтобетона в струйной технологии на основе имеющейся региональной базы данных, позволяющая уточнять полученные в структурно-технологической модели оценки.
5. Полученные результаты работы существенно повысили прогнозируемость прочностных и геометрических характеристик создаваемых грунтобетонных конструкций, что позволило впервые в России осуществить крупномасштабное применение высокопроизводительной и эффективной струйной технологии цементации грунтов при сооружении транспортных объектов.
6. Показана на практике высокая эффективность применения струйной технологии на обводнённых и структурно неустойчивых грунтах, обеспечиваемая на основе системного применения результатов проведенных теоретических и лабораторных исследований. Впервые предложены конструктивные решения, позволяющие сочетать струйную технологию с традиционными геотехническими технологиями.
7. Разработана и практически опробована на нескольких реальных объектах комплексная система научно-инженерного сопровождения и мониторинга строительства при использовании струйной технологии, гарантирующая требуемое качество конструкций. Обоснован предлагаемый при этом состав работ по сопровождению, начиная от предпроектных, включая лабораторный подбор составов грунтобетона, до обследования и оценки качества построенной конструкции с помощью неразрушающих методов и автоматизированной системы экспертной оценки технологических режимов производства работ на основе непрерывного мониторинга, осуществляемого в режиме реального времени.
8. По результатам выполненных исследований предложен ряд перспективных конструктивных решений, и разработаны нормативно-методические документы (регламенты, стандарты предприятий), обеспечивающие возможность дальнейшего широкого внедрения предлагаемых решений, а также получено 22 авторских свидетельства и патента.
9. Дальнейшие перспективы применения рассматриваемой технологии связаны с уточнением изложенных в работе общих положений в различных условиях, с разработкой более детальных региональных рекомендаций для различных территорий внедрения.