

ОТЗЫВ

официального оппонента **Полищука Анатолия Ивановича**
на диссертационную работу **Нуждина Матвея Леонидовича** на тему:
«Усиление грунтового основания зданий методом пакетного
высоконапорного инъецирования», представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности
05.23.02 – Основания и фундаменты, подземные сооружения

На отзыв представлена диссертация **Нуждина Матвея Леонидовича**. Она состоит из введения, 5 глав, списка литературы из 167 наименований и 3 приложений, содержит 85 рисунков и 27 таблиц.

1. Актуальность темы диссертации. В настоящее время в крупных городах России ведется активное освоение свободных территорий, считавшихся ранее малопригодными к строительству из-за сложных инженерно-геологических условий. Часто выполняется «точечная» застройка, а также реконструкция зданий, связанная с увеличением нагрузок на фундаменты. Это нередко приводит к необходимости усиления (упрочнения) основания. Один из перспективных методов усиления оснований – это нагнетание подвижных твердеющих растворов в грунт для улучшения их деформационных свойств. Однако до настоящего времени конструктивные решения усиления оснований и методы их расчета должного развития пока не получили. Поэтому рассматриваемая тема усиления грунтового основания инъецированием цементно-песчаного раствора является актуальной.

2. Цель диссертационной работы заключалась в создании эффективного метода усиления грунтового основания твердыми инъекционными телами, сформированными пакетным высоконапорным инъецированием цементно-песчаного раствора.

3. Научная новизна исследований и полученных результатов заключается в следующем:

1. Экспериментально установлена форма твердых инъекционных тел, полученных при нагнетании цементно-песчаного раствора пакетным высоконапорным инъецированием при разном расположении инъекторов в различных грунтовых условиях.

2. На основе экспериментальных и численных исследований выявлены закономерности формирования деформационного состояния грунтового основания фундаментов мелкого заложения, плитных и свайных фундаментов при разных схемах расположения твердых инъекционных тел, сформированных пакетным высоконапорным инъецированием цементно-песчаного раствора.

3. Разработан способ усиления грунтового основания фундаментов мелкого заложения, плитных фундаментов, свайных фундаментов, в том числе под машины с динамическими нагрузками, твердыми инъекционными телами, сформированными пакетным высоконапорным инъецированием цементно-песчаного раствора.

4. Обоснованность и достоверность результатов исследований обеспечивается использованием современных сертифицированных программных комплексов, апробированных и поверенных приборов и оборудования; большим количеством лабораторных экспериментов; результатами мониторинга за техническим состоянием зданий в процессе и после проведения работ по усилению грунтового основания фундаментов предлагаемым способом.

5. Теоретическая и практическая значимость полученных результатов. Теоретическая значимость состоит в определении закономерностей формирования твердых инъекционных тел в глинистых грунтах при нагнетании цементно-песчаного раствора пакетным высоконапорным инъецирова-

нием и в выявлении зависимостей осадок основания фундаментов разных типов от схемы расположения твердых инъекционных тел.

Практическая значимость диссертационных исследований – высокая. Соискателем М.Л. Нуждиным разработан способ усиления грунтового основания фундаментов разных типов (мелкого заложения, плитных и свайных фундаментов, а также фундаментов под машины с динамическими нагрузками) нагнетанием подвижного цементно-песчаного раствора. Предлагаемый способ позволяет создавать в грунтовом основании инъекционные тела определенной формы, что дает возможность достоверного расчетного обоснования технических решений по усилению и ведет к существенной экономии финансовых средств. Он внедрен при устройстве фундаментов и усилении грунтового основания на 20 строительных объектах, что подтверждается 13 актами о внедрении с экономическим эффектом более 30 миллионов рублей.

6. Структура и содержание работы. В разделах и главах диссертации рассмотрено следующее:

Во введении обосновывается актуальность темы диссертационной работы, поставлена цель и задачи исследований. Сформулирована научная новизна, теоретическая и практическая значимость, приведены положения, выносимые на защиту.

В первой главе выполнен обзор методов усиления грунтового основания фундаментов нагнетанием подвижных твердеющих растворов и дана их классификация. Приведены положительные стороны и недостатки метода высоконапорного инъецирования цементно-песчаного раствора. Также приведено описание подходов к усилению фундаментов вертикальным контурным армированием. В результате выполненного анализа сформулированы задачи исследований.

Во второй главе описывается, разработанный автором, метод пакетного высоконапорного инъецирования подвижного цементно-песчаного раствора, дающий возможность создания в грунтовом массиве инъекционных тел

определенной формы – вертикальных «стенок» и горизонтальных дисков. Приведены результаты лабораторных и натурных экспериментов, выполненных в глинистых грунтах (супесях и суглинках разной консистенции и степени водонасыщения), подтверждающие эту возможность.

В третьей главе представлены результаты натурных экспериментов, включающих 126 опытов по определению эффективных схем усиления грунтового основания твердыми включениями, моделирующими инъекционные тела сформированные пакетным высоконапорным инъецированием. Рассматриваются разные варианты усиления – усиление основания под подошвой и контурное армирование моделей фундаментов мелкого заложения и свайных фундаментов. В экспериментах изменяется размер, шаг расположения в плане, количество слоев по глубине и объем включений. В главе также приведены результаты крупномасштабного лабораторного эксперимента по усилению грунтового основания фундамента под машину с динамическими нагрузками пакетным высоконапорным инъецированием с целью снижения параметров вертикальных и горизонтальных колебаний.

В четвертой главе приведены результаты численных исследований напряженно-деформированного состояния грунтового основания, усиленного твердыми телами – армоэлементами, сформированными пакетным высоконапорным инъецированием цементно-песчаного раствора. Исследования выполнялись в расчетном комплексе MIDAS. Расчеты производились в пространственной постановке с учетом нелинейного характера работы грунта. Рассматривается 67 схем усиления: 20 схем – для фундамента мелкого заложения, 26 схем – для свайного и 21 схема для усиления плитного фундамента. Исследованы разные варианты усиления – контурное армирование фундаментов и усиления основания под подошвой. Также как и в натурных экспериментах, варьируется шаг армоэлементов в плане, количество слоев по глубине и др.

В пятой главе описывается способ усиления грунтового основания фундаментов разных типов (фундаментов мелкого заложения, плитных и

свайных фундаментов, а также фундаментов под машины с динамическими нагрузками) методом пакетного высоконапорного инъецирования. Способ разработан на основании обобщения результатов лабораторных экспериментов и численных исследований. Он предполагает поэтапное выполнение работ с изменением схемы расположения и увеличением количества армоэлементов – инъекционных тел на каждом этапе. Необходимость выполнения очередного этапа определяется по результатам геодезических наблюдений за деформациями основания в ходе работ по усилению.

Приложение 1 содержит примеры внедрения результатов диссертационных исследований в строительную практику. Описывается опыт усиления фундаментов мелкого заложения жилого дома на неравномерно замоченном основании, на просадочных грунтах и на оттаявших вечномёрзлых грунтах, усиления многоэтажного здания на фундаментной плите на основании, сложенном насыпными грунтами и выравнивания крена высотного здания. В Приложении 2 представлены патенты на изобретения РФ Нуждина М.Л., в Приложении 3 – акты о внедрении результатов исследований.

7. Публикации по теме диссертационной работы. По теме диссертации опубликовано 36 научных работ, 3 из них размещены в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК РФ, 5 включены в международную базу цитирования Scopus. Получено 7 патентов РФ на изобретения.

8. Автореферат диссертации в полной мере отражает ее содержание.

9. Замечания по диссертационной работе. Диссертационная работа Нуждина М.Л. в целом оставляет хорошее впечатление. Отмечая ее высокий научный уровень, достаточную степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, необходимо отметить следующие замечания:

1. На схеме формирования вертикального инъекционного тела пакетным высоконапорным инъецированием (рисунок 2.2, стр. 41 диссертации) показано тело создаваемое нагнетанием через три инжектора, установленных вдоль прямой линии. Три инжектора использовались как в лабораторных, так и в натуральных экспериментах (параграфы 2.2 и 2.3). При этом длина инъекционных тел на опытной площадке составила 1,8...2,1 м. Из текста диссертации не ясно, имеется ли возможность создания протяженных инъекционных тел (сплошных вертикальных стенок) при одновременном нагнетании через большее количество инжекторов, установленных вдоль прямой линии?

2. В лабораторных экспериментах (параграф 2.2) нагнетание твердеющего раствора производится через трубки диаметром $d = 2,0$ мм, при расстоянии между ними $10d$. В натуральных экспериментах инжекторы располагаются также на расстоянии $10d$ при диаметре инжекторов $d = 57$ мм (параграф 2.3). Инжекторы какого максимально возможного диаметра могут быть использованы для нагнетания методом пакетного высоконапорного инъецирования?

3. В качестве элементов усиления (главы 2, 4 и 5) рассматриваются вертикально ориентированные тела прямоугольной формы относительно небольшой толщины. В лабораторных экспериментах по усилению моделей фундаментов твердыми включениями использовались зерна щебня разного размера с «эквивалентным» диаметром от 1 см до 4 см. Насколько корректно применение зерен щебня условно шарообразной формы в качестве модели элементов усиления?

4. Чем обусловлено назначение количества конечных элементов в расчетных схемах в программном комплексе MIDAS, отличающихся для разных вариантов усиления свайного фундамента, более чем в 10 раз (145712 для случая усиления основания под нижними концами свай и 14097 при усилении межсвайного пространства)?

Изложенные в отзыве замечания не снижают научную и практическую ценность представленной диссертационной работы, которую можно рассматривать как законченное научное исследование.

10. Заключение. Диссертация Нуждина М.Л. «Усиление грунтового основания зданий методом пакетного высоконапорного инъецирования» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задач, имеющих существенное значение для геотехнического строительства. Выводы основываются на большом объеме экспериментальных данных и данных численных исследований. Полученные результаты имеют теоретическое и практическое значение.

Диссертация Нуждина М.Л. содержит все необходимые ссылки на авторов и источники заимствования материалов и отдельных исследований других авторов. Результаты исследований отражены в печатных научных изданиях, в том числе в рекомендованных ВАК РФ. Диссертация Нуждина М.Л. соответствует требованиям п. 9 документа «Положение о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г., 842, а ее автор Нуждин Матвей Леонидович достоин присуждений ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.02 - Основания и фундаменты, подземные сооружения.

Официальный оппонент,

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой оснований и фундаментов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина».

Полищук Анатолий Иванович

25.06.2021г.

Сведения об официальном оппоненте:

Полищук Анатолий Иванович

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой оснований и фундаментов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина».

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук на тему «Совершенствование методов проектирования фундаментов реконструируемых зданий на пылевато-глинистых и искусственных грунтах» защищена в 1997 г. по специальности 05.23.02 – «Основания и фундаменты».

Телефон: +7-918-293-97-30. E-mail: ofpai@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина». Адрес: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13.

Телефон: +7-861-221-59-42. E-mail: mail@kubsau.ru.

Подпись профессора Полищука Анатолия Ивановича заверяю

Начальник отдела кадров ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ»



М.И. Удовицкая