

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 624.152.612.3.074.42

ИГНАТОВ

Сергей Владимирович

**НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ОСНОВАНИЙ СВАЙ, АНКЕРОВ
И ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ПРИ ИНЪЕКЦИОННОЙ
ОПРЕССОВКЕ ГРУНТОВ**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.23.02 – Основания и фундаменты,
подземные сооружения

Минск, 2015

Работа выполнена в Белорусском национальном техническом университете

**Научный
руководитель**

НИКИТЕНКО Михаил Иванович,
доктор технических наук, профессор

**Официальные
оппоненты:**

ПОЙТА Петр Степанович,
доктор технических наук, профессор,
ректор учреждения образования «Брестский
государственный технический университет»;

КРЕМНЕВ Александр Павлович,
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Строительные конструкции»
учреждения образования «Полоцкий государственный университет»

**Оппонирующая
организация**

**Учреждение образования «Белорусский
государственный университет транспорта»**

Защита состоится «26» февраля 2015 г. в 14⁰⁰ на заседании Совета по защите диссертаций Д 02.05.09 при Белорусском национальном техническом университете по адресу: 220114, Минск, пр. Независимости, 150, корп.15, ауд. 808.

E-mail: narak@bntu.by, тел./факс 8(017) 265-96-97.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с подписью, заверенной печатью учреждения, следует направлять на имя ученого секретаря совета по адресу 220013, г. Минск, пр. Независимости, 65.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского национального технического университета.

Автореферат разослан «23» января 2015 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций,
кандидат технических наук, доцент

Н.А. Рак

© Игнатов С.В., 2015

© Белорусский национальный
технический университет, 2015

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время происходит освоение площадок, ранее отнесенных к малопригодным для строительства, с одновременным увеличением нагрузок на основания фундаментов. Это диктует необходимость увеличения несущей способности грунтов путем улучшения их свойств. Одним из эффективных способов такого преобразования является цементационное упрочнение грунтов посредством буроинъекционной технологии, которая предполагает закачку цементного раствора под давлением в буровые скважины, что приводит к увеличению их диаметров за счет вытеснения в стороны и опрессовки с улучшением свойств окружающего грунтового массива.

Традиционно несущую способность буроинъекционных анкеров и свай по грунту при проектировании определяют с учетом выявленных при инженерно-геологических изысканиях характеристик грунтов оснований в естественном состоянии, а изменение физических и механических характеристик грунта за счет инъекционной опрессовки вокруг буровой скважины не учитывают. Инъекционное усиление оснований фундаментов реконструируемых зданий в современной геотехнике производят преимущественно исходя из установившейся инженерной практики и опыта проектировщика.

Экспериментальные исследования влияния инъекции на окружающий грунтовой массив, проведенные до настоящего времени, подтверждают факт улучшения характеристик грунтов вокруг скважины, и как следствие повышение несущей способности и снижение деформативности основания свай, анкеров и упроченных инъекций оснований. Тем не менее, вопросы численного значения повышения несущей способности анкеров, свай и упроченных инъекцией оснований, за счет изменения физико-механических свойств при опрессовке, в некоторых грунтах остаются пока неизученными.

Необходимость повышения достоверности определения несущей способности и деформативности оснований буроинъекционных анкеров, свай и упроченных инъекцией песков пылеватых, мелких, средних а также лесовидных супесей с учетом изменчивости их свойств вокруг расширяющихся скважин определила актуальность темы настоящей диссертационной работы.

Проведенные соискателем теоретические и экспериментальные исследования с их внедрением в геотехническую практику Республики Беларусь позволяют повысить эффективность базирующихся на буроинъекционной технологии проектных решений нулевого цикла и сократить его стоимость на 5–10%.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами и темами

Диссертационные исследования выполнялись на кафедре «Геотехника и экология в строительстве» в соответствии с программами Министерства образования Республики Беларусь и Белорусского национального технического университета:

– ГБ 06-219 «Геотехническое обоснование системы мер для снижения рисков и смягчения последствий техногенных процессов и чрезвычайных ситуаций в строительстве Беларуси»;

– ГБ 11-260 «Исследования, связанные с внедрением в строительную практику европейских норм ТКП EN 1997-1-2009. Этап 3: выполнение динамических и статических испытаний свай и анкеров новых конструкций с учетом требований национальных и европейских норм, сопоставление расчетных и опытных данных, уточнение расчетных схем».

Цели и задачи исследования

Цель диссертационной работы – *совершенствование метода определения несущей способности и деформативности оснований буроинъекционных анкеров, свай и упрочненных инъекцией грунтов с учетом изменения их физических свойств после опрессовки.*

Для достижения поставленной цели были решены следующие основные **задачи**:

1. обобщены и систематизированы существующие методы определения физико-механических и фильтрационных характеристик преобразованного инъекцией грунта;

2. исследованы в лабораторных и натурных условиях изменения физико-механических и фильтрационных характеристик песков пылеватых и мелких, а также лессовидных супесей вокруг расширяемых при инъекции скважин при разных начальных состояниях грунта по плотности сложения и влажности;

3. выявлены количественные показатели изменения давления закачиваемого цементного раствора на выходе из растворонасоса и при передаче на стенки скважины при потерях от опрессовки грунта и трения в шлангах от начала до завершения инъекции.

4. уточнены зависимости между физическими (влажность, плотность сложения), прочностными и фильтрационными характеристиками распространенных в Республике Беларусь грунтов.

5. уточнены и внедрены в практику проектирования отдельные положения инженерного способа расчета несущей способности буроинъекци-

онных свай и анкеров с учетом изменения свойств окружающего грунтового массива после опрессовки буровой скважины, а также разработаны предложения по расчету деформативности упрочненных инъекцией грунтов в основании плитных фундаментов.

Объект диссертационных исследований – грунтовая среда, которая подвергается инъекционной опрессовке.

Предмет исследования – несущая способность и деформативность оснований упрочненных инъекцией.

Научная новизна

Результаты исследований и защищаемые научные положения являются новыми. Их новизна заключается:

- впервые автором обобщены и систематизированы результаты проведенных ранее разрозненных теоретических и экспериментальных исследований по изучению изменчивости характеристик оснований за счет инъекционной опрессовки, с учетом собственных экспериментальных данных выделены основные факторы, влияющие на изменение состояния грунта при закачке цементных растворов в грунт под давлением;

- в выявленном характере изменения физических и прочностных характеристик грунта вокруг расширяемых инъекций скважин при инъецировании в них цементных растворов в мелких и пылеватых песках, а также в лессовидном глинистом грунте при различных начальных состояниях по плотности сложения и влажности;

- в установлении зависимостей прочностных, деформационных и фильтрационных характеристик грунтов оснований Республики Беларусь в зависимости от их физического состояния и истории формирования;

- в разработанном соискателем предложении по уточнению инженерного способа расчета несущей способности оснований буроинъекционных анкеров, свай и упрочненного инъекцией грунта с учетом изменения физических и механических характеристик основания при опрессовке.

Положения, выносимые на защиту:

1. Закономерности изменения плотности сложения, угла внутреннего трения, сцепления и коэффициента пористости мелких и пылеватых песков а также лессовидной супеси вокруг расширяемых при инъекционной опрессовке скважин при разных состояниях по плотности сложения и влажности в зависимости от величины опрессовки скважины, выявленные в результате лабораторных и полевых исследований

2. Значения давлений закачиваемого цементного раствора на выходе из растворонасоса и передаваемого на стенки скважины при потерях от оп-

рессовки грунта и трения в шлангах, измеренные от начала до завершения инъекции в полевых условиях.

3. Зависимости, связывающие предельное контактное сопротивление сдвигу для инъекционных цилиндров в пылеватых и мелких песках и лессовидных супесях с величинами плотности сложения и влажности грунта, а также уточненные взаимосвязи физического состояния с прочностными и фильтрационными характеристиками грунтов, распространенными в Республике Беларусь.

4. Уточненные положения инженерного способа определения несущей способности буроинъекционных свай и анкеров применительно к пылеватым и мелким пескам и лессовидным супесям с учетом изменения их свойств от опрессовки, а также вновь разработанные предложения по расчету деформативности упрочненных инъекцией грунтов в основании плитных фундаментов.

Личный вклад соискателя

Личный вклад соискателя ученой степени в научные результаты по теме диссертации выразился в:

- обобщении и систематизации результатов проведенных многими авторами разрозненных теоретических и экспериментальных исследований по изучению изменчивости характеристик грунтов оснований за счет инъекционной опрессовки;

- проведении лабораторных исследований с обработкой и анализом полученных результатов по определению характера изменения вокруг расширяемых при инъекции скважин физических, механических и фильтрационных характеристик песков пылеватых и мелких, а также пылевой лессовидной супеси;

- определении в полевых условиях стандартными методами зондирования изменчивости характеристик грунта вокруг инъекционных тел;

- выявлении закономерностей изменения характеристик грунта за счет инъекционной опрессовки вокруг расширяемых скважин для разных начальных состояний основания по плотности и влажности с учетом объема заинъекцированного раствора, его водоцементного отношения и водоотдачи;

- участии в проведении, обработке и интерпретации данных натурных испытаний буроинъекционных анкеров и свай, а также упрочненных инъекцией оснований плитных фундаментов в разных грунтовых условиях;

- разработке программы и методики, проведении экспериментов и обработке результатов измерений изменения давления в процессе инъекции у закачиваемого раствора на выходе из растворонасоса и на стенки скважины в грунте;

– уточнении и внедрении в практику проектирования отдельных положений инженерного способа определения несущей способности оснований буроинъекционных свай и анкеров с учетом изменения их свойств от опрессовки вокруг скважин, а также в разработке предложения по расчету деформативности упрочненных инъекцией грунтов под плитными фундаментами.

Публикации без соавторов полностью основаны на собственных исследованиях автора и подготовлены к печати лично. В публикациях с соавторами постановка целей и задач, обсуждение результатов исследований, формирование выводов проводилось совместно.

Апробация результатов диссертации

Результаты диссертационных исследований докладывались, обсуждались и получили одобрение на следующих мероприятиях:

– семинарах кафедры «Геотехника и экология в строительстве» БНТУ в 2008 – 2014 гг.;

– международных научно-технических конференциях по геотехнике:

– «Геотехника Беларуси: наука и практика» (г. Минск, БНТУ, 20–22 октября 2008 г.; г. Минск, БНТУ, 23–25 октября 2013 г.);

– всеукраинский научно-практический семинар с участием иностранных специалистов «Современные проблемы геотехники» (г. Полтава, 14 – 15 ноября 2012 г.);

– восьмая всеукраинская научно-практическая конференция «Механика грунтов, геотехника и фундаментостроение» (г. Полтава, 11 – 14 ноября 2013 г.);

– международных научно-методических семинарах «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовки инженерных кадров РБ» (г. Новополоцк, УО ПГУ, 27 – 28 ноября 2008 года; г. Брест, УОБГТУ, 28 – 30 мая 2009 года; г. Гродно, ГрГУ им. Я. Купалы, 2010г.);

– международных научно-технических конференциях «Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии» (ГУВПО «Белорусско-российский университет»: г. Могилев, 22-23 апреля 2010 года; г. Могилев, 21-22 апреля 2011 года; г. Могилев, 19-20 апреля 2012 г.);

– международной научно-технической конференции молодых ученых (г. Могилев, ГУВПО «Белорусско-российский университет», 17-18 ноября 2011 г.; 17-18 ноября 2011 г.);

– международной конференции «Образование, наука и производство в XXI веке: современные тенденции развития» (г. Могилев, ГУВПО «Белорусско-российский университет», 24 ноября 2011 г.);

– II международной научно-практической конференции «Проблемы строительного производства и управления недвижимостью» (г. Кемерово,

ФГБОУВПО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», 21-22 марта 2012 г.);

– научно-практических конференциях «Строительство и восстановление искусственных сооружений» (г. Гомель, УО «Белорусский государственный университет транспорта», 30 марта 2012 г.; 29 марта 2013 г.);

– международной молодежной научной конференции по естественно-научным и техническим дисциплинам «Научному прогрессу – творчество молодых» (г. Йошкар-Ола, Марийский государственный технический университет, Центр Фундаментального образования, 20–21 апреля 2012 г.);

– научно-методическом семинаре «Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского союза в области строительства» (г. Минск, БНТУ, 29 мая 2012 г.);

– международной научно-практической конференции «Современная наука: тенденции развития» (г. Краснодар, 30 июля 2012 г.).

Опубликованность результатов диссертации

Основные положения работы были опубликованы в 23 печатных работах (6,77 печатных листов), из них:

– 1 статья (0,3 п. л.) в научном журнале по теме диссертации, соответствующему пункту 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь;

– 5 статей (2,87 п. л.) по теме диссертации в сборниках научных трудов, соответствующих пункту 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в соответствии со Списком и Перечнем ВАК Украины;

– 10 статей (2,8 печатных листа) в сборниках докладов конференций и инженерно-практических журналах;

– 7 тезисов докладов (0,8 печатных листа) в сборниках материалов докладов научных конференций.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из оглавления, перечня терминов и условных обозначений, введения, общей характеристики работы, шести глав основной части диссертации, заключения, библиографического списка из 132 наименований (117 использованных источников, включая 12 зарубежных, и 23 публикаций соискателя), 3-х приложений. Работа содержит 180 страниц, из них 167 страниц основного текста, 105 рисунков на 77 страницах, 23 таблицы на 21 странице, 13 страниц библиографического списка, 40 страниц приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность исследуемой темы, сформулирована цель и определены решаемые задачи, приведены выносимые на защиту основные положения, показаны научная новизна и практическая значимость диссертационной работы, отражен личный вклад соискателя, изложены сведения об апробации и опубликованности результатов выполненных исследований.

В **первой главе** выполнен анализ состояния вопроса посредством обобщения и оценки имеющихся доступных к изучению экспериментальных и теоретических исследований физико–механических характеристик грунтов в природном залегании и при инъекционной опрессовке, а также зависимостей по определению несущей способности буроинъекционных анкеров и свай и деформативности упрочненных цементацией оснований плитных фундаментов. Отмечен большой вклад отечественных и зарубежных ученых: А.С. Аль Масри, Г.М. Бича, И.А. Бусела, Ю.Н. Васильева, Е.Ф. Винокурова, Л. Гобста, К.В. Голубева, Г.О. Дегиля, А.Н. Драновского, В.Н. Жилинкова, Й. Зайца, Ю.З. Заславского, В.С. Истоминой, А. Камбефора, И.М. Клейнера, Г.П. Корчагина, Г.А. Колпашникова, В.Н.Кравцова, В.П. Кустова, Ф.К. Лапшина, Р.А. Мангушева, Л.Г. Мариупольского, А.А. Махнача, Й. Мечи, В.А. Мишакова, А.А. Мустафьева, М.И. Никитенко, А.А. Петухова, К.Э. Повколаса, П.С. Пойты, О.В. Попова, М.А. Прыгунова, В.Ф. Раюка, Б.А. Ржаницина, К.В. Руппнейга, Д.Г. Самарина, В.Е. Сеськова, М.И. Смородинова, Д.Ю. Соболевского, К. Терцаги, Е.Ю. Трацевской, Т.Х. Ханна, В.С. Христофорова, М. Хелло Мусса, П.В. Шведовского В.Н. Яромко и др.

Описана история развития буроинъекционной технологии в геотехнике. Приведена последовательность технологических операций при выполнении свай и анкеров или цементационного упрочнения оснований. Раскрыты процессы, происходящие в грунтах при их инъекционной опрессовке. Отмечено различие инъекции в однородных песчаных, глинистых, и в многослойных грунтах с наличием и без фильтрационной анизотропии.

Выполнен сопоставительный анализ существующих теоретических зависимостей изменения напряжений и перемещений в грунтовой среде у стенок скважины и на удалении от нее при инъекционной и пневматической опрессовке. Эти зависимости разделены на классические, базирующиеся на решении задачи Ламе, с наличием и без учета развития пластических зон. Сравнительными расчетами изменения НДС грунта по этим зависимостям выявлены значительные отличия в получаемых результатах за счет неодинаковых граничных условий в расчетных схемах.

Проведенные до сих пор исследования по изучению свойств грунтов Республики Беларусь разного генезиса и физического состояния в природных условиях пока не обобщены в должной мере, отсутствуют достоверные корреляционные зависимости между физическими и прочностными характеристиками грунта, а предложенные разными авторами взаимосвязи дают противоречивые результаты.

Отмечено лидерство белорусской геотехнической школы по определению сопротивления грунтов сдвигу на контакте с инъекционным телом благодаря созданному на кафедре «Оснований и фундаментов» БПИ прибору вращательного сдвига. Тем не менее, все полученные данные были привязаны к начальному коэффициенту пористости грунтов в природном залегании, а не к его измененному значению после расширения скважины на контакте с инъекционным телом.

Хотя имеющимися отечественными и зарубежными исследованиями доказано, что инъекционная опрессовка окружающего скважину грунта приводит к увеличению несущей способности и снижению деформативности оснований буроинъекционных анкеров, свай и упроченных грунтов, но этот факт, как правило, не учитывается при проектировании. Выполняемые на объектах контрольные и приемочные испытания буроинъекционных анкеров и свай нацелены лишь на подтверждение достаточности их несущей способности, и получаемые результаты не позволяют определять изменчивость характеристик грунтов за счет применяемой технологии.

Анализ существующих методов определения несущей способности и деформативности оснований буроинъекционных анкеров, свай и упроченных инъекцией грунтов на базе сравнительных расчетов показал, что чаще всего они учитывают лишь природное состояние грунтового массива без преобразования и улучшения свойств грунтов за счет инъекционной опрессовки, что приводит к неэкономичным или недостаточно надежным проектным решениям.

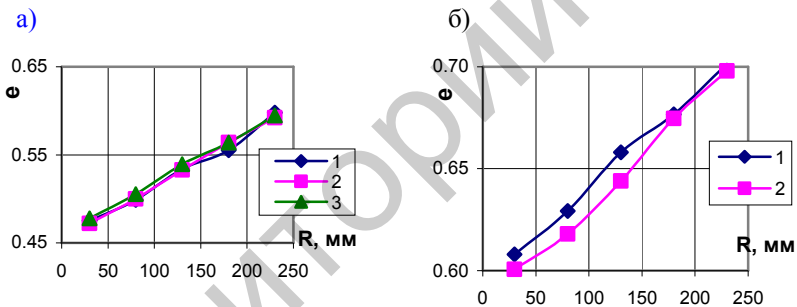
Итоги обзора состояния вопроса и выявленные пробелы в оценке взаимодействия буроинъекционных анкеров и свай, а также плитных фундаментов с преобразованными за счет инъекционной опрессовки грунтами оснований позволили соискателю сформулировать общую цель и основные направления собственных диссертационных исследований.

Вторая глава содержит результаты собственных лабораторных исследований соискателя по изучению изменчивости физико–механических характеристик песков пылеватых и мелких и лессовидных пылеватых супесей вокруг расширяемых скважин за счет инъекционной и пневматической опрессовки.

В таких грунтах подтверждены результаты проведенных М. Х. Мусса (под руководством и по методике М.И. Никитенко) исследований, вы-

явившие при расширении скважин возникновение кольцевых зон не только уплотнения, но и разуплотнения грунта на расстоянии 1,2–2,2 радиуса скважины, что способствует сдвигу грунта на удалении от поверхностей свай и анкеров. Дополнительно в проведенных соискателем опытах установлено, что увеличение начального диаметра скважины более чем на 65% вызывает радиальные разрывные трещины не только в глинистом грунте, но и в песке за счет спрессовывания грунта до критической плотности. При пневматическом расширении скважин определен минимально возможный коэффициент пористости, равный: для песков пылеватых – 0,29; для песков мелких и средних, и супеси пылеватой – 0,33.

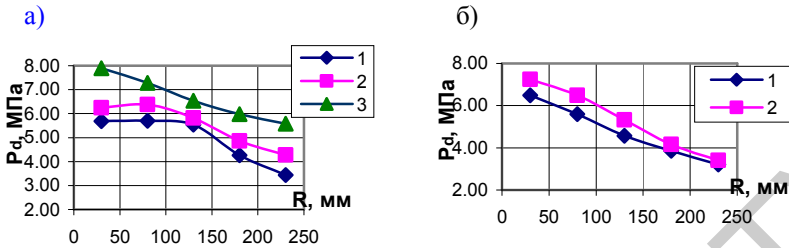
При инъекционном расширении скважин вокруг них был выявлен характер изменения коэффициента пористости грунта (рисунок 1) и сопротивление динамическому зондированию (рисунок 2). При этом качество опрессовки песчаных и пылегато–глинистых грунтов повышается с увеличением глубины инъекции.



а – супесь пылеватая; б – песок мелкий; 1 – через 7 суток после инъекции, 2 – через 14 суток после инъекции; 3 – через 28 суток после инъекции

Рисунок 1. – Графики изменения коэффициента пористости грунта, с удалением от осей скважин за счет их расширения после разных сроков твердения инъекционных тел

Кольцевые зоны разупрочнения грунтов вокруг расширяемых скважин были зафиксированы при проведении лабораторных прессиометрических и инъекционных опытов только в начальный период опрессовки. В крупномасштабных опытах и в натурных условиях при динамическом зондировании грунта зон разупрочнения вокруг скважин после закачки раствора обнаружено не было (рисунок 2). При этом установлено, что сопротивление грунтов динамическому зондированию увеличивается во времени (когда происходит перераспределение в грунте избыточной влаги из твердеющего цементного раствора), причем в глинистых грунтах за счет изменения их консистенции в большей мере ближе к инъекционному телу.



а – супесь пылеватая; б – песок мелкий; 1 – через 7 суток после инъекции;
2 – через 14 суток после инъекции; 3 – через 28 суток после инъекции

Рисунок 2. – Графики изменения условного динамического сопротивления грунтов с удалением от осей скважин после разных сроков твердения инъекционных тел

В результате выполненных исследований сопротивления вращательно-му сдвигу была дополнена существующая нормативная база зависимости изменения касательного сопротивления сдвигу от плотности сложения для супеси пылевой (при $0,45 < e < 0,85$); песка мелкого (при $0,5 < e < 0,8$) и пылеватого (при $0,5 < e < 0,7$):

$$\tau = A - B \cdot e, \text{ кПа}, \quad (1)$$

где A и B – эмпирические коэффициенты (кПа), значения которых приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Значения эмпирических коэффициентов A и B

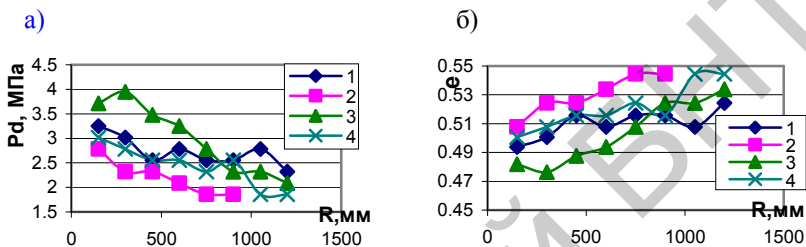
Наименование грунта	Значение коэффициента, кПа	
	A	B
Супесь пылеватая	44,92	33,16
Песок мелкий	22,28	16,68
Песок пылеватый	12,10	14,15

Сдвиговые исследования выявили, что в супеси пылевой цементный камень на седьмые сутки не набирает требуемой прочности, поэтому при сдвиге он разрушается. При этом сопротивление сдвигу глинистого грунта через 7 суток достаточно мало из-за его повышенной пластичности за счет избыточной влаги. Со временем влага в лессовидном глинистом грунте перераспределяется, что увеличивает его контактное сопротивление сдвигу.

Третья глава отражает результаты натурных испытаний статической нагрузки буринъекционных свай и анкеров и результаты динамического зондирования вокруг них в разных грунтовых условиях на объектах г.

Минска и Минской области. Описаны методики испытаний и используемое оборудование.

Выявлено, что вокруг свай под толщей грунта более 3 метров зона влияния инъекции может доходить до трех диаметров скважины. Максимальное сопротивление динамическому зондированию уплотненных инъекцией грунтов вокруг свай увеличивается в 1,9 раза по сравнению с природным состоянием (рисунок 3).



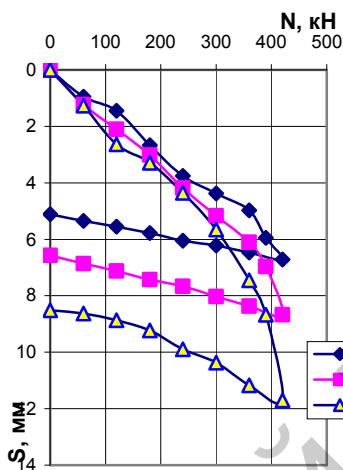
а – условное динамическое зондирование; б – коэффициент пористости
1 – свая № 396; 2 – свая № 127; 3 – свая № 217; 4 – свая № 256

Рисунок 3. – Графики изменения условного динамического зондирования грунта и коэффициента пористости в радиальном направлении для буроинъекционных свай диаметром 325 мм на глубине 3,5 метра от планировки

Результаты испытаний свай на объекте показали, что опрессовка цементным раствором грунтов под нижними концами повышает их общее сопротивление на 15 – 30% по сравнению с отсутствием опрессовки. У свай с локальными уширениями стволов 10 – 15% вдоль длин по 0,5 м на глубине 3–4 м дополнительно повышалось сопротивление грунта сжатию пред этими опорными поверхностями (рисунок 4).

При реконструкции комплекса зданий № 6, 8 по ул. Кирилла и Мефодия в г. Минске были выполнены испытания буроинъекционных анкеров для крепления подпорной стены и зондирование грунтов между анкерами № 129 и 133. Установлено, что в уровне центра корней буроинъекционных анкеров условное динамическое сопротивление грунта между ними за счет опрессовки увеличилось на 35 – 60% по сравнению с природным состоянием. Также при этом ощутимо возросла и доля упругих сдвиговых деформаций.

Динамическое зондирование усиленных инъекцией грунтов на объекте «Усадьба Ваньковича» по ул. Филимонова, 24, показало, что через 2 года сохраняется эффект опрессовки песка, причем влияние инъекции увеличивается с глубиной скважины.



а – № 127 (с уширениями на глубине 3/7 длины ствола и в уровне пяты);
 б, в – № 217 и 256 (соответственно) с опрессовкой грунта только под пятой

Рисунок 4. – Графики зависимости «осадка-нагрузка» для свай Ø 325 мм

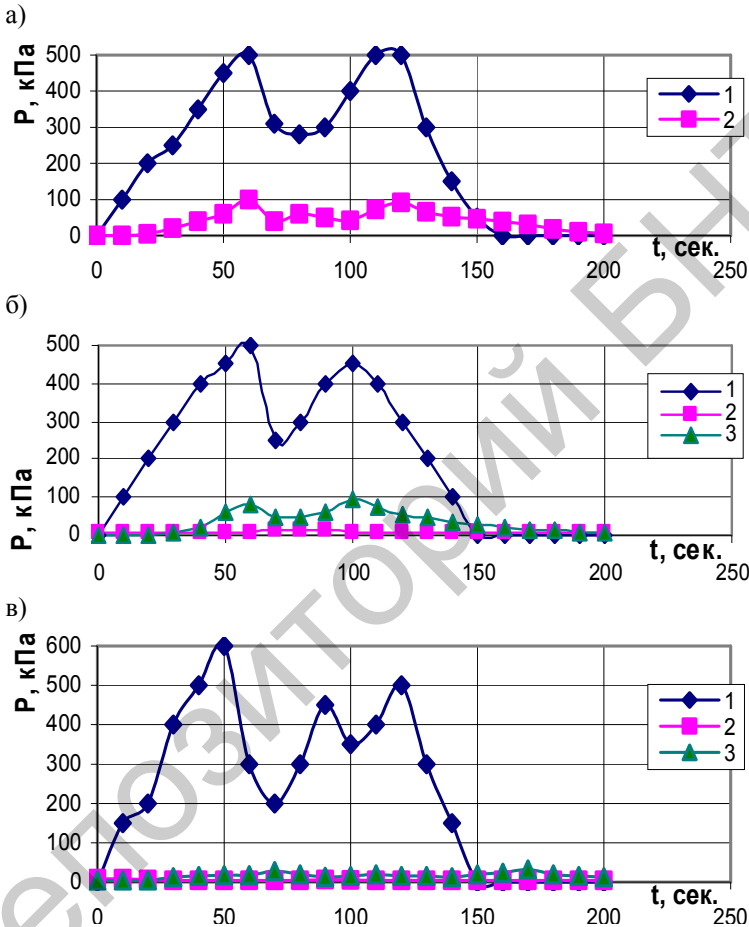
При реконструкции административно-хозяйственного здания по пер. Чайковского, 3 в г. Минске, помимо испытаний грунтов вокруг инъекционных скважины, с помощью гидравлических датчиков было изучено распределение давления во времени при закачке цементного раствора через инъекционные трубки в двух соседних скважинах (рисунок 5).

Здесь впервые обнаружено, что фиксируемое манометром насоса давление закачки инъекционного раствора больше чем в скважине, что вызвано потерями на трение в шлангах и инъекционных трубках, проникновением раствора в поры грунта и его опрессовкой вокруг расширяемой скважины. Повышение давления в скважине запаздывает по сравнению с создаваемым на выходе из растворонасоса.

Чередующиеся участки подъемов и спадов на графиках связаны с возникновением в грунте гидроразрывов, регистрируемых датчиками за 2 – 4 секунды до падения давления в системе закачки раствора. Наличие нескольких пиков на графиках обусловлено неоднородностью грунтов в скважине. Каждый последующий пик происходит после заполнения ранее возникшей полости цементным раствором и дальнейшей опрессовки грунта.

Разрывы, особенно при вторичной закачке раствора, возникают в случаях, когда давление инъекции превышает структурную прочность грунта.

При усилении оснований этот факт положительно влияет на несущую способность грунтов, в которых разрывные трещины заполняются раствором.



а – закачка раствора через короткую инъекционную трубку в скважину № 1;
б – то же в скважину № 2; в – закачка раствора через длинную трубку
в скважину № 2;

(1 – инъекционный бак; 2 – манометр №1; 3 – манометр № 2)

Рисунок 5. – Изменение давления в цементно-песчаном растворе при его закачке в скважины

В итоге инъекционной опрессовки у грунта увеличиваются удельный вес, угол внутреннего трения и сцепление, а затвердевший цементный ка-

мень в разрывных трещинах становится армирующим элементом, который повышает сопротивление грунтов сжатию и сдвигу.

В четвертой главе приведены результаты обработки и анализа технических отчетов об инженерно-геологических изысканиях выполненных на территории Республики Беларусь УП «Геосервис», УП «Фаворит», УП «Фундаменты», УП «ЦНТУС» в 2000 – 2011 годах. Статистическая обработка результатов лабораторных испытаний образцов ненарушенной структуры позволила выявить зависимости изменения прочностных и фильтрационных характеристик распространенных в Белорусском регионе минеральных грунтов, от их плотности сложения и влажности с учетом генезиса. Объем выборки для выведения регрессионных зависимостей для каждого грунта, при установленных граничных условиях по консистенции и коэффициенту пористости, составлял 32 – 74 исследования, коэффициент достоверности аппроксимации находится в интервале $0,57 < R^2 < 0,92$, что соответствует связям между признаками по шкале Чеддока от заметной до весьма высокой. Установлено, что при уплотнении грунта и с уменьшением размеров его фракций интенсивно уменьшается и водопроницаемость. Выявленные значения коэффициентов фильтрации позволяют определить время распределения избыточной влаги из цементного раствора в опрессовываемом грунте.

Пятая глава посвящена прогнозу несущей способности буроинъекционных анкеров, свай и упрочненных оснований фундаментов с учетом улучшенных опрессовкой характеристик грунтов.

Выполненные расчеты с использованием программных комплексов при численном моделировании оснований (с учетом природных и упрочненных за счет инъекции характеристик грунта) плитных фундаментов реконструируемого здания по пер. Чайковского г. Минске показали, что инъекционное упрочнение грунтов цементацией позволяет уменьшить осадку ленточного фундамента до 25% по сравнению с отсутствием упрочнения.

Расчет несущей способности буроинъекционных свай по грунту с учетом изменчивости свойств оснований за счет опрессовки предлагается выполнять по уточненному соискателем выражению:

$$F = \gamma_c * \left(\gamma_{cR} \cdot R_{ci}^{op} \cdot A^{op} + \sum_{i=1}^n u_i^{op} \cdot \gamma_{cfi} \cdot h_i \cdot R_{fi}^{op} \right), \text{ кН}, \quad (2)$$

где, γ_c ; γ_{cR} ; γ_{cfi} – коэффициенты условий работы свай в грунте;

R_{ci}^{op} – расчетное сопротивление грунта сжатию под пятой свай с учетом опрессовки грунта, кПа;

R_{fi}^{op} – контактное сопротивление сдвигу i -того слоя грунта по боковой поверхности сваи с учетом опрессовки грунта, кПа;

A^{op} – площадь пяты сваи, с учетом закаченного при инъекции раствора под пяту m^2 ;

u_i^{op} – осредненный периметр в i -том слое грунта поперечного сечения ствола сваи, расширенный инъекционной опрессовкой, м;

h_i – толщина i -го слоя грунта, вдоль ствола сваи, м.

Сопротивления R_{ci}^{op} и R_{fi}^{op} определяются в зависимости от глубины расположения рассматриваемого участка, а также от вида грунта и его коэффициента пористости на контакте со свайей после инъекционной опрессовки. Для супеси пылеватой и песка среднего этот коэффициент пористости можно найти по выражению, приведенному для наиболее распространенных диаметров бурового оборудования, применяемого в Республике Беларусь (для свай с начальным диаметром скважины 114 – 500мм и начальным коэффициентом пористости грунта $0,5 < e < 0,75$):

$$e_R = e_0 + B_1 \cdot R_1^2 - B_2 \cdot R_1, \quad (3)$$

где e_0 – природное значение коэффициента пористости;

e_R – коэффициента пористости грунта на контакте с буроинъекционным телом после расширения скважины;

R_1 – радиус уширенной скважины, мм.

B_1 и B_2 – эмпирические коэффициенты, определяемые по таблице 2.

Таблица 2. – Значения эмпирических коэффициентов B_1 и B_2

Наименование грунта	Значение коэффициента	
	$B_1, 1/мм^2$	$B_2, 1/мм$
Супесь пылеватая	$2,7 \cdot 10^{-6}$	0,00143
Песок средний	$- 8,1 \cdot 10^{-7}$	0,00029

Уточненная соискателем методика расчета оснований плитных фундаментов по второй группе предельных состояний при инъекции цементного раствора в буровые скважины учитывает, что упрочнение грунтового массива происходит за счет двойного эффекта:

– опрессовки грунта при расширении скважины за счет опрессовки;

– образования в нем армирующих элементов из затвердевшего раствора.

Отношение диаметра расширенной скважины к ее начальному диаметру (K_d) следует устанавливать экспериментально, а при отсутствии опытных данных рекомендуется принимать не более:

– в прочных моренных глинистых грунтах – 1,1;

– в пылеато-глинистых и песчаных грунтах средней прочности – 1,4;

– то же слабых – 1,65.

При заданной величине K_d коэффициент пористости слоя грунта, расположенного непосредственно на границе элемента усиления находится:

$$e_R = e_0 + Y_1 \cdot (Y_2 - d_{1,скв})^2 - Y_3 \cdot |(Y_2 - d_{1,скв})|, \quad (4)$$

где $d_{1,скв}$ – диаметр опрессованной скважины, мм.

Y_1 , Y_2 и Y_3 – эмпирические коэффициенты, определяемые по таблице 3.

По полученным значениям коэффициента пористости грунта на границе инъекционного тела, определяют физико-механические характеристики уплотненного грунта и уплотненного цемента-грунтового массива под подошвой фундамента.

Таблица 3. – Значения эмпирических коэффициентов Y_1 , Y_2 и Y_3

Наименование грунта	Значение коэффициента		
	Y_1 , 1/мм ²	Y_2 , мм	Y_3 , 1/мм
Супесь пылеватая (при $0,4 < e_0 < 0,9$)	$3 \cdot 10^{-6}$	30	0,0015
Песчаные грунты	$-9 \cdot 10^{-7}$	30	0,00085

В соответствии с нормативными документами по полученному значению $e_{1,ср}$ определяются угол внутреннего трения и сцепление грунта с дальнейшим определением расчетного сопротивления под подошвой фундамента, модуля деформации уплотненного инъекцией грунта с учетом наличия элементов усиления и определения осадок плитных фундаментов.

Разработанные соискателем предложения по уточнения способов расчета получили положительную оценку в проектных организациях Республики Беларусь и учтены при выполнении проектов свайных фундаментов, анкерного крепления и инъекционного упрочнения грунтов оснований.

В шестой главе отражен практический опыт и эффективность опрессовки грунта вокруг скважин в условиях нового строительства и реконструкции при выполнении анкеров, свай и цементационного упрочнения оснований плитных фундаментов. Дана краткая характеристика объектов, на которых с участием соискателя была применена буроинъекционная технология, приведен сравнительный анализ и обоснована технико-экономическая эффективность применения буроинъекционной технологии, которая базируется на сравнении материальных ресурсов применяемой технологии с некоторыми базовыми решениями конструкций нулевого цикла в конкретных грунтовых условиях.

В заключительной части данной главы приводятся новые конструктивные решения, направленные на дальнейшее повышение эффективности применения буроинъекционной технологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Обобщение, систематизация и анализ соискателем имеющихся в литературных источниках результатов исследований, посвященных инъекционной опрессовке грунтов с изменением их плотности сложения, угла внутреннего трения, сцепления и коэффициента фильтрации, выявили вопросы, требующие дальнейшего решения, особенно в песках пылеватых и мелких, а также в лессовидных супесях, в которых экспериментальных данных пока недостаточно. Существующие теоретические решения пренебрегают неспособностью грунтов воспринимать растяжение и не учитывают гидродинамические воздействия отжимаемой избыточной влаги из закачиваемого цементного раствора, поэтому дают искаженное распределение напряжений и деформаций в грунтовом массиве вокруг расширяющихся скважин от действующих внутри них давлений [4, 7, 11].

2. Лабораторные и полевые опыты, выполненные автором, позволили уточнить особенности и границы изменения физических, механических и фильтрационных характеристик песков и глинистых грунтов вокруг расширяемых при закачке раствора скважин исходя из условия недопущения возникновения в них разрывов при опрессовке с учетом ее продолжительности, начальных свойств грунтов и объема закачиваемого раствора [1, 18, 20].

Выведенные при этом зависимости измененных за счет инъекционной опрессовки коэффициентов пористости грунтов при известных их исходных значениях вокруг расширяемых скважин с увеличением диаметров в 1,24 – 1,27 раза позволяют по таблицам нормативных документов определять механические и фильтрационные характеристики, а также сопротивления сжатию под пятой и сдвигу вдоль ствола сваи или корня анкера [3, 9, 10].

Аналогичные возможности дают также выведенные на базе данных инженерно-геологических изысканий корреляционные зависимости для других распространенных в Республике Беларусь генетических видов грунтов [16].

3. Экспериментально полученные с помощью разработанного в БНТУ прибора вращательного сдвига, полностью отражающего влияние инъекционной опрессовки на изменение свойства грунтов вокруг расширяю-

щихся скважин, ранее не выявленные значения предельных контактных сопротивлений сдвигу пылеватых и мелких песков и пылеватых лессовидных супесей при их разных исходных плотностях сложения и влажности, с учетом объема закачиваемого раствора и времени опрессовки, позволяють уточнять прогнозируемые значения несущей способности таких грунтов в основаниях буроинъекционных анкеров и свай [12].

4. Количественные показатели различия значений давлений закачиваемого цементного раствора на выходе из растворонасоса и передаваемого на стенки скважины при потерях от опрессовки грунта и трения в шлангах, впервые измеренные соискателем от начала до завершения инъекции, уточняют граничные условия существующих теоретических решений задачи о расширении скважин внутренним давлением инъекции [4].

5. Учет измененных опрессовкой характеристик грунта в уточненных соискателем положениях инженерного способа расчета применительно к пылеватым и мелким пескам и лессовидным супесям позволяет усовершенствовать методику определения несущей способности буроинъекционных анкеров и свай, а также осадок плитных фундаментов на усиленных инъекцией грунтах в основании существующих и реконструируемых зданий и сооружений. Аprobация разработанных расчетных предпосылок на разных строительных объектах республики показала их хорошую сходимость с экспериментальными данными при более высоких показателях экономической эффективности (сокращения на 5-10% затрат и до 10% сроков возведения) по сравнению с традиционными конструктивно-технологическими решениями нулевого цикла [2, 21].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Результаты выполненных автором диссертационных исследований рекомендуется использовать при проектировании и устройстве буроинъекционных свай, анкеров и цементационного упрочнения грунтов оснований, учитывая в расчетах измененные при опрессовке свойства грунтов, что повысит достоверность прогнозируемых значений их несущей способности и обеспечит эксплуатационную надежность оснований фундаментов.

2. Предложенные соискателем зависимости для определения модуля деформации упроченных инъекцией грунтов оснований плитных фундаментов рекомендуется применять в проектной практике при расчете их осадок.

3. Значения предельных контактных сопротивлений сдвигу для опрессованных инъекцией песков пылеватых и мелких и супесей лессовидных при разных исходных плотностях сложения и влажности следует отра-

зить в действующем нормативном документе по проектированию и устройству буринъекционных анкеров и свай.

4. В натурных условиях на каждом строительном объекте использования буринъекционной технологии после выполнения работ рекомендуется использовать методы зондирования для оценки изменчивости свойств грунтов вокруг фундаментных конструкций и корректировки значений несущей способности анкеров и свай и цементационного усиления.

5. Прочностные и фильтрационные характеристики грунтов оснований можно определять посредством выведенных соискателем корреляционных зависимостей их от физических свойств с учетом генезиса, что позволит сократить сроки и стоимость инженерно-геологических исследований.



СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи в журналах в соответствии со Списком и Перечнем ВАК

1. Игнатов, С. В. Изменение характеристик грунтов вокруг заинжецированных скважин при устройстве анкеров и свай / С.В. Игнатов // Збірник наукових праць «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне, 2012. – Вып. 23. – С. 578 – 585.

2. Игнатов, С.В. Методика расчета упроченного инъекцией грунта для использования в качестве основания фундаментов / С.В. Игнатов // Строительная наука и техника. – 2012. – №1 (40). – С.36–38.

3. Игнатов, С.В. Учет изменчивости свойств грунта при устройстве и проектировании буринъекционных анкеров и свай / С.В. Игнатов // Збірник наукових праць «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне, 2012. – Вып. 24. – С. 448 – 455.

4. Игнатов, С.В. Учет изменчивости свойств грунтов при цементационном упрочнении оснований фундаментов / С.В. Игнатов // Збірник наукових праць Серія «Галузове машинобудування, будівництво» / Полтавский национальный техн. университет им. Ю. Кодратюка – Полтава, 2013. – Вып. 3(38). – Том 1. – С. 123 – 130.

5. Игнатов, С.В. Влияние опрессовки на характеристики околосвайного грунта и несущую способность свай / С.В. Игнатов // Збірник наукових праць «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне, 2013. – Вып. 25. – С. 651 – 659.

6. Игнатов, С.В. Влияние инъекционной опрессовки грунта на несущую способность свай по грунту / С.В. Игнатов // Збірник наукових праць Серія «Галузове машинобудування, будівництво» / Полтавский национальный техн. университет им. Ю. Кодратюка – Полтава, 2013. – Вып. 3(38); Т. 2. – С. 123 – 130.

Статьи в материалах конференций

7. Игнатов, С.В. Изменчивость свойств супеси пылеватой при устройстве заливных цилиндров / С.В. Игнатов, И.П. Крошнер // Геотехника Беларуси: наука и практика // Сборник статей международной научно-технической конференции. Минск 20–22 окт. 2008 г. / БНТУ, редкол.: М.И. Никитенко и [др.]. – Минск, 2008. – С. 183 – 187.

8. Игнатов, С.В. Возможность применения программных комплексов, основанных на методе конечных элементов для определения несущей способности свай / С.В. Игнатов, Ю.В. Анисимов // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовки инженерных кадров Респ. Беларусь // Сб. научных трудов XV международного научно-методического семинара, Новополоцк 27 – 28 ноября 2008 года / ПГУ; редкол.: Д.Н. Лазовский [и др.]. – Новополоцк, 2008. – С.220 – 224.

9. Игнатов, С.В. Учет изменчивости свойств грунта при проектировании буронаблюдательных анкеров и свай / С.В. Игнатов, научный руководитель М.И. Никитенко // Научному прогрессу – творчество молодых. Материалы и доклады международной молодежной научной конференции по естественным и техническим дисциплинам, Йошкар–Ола, 20-21 апреля 2012 г. / Поволжский государственный технологический университет; редкол.: В.А. Иванов (гл. ред.) [и др.]. – Йошкар–Ола, ПГТУ, 2012. – С. 108 – 110.

10. Игнатов, С.В. Изменение характеристик грунта при опрессовке / С.В. Игнатов // Строительство и восстановление искусственных сооружений. Материалы республиканской научно-практической конференции / под. общ. ред. А.Г. Горюка: М-во образования Респ. Беларусь, УО «Белорус. Гос. Ун-т трансп.» – Гомель: БелГУТ, 2012. – С.207 – 211 с.

11. Игнатов, С.В. Существующие решения о напряженно-деформированном состоянии опрессованных оснований буронаблюдательных анкеров и свай / С.В. Игнатов // Материалы II Международной научно-практической конференции «Современная наука: тенденции развития» – Краснодар, Априори 2012 г. – в 3-х томах. Том III. с. 137 – 142.

12. Игнатов, С.В. Соппротивление грунтов сдвигу вокруг буронаблюдательного корня анкера или сваи / С.В. Игнатов // VII Дулатовские чтения. Материалы международной научно-практической конференции 20 - 21 апреля 2012 года. Тот III / под. общ. ред. А.С. Ахметова: М-во образования и науки Респ. Казахстан, Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати. – Тараз: Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, 2012. - С. 84 - 86.

13. Игнатов, С.В. Учет изменчивости деформативных характеристик грунта при инъекционной опрессовке / С.В. Игнатов // Строительство и восстановление искусственных сооружений. Материалы международной

научно–технической конференции. Часть 1 / под. общ. ред. А.Г. Горюка: М-во образования Респ. Беларусь, УО «Белорус. Гос. Ун-т трансп.». – Гомель: БелГУТ, 2013. – С.177 – 180 с.

14. Игнатов, С.В. Учет инъекционной опрессовки при устройстве буроинъекционных анкеров / С.В. Игнатов // Строительство: проблемы и перспективы // Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции 29-30 марта / ред. колл. Я.Г. Бучаев [и др.]: Дагестанский государственный институт народного хозяйства. – Махачкала: ДГИНХ, 2013. - С. 64 - 65.

15. Игнатов, С.В. Влияние буроинъекционной опрессовки на плотность сложения грунтов и несущую способность свай и анкеров / С.В. Игнатов // Геотехника Беларуси: наука и практика // Материалы международной научно–технической конференции, посвященной 60-летию кафедры оснований, фундаментов и инженерной геологии, и 90-летию со дня рождения профессора Юрия Александровича Соболевского / под. общ. ред. М.И. Никитенко: М-во образования Респ. Беларусь, БНТУ – Минск: БНТУ, 2013. – С. 244 – 252 с.

16. Игнатов, С. Учет генезиса грунта при определении его прочностных характеристик / С. Игнатов, И. Крошнер // Главный инженер в строительстве. - 2014. - № 2(14). С. 25-28

Тезисы докладов в сборниках материалов конференций

17. Игнатов, С.В. Моделирование осадок ленточных фундаментов грунтов оснований упроченных буроинъекционной технологией / С.В. Игнатов, Л.В. Конотоп // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии // Материалы международной научно-технической конференции 22–23 апреля 2010г. Ч. 2; редкол.: И.С. Сазонов (гл. ред.), М.Е. Лустенков [и др.]. – Могилев: ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2010. – С.118 – 120.

18. Игнатов, С.В. Изменение водопроницаемости грунта при метрическом расширении скважин / С.В. Игнатов // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии // Материалы международной научно-технической конференции 21–22 апреля 2011г. Часть 2; редкол.: И.С. Сазонов (гл. ред.), М.Е. Лустенков [и др.]. – Могилев: ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2011. – С.103 – 104.

19. Игнатов, С.В. Определение несущей способности буроинъекционной свай с учетом изменчивости свойств при опрессовке / С.В. Игнатов // Образование, наука и производство в XXI веке: современные тенденции развития: материалы юбилейной междунар. конф. 24 ноября 2011г. М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации,

Белорус – Рос. ун-т; редкол.: И.С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Беларус-Рос. ун-т, 2011. – С.133 - 134.

20. Игнатов, С.В. Изменение прочностных характеристик грунта при устройстве инъекционных тел / С.В. Игнатов // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии. Материалы международной научно-технической конференции, Могилев, 19-20 апреля 2012 г. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Беларус – Рос. ун-т; редкол.: И.С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Беларус-Рос. ун-т, 2012. – С.93-94.

21. Игнатов, С.В. Методика учета опрессовки грунта при определении несущей способности буроинъекционных анкеров и свай / С.В. Игнатов // II Международная научно-практическая конференция «Проблемы строительного производства и управления недвижимостью» – Кемерово. КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева 21, 22 марта 2012 г. – С. 123 – 125.

22. Игнатов, С.В. Изменение сопротивления зондированию грунта при устройстве буроинъекционных анкеров / С.В. Игнатов // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии. Часть 2. Материалы международной научно-технической конференции ученых, Могилев, 18-19 апреля 2013 г. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Могилев. обл. исполн. ком., Нац. акад. наук Респ. Беларусь, Беларус – Рос. ун-т; редкол.: И.С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Беларус-Рос. ун-т 2013. – Ч. 2. – С.106 – 107.

23. Игнатов, С.В. Исторический обзор развития инъекционной технологии / С.В. Игнатов // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности. Материалы международной научно-технической конференции молодых ученых, Могилев, 30-31 октября 2013 г. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Беларус – Рос. ун-т; редкол.: И.С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Беларус-Рос. ун-т 2013. – С.133.

ІГНАТАЎ Сяргей Уладзіміравіч**НЯСУЧАЯ ЗДОЛЬНАСЦЬ АСНОЎ ПАЛЯЎ, АНКЕРОЎ І ПЛІТНЫХ ПАДМУРКАЎ ПРЫ ІН'ЕКЦЫЙНАЙ АПРАСОЎЦЫ ГРУНТОЎ**

Ключавыя словы: анкер, грунт, дэфарматыўнасць, будынак, ін'екцыя, нясучая здольнасць, апрасоўка, асадка, аснова, трываласць, паля, збудаванне, узмацненне, падмурак.

Аб'ект даследавання: грунтовае асяроддзе, якое падвяргаецца ін'екцыйнай апрасоўцы.

Прадмет даследавання: нясучая здольнасць і дэфарматыўнасць асноў, узмоцненых ін'екцыяй.

Мэта працы: удасканалванне метаду вызначэння нясучай здольнасці і дэфарматыўнасці асноў бураін'екцыйных анкераў, паляў і ўзмоцненых ін'екцыяй грунтоў з улікам змены іх фізічных уласцівасцяў пасля апрасоўкі.

Метады даследавання і выкарыстаная апаратура: лабараторныя і палявыя вопыты на фізічных мадэлях і ў рэаліі; шалі электронныя і механічныя, гідраўлічныя манометры, гідрадамкраты, зонд дынамічны, індыкатары гадзіннага тыпу, помпавыя станцыі з манометрамі, шчыльнамеры, прагібамеры Аістава, штангенцыркуль.

Атрыманыя вынікі, іх навізна і ступень выкарыстання

Усталяваны характар змены фізіка-механічных характарыстык грунту ў зоне ўплыву прэсіяметрычнай і ін'екцыйнай апрасоўкі, што павышае дакладнасць вызначэння апорнай здольнасці і дэфарматыўнасці асноў бураін'екцыйных анкераў, паляў і ўзмоцненых ін'екцыяй грунтоў. Эксперыментальна даказана адрозненне ў мабілізацыі сіл лававога супраціву і бакавога трэння паміж пячанымі і пылавата-гліністымі грунтамі, а таксама хуткасці зацвярдзення цэментнага цела ў названых грунтах. Упершыню вызначаны ціск у ін'екцыйнай сумесі на выхадзе з растворапомпы і ў грунтавай свідравіне з яго змяненнем пры запампоўцы. Унесены прапановы па ўдакладненню інжынернага спосабу вызначэння апорнай здольнасці і дэфарматыўнасці грунту з улікам ўплыву апрасоўкі, аб'ёму запампоўванага раствору і пачатковых характарыстык асновы. Апрабаваны дысертацыйных даследаванняў паказала магчымасць іх выкарыстання пры практаванні і будаўніцтве з мэтай дасягнення высокіх паказчыкаў эканамічнай эфектыўнасці ў розных грунтовых умовах Рэспублікі Беларусь. Укараненне на аб'ектах новага будаўніцтва і рэканструкцыі навуковых распрацовак саіскальніка дазволіла паменьшыць кошт будаўніцтва падмуркаў пры забеспячэнні патрэбнага ўзроўню надзейнасці.

РЕЗЮМЕ

ИГНАТОВ Сергей Владимирович**НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ОСНОВАНИЙ СВАЙ, АНКЕРОВ
И ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ПРИ ИНЪЕКЦИОННОЙ ОПРЕССОВКЕ
ГРУНТОВ**

Ключевые слова: анкер, грунт, деформативность, здание, инъекция, несущая способность, опрессовка, осадка, основание, прочность, свая, оружие, усиление, фундамент.

Объект исследования: грунтовая среда, которая подвергается инъекционной опрессовке.

Предмет исследования: несущая способность и деформативность оснований упрочненных инъекцией.

Цель работы: совершенствование метода определения несущей способности и деформативности оснований буроинъекционных анкеров, свай и упрочненных инъекцией грунтов с учетом изменения их физических свойств после опрессовки.

Методы исследования и использованная аппаратура: лабораторные и полевые опыты на физических моделях и в натуре; весы электронные и механические, гидравлические манометры, гидродомкраты, зонд динамический, индикаторы часового типа, насосные станции с манометрами, плотномеры, прогибомеры Аистова, штангенциркуль.

Полученные результаты, их новизна и степень использования.

Выявлен характер изменения физико-механических свойств грунта в зоне влияния прессиометрической и инъекционной опрессовки, что повышает достоверность определения несущей способности и деформативности оснований буроинъекционных анкеров, свай и упрочненных инъекцией грунтов. Экспериментально доказано различие в мобилизации сил лобового сопротивления и бокового трения между песчаными и пылевато-глинистыми грунтами, а также скорости твердения цементного тела в данных грунтах. Впервые определено давление в инъекционной смеси на выходе из растворонасоса и в грунтовой скважине с его изменением при закачке. Внесены предложения по уточнению инженерного способа определения несущей способности и деформативности грунта с учетом влияния опрессовки, объема закачиваемого раствора и начальных характеристик основания. Апробация диссертационных исследований показала возможность их использования при проектировании и строительстве с целью достижения высоких показателей экономической эффективности в разных грунтовых условиях Республики Беларусь. Внедрение на объектах нового строительства и реконструкции научных разработок соискателя позволило уменьшить стоимость устройства фундаментов при обеспечении необходимого уровня надежности.

SUMMARY

IHNATOV Siergy

PILE, ANCHORS AND SLAB FOUNDATION GROUND BEARING CAPACITY THROUGH INJECTING CRIMPING

Key-words: anchor, ground, deformation, building, injection, bearing capacity, pressure, settlement, base, strength, pile, construction, reinforcement, foundation.

Object of the research: injection pressed ground environment.

Subject of the research: injection pressed ground environment bearing capacity and deformability.

Aim of the research: improvement pile, anchors and slab foundation bearing capacity and deformability method determination with the accounting of ground physical properties conversion by the crimping.

Method of the research and apparatus: laboratory and field experiments on physical models and on nature; electronic and mechanical weights, hydraulic pressure gauges, hydraulic jacks, dynamic probe-cal, dial gauges, pumping stations with pressure gauges, densitometers, Aistov's deflectometer, caliper.

Results of the research, their novelty and order of utilization.

The physical and mechanical properties of changes in the soil in the zone of influence of the injection and pressure expansion was found. The character increases the accuracy of the determination bases anchors, piles and reinforced soil injection bearing capacity and deformation.

The difference in the mobilization of drag and lateral friction between the sands and clays, the rate of hardening of the cement body in these soils were experimentally proved.

The pressure in the injection mixture at the outlet mortar and at the dirt hole, the pressure change while downloading were determined for the first time.

The refinement of the engineering method soil, taking into account the influence of crimping, the volume of the injected solution and the initial characteristic base in pile bearing capacity and deformability was proposed.

The dissertation research approbation showed its usage possibility for the design and construction in order to achieve high levels of economic efficiency in different soil conditions in the Republic of Belarus/

The foundations installation cost was reduced and wanted reliability level was ensued while the applicant's scientific developments in new construction and reconstruction introduction.

Научное издание

ИГНАТОВ Сергей Владимирович

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ОСНОВАНИЙ СВАЙ, АНКЕРОВ
И ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ПРИ ИНЪЕКЦИОННОЙ
ОПРЕССОВКЕ ГРУНТОВ

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.23.2 – Основания и фундаменты,
подземные сооружения

Подписано в печать 15.01.2015. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 1,45. Уч.-изд. л. 1,14. Тираж 100. Заказ 23.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.