

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, доцента  
Маковецкого Олега Александровича

на диссертацию Гребенникова Ивана Олеговича  
на тему «Усиление глинистых оснований грунтоцементными элементами»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения

Для подготовки отзыва при рецензировании диссертационной работы соискателя были рассмотрены следующие материалы:

- Текст диссертационной работы на 146 страницах, состоящей из введения, четырех разделов, заключения, списка литературы из 181 наименования, приложения на 3 страницах, включая 48 рисунков и 18 таблиц.

Автореферат объемом 24 страницы.

На основании рассмотренных материалов оппонент заключает, что диссертация Гребенникова И.О. на тему: «Усиление глинистых оснований грунтоцементными элементами» содержит необходимые и достаточные признаки научно-квалификационной работы, соответствующей паспорту специальности 2.1.2. - Основания и фундаменты, подземные сооружения.

### **Актуальность темы.**

Направленность исследований обусловлена насущной необходимостью поиска новых экономически эффективных и надежных технических решений, позволяющих возводить здания и сооружения на слабых водонасыщенных грунтах. Возможность широкого использования искусственно улучшенных оснований до настоящего времени сдерживалась отсутствием или несовершенством научно обоснованной методики проектирования таких оснований. Проведенное автором диссертации исследование состояния вопроса показало, что выбор методов проектирования и устройства в большинстве случаев осуществляется экспериментальным путем и не всегда полученное решение является оптимальным. В связи с этим следует признать, что разработка на основе экспериментальных и теоретических исследований методики расчета усиления основания грунтоцементными элементами является актуальной задачей, решение которой имеет важное значение.

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

Достоверность работы определяется тем, что теоретические результаты работы базируются на фундаментальных основах механики твердого деформируемого тела и механики грунтов. Идея исследований базируется на проведенном аналитическом обзоре научно-технической литературы, фундаментальных и прикладных исследованиях отечественных и зарубежных ученых, на анализе практики, обобщении передового опыта.

Научная новизна работы состоит в развитии теории расчета напряженно-деформированного состояния массива грунта с включением вертикальных жестких элементов, выполненных по буросмесительной технологии, в том числе:

1. Разработана и валидирована численная модель взаимодействия грунтоцементных элементов и глинистых грунтов с показателем текучести более 0,5 д.е.

2. Подтверждена гипотеза о том, что с увеличением модуля деформации армирующих грунтоцементных элементов, расположенных в глинистых грунтах с показателем текучести более 0,5 д.е., возможно повышение доли нагрузок на нижележащие грунтовые слои и увеличение сжимаемой толщи.

3. Установлены закономерности изменения модуля деформации усиленного грунтового массива от коэффициента армирования, модуля деформации грунта, модуля

деформации грунтоцементного элемента, и соотношения модулей деформации окружающего грунта и грунтоцементного элемента.

4. Определены условия проскальзывания грунтоцементных элементов по боковой поверхности на контакте с грунтом, приводящего к продавливанию подстилающих грунтов армирующими элементами.

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

Выводы работы основываются на согласовании результатов экспериментальных и теоретических исследований механических свойств модифицированного грунта и усиленного грунтового основания и использования полученных данных для решения задач на основе механики сплошных сред.

Достаточная обоснованность научных выводов и рекомендаций подтверждена валидацией результатов расчета численных моделей с результатами натуральных исследований, сравнением авторских данных и данных, полученных ранее другими исследователями по рассматриваемой тематике.

### **Теоретическая значимость работы.**

Выполненное исследование позволило предложить подход к оценке сжимаемости основания, усиленного армированием вертикальными грунтоцементными элементами, учитывающими соотношение модулей деформации усиливаемых грунтов и усиливающих грунтоцементных элементов, разработать способ контроля деформационных характеристик основания, армированного грунтоцементными элементами.

На основании проведенных исследований усовершенствована методика проектирования усиления слабых грунтовых оснований, с показателем текучести более 0,5 д.е., армированием вертикальными грунтоцементными элементами.

### **Практическое значение работы.**

Предложены и запатентованы способ контроля деформационных характеристик армированного вертикальными элементами слабого грунта и способ определения деформируемости основания из армированного вертикальными элементами слабого грунта.

Результаты исследования и отдельные положения внедрены при проектировании и строительстве административных и жилых зданий в г. Новосибирске и г. Барнауле.

### **Анализ и оценка содержания диссертации.**

Во введении автором описаны актуальность исследования, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, достоверность научных положений, отражены сведения об апробации и реализации результатов исследования.

Первый раздел диссертационной работы посвящен анализу существующего подхода к проектированию армирования глинистых оснований вертикальными грунтоцементными элементами (ГЦЭ) и опыта реализации армирования с выявлением особенностей работы усиленного массива.

Проведен анализ наиболее широко используемых методов формирования искусственных оснований, а также рассмотрены области их применения.

Отмечено, что существующие подходы показывают различные результаты прогноза деформаций усиленного основания. Проектирование по наихудшему результату прогноза может привести к удорожанию строительства, проектирование по наилучшему несет в себе большие риски. В результате чего, весьма актуально проведение соответствующих

исследований для разработки единого подхода к расчетам армированных оснований и контролю качества при устройстве таких оснований.

Во втором разделе приводится описание комплекса выполненных исследований, а именно:

1. Разработка численной модель усиленного основания вертикальными грунтоцементными элементами основания, сложенного глинистыми грунтами с показателем текучести от мягкопластичной до текучей консистенции. Автором выявлены и количественно определены условия формирования параметров модели, граничные условия, модели материалов.

2. Разработка экспериментальной методики и оценка параметров сжимаемости грунтоцементных элементов в полевых условиях по изменению деформационных характеристик армированного грунтового массива.

3. Определение зависимости величины сцепления окружающего грунтового массива и грунтоцементного элемента от модуля деформации грунтоцементного элемента.

4. Валидация разработанной численной модели.

В третьем разделе изложены теоретические положения, позволившие получить закономерности необходимые для дальнейшей разработки методики проектирования усиления основания армированием ГЦЭ:

1. Подтверждены теоретические предпосылки об особенностях работы усиленного массива грунта, с учетом модуля деформации армирующих грунтоцементных элементов; получены результаты исследования, имеющие качественное совпадение с результатами исследований других ученых.

2. Установлены условия проскальзывания ГЦЭ по боковой поверхности на контакте с грунтом, приводящего к продавливанию подстилающих грунтов армирующими элементами;

3. Определена функциональная зависимость изменения модуля деформации, усиленного армированием вертикальными ГЦЭ грунтового массива от параметров армирования (коэффициент армирования от 0,02 до 0,10 и модуль деформации ГЦЭ от 50 до 250 МПа) и грунтовых условий (коэффициент пористости от 0,70 до 1,0 и показатель текучести более 0,5 д.е.).

В четвертом разделе приводится описание разработанного инженерного метода, включающее алгоритм и методику проектирования усиления оснований грунтоцементными элементами, изготовленными буросмесительным способом.

В заключении содержатся основные результаты выполненных исследований, вытекающие из содержания диссертации и подтверждающие достижение поставленной цели.

Автореферат соответствует тексту диссертации и последовательности изложения материала в диссертации.

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11- 2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». М.: Стандартинформ. - 2012.

#### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней» по пунктам 10,11,14.**

Диссертация соответствует критериям, установленным пп.10,11,14 «Положения о присуждении ученых степеней». Положения диссертации и результаты исследований опубликованы в шести печатных работах, в том числе в трех ведущих рецензируемых научных изданиях.

## Достоинства и недостатки.

Содержание работы полностью раскрывает поставленные задачи и методы их решения, работа написана грамотным научно-техническим языком, включает необходимые таблицы и рисунки, иллюстрирующие основные положения работы.

*По диссертационной работе имеются следующие вопросы и замечания:*

### Раздел №1.

1. При описании буросмесительного метода изготовления грунтоцементных элементов не приведены количественные диапазоны изменения технологических параметров процесса (расход и скорость ввода вяжущего, водоцементное отношение, скорость вращения смесителя) существенно влияющие на физико-механические характеристики модифицированного грунта.

### Раздел №2.

2. В разделе приводятся данные геотехнического мониторинга за объектами на усиленном основании (табл. 2.1., 2.2.), но не приведено описание конструктивного решения усиления (диаметр грунтоцементных элементов, шаг, модуль деформации материала), что не позволяет оценить однородность выборки сравниваемых результатов.

3. В численной модели усиленного грунтового основания для описания поведения грунтоцементных элементов предлагается модель Кулона - Мора (параграф 2.2). В разделе не приведены методы определения и численные значения прочностных характеристик материала для грунтоцементных элементов, выполненных на опытной площадке.

### Раздел №3.

4. При проведении численного эксперимента в качестве параметра группы II используется коэффициент армирования грунта в диапазоне 0,02...0,10. Не ясно за счет чего выполнялось его варьирование: изменение диаметра элемента или шаг расстановки элементов, и какой из этих составляющих оказывает большее влияние?

5. Как назначались геометрические размеры области моделирования усиленного массива грунта?

### Раздел №4.

6. Не четко определены пределы применимости предлагаемой методики проектирования по типам грунтов и видам сооружений, для которых она может быть использована.

7. Предлагаемый метод контроля деформационных характеристик усиленного грунтового массива с использованием штампа большой площади требует получение корреляционной зависимости между значениями, полученными в ходе испытаний и расчетными значениями, полученными в ходе геотехнического мониторинга за осадками объектов.

Указанные недостатки не снижают общей ценности работы, которая выполнена на высоком научном уровне и имеет важное практическое значение.

## Заключение

Диссертация Гребенникова Ивана Олеговича на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором экспериментально-теоретических

исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как решение научной задачи - метода проектирования усиления грунтовых оснований грунтоцементными элементами, имеющей важное значение для развития строительной отрасли, что соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013г.) для диссертаций на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Гребенников Иван Олегович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.2. – Основания и фундаменты, подземные сооружения.

### Официальный оппонент

Маковецкий Олег Александрович,  
доктор технических наук по специальности 2.1.2 (05.23.02) - Основания и фундаменты, подземные сооружения, доцент, советник РААСН

Профессор кафедры «Строительные конструкции и вычислительная механика»  
Федерального государственного автономного образовательного учреждения  
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ПНИПУ)  
Адрес: Россия, 614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский проспект, д.29;  
сайт: [www.pstu.ru](http://www.pstu.ru); телефон: +7(902)472-5395; e-mail: [omakovetskiy@gmail.com](mailto:omakovetskiy@gmail.com);

2 сентября 2025 г.

Я, Маковецкий Олег Александрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

2 сентября 2025 г.

Подпись Маковецкого О.А. заверяю



Специалист по персоналу УК  
Е.И. Овчинникова

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента, кандидата технических наук  
Коннова Артёма Владимировича  
на диссертацию Гребенникова Ивана Олеговича  
на тему «Усиление глинистых оснований грунтоцементными элементами»,  
предоставленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения  
(технические науки)

### **Актуальность избранной темы**

Тема диссертации Гребенникова И.О. актуальна в свете современных требований к надёжности и экономичности закрепленных оснований зданий и сооружений, возводимых на слабых глинистых грунтах. В условиях активного освоения территорий с неблагоприятными грунтовыми условиями предложенные в работе технические решения имеют важное практическое значение.

Автором проведено обоснование выбора бурсмесительного метода устройства грунтоцементных элементов, сформулирована ключевая гипотеза, разработана численная модель армированного основания и выполнена её валидация по результатам экспериментальных исследований. Существенный интерес представляют полученные зависимости между параметрами армирования и деформационными характеристиками основания, что позволяет использовать эти данные при проектировании в реальных условиях. В связи с этим, диссертационная работа Гребенникова Ивана Олеговича, является однозначно актуальной для развития строительной отрасли.

### **Степень достоверности и обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Достоверность результатов исследования подтверждена:

- использованием современных методов исследования, основанных на принципах механики грунтов;
- использованием актуализированных нормативных документов и применением поверенных приборов, оборудования и средств измерений;

- применением сертифицированных и верифицированных программных комплексов, основанных на использовании метода конечных элементов;
- согласованностью теоретических данных с результатами лабораторных и натуральных экспериментальных исследований;
- сопоставлением с результатами других авторов;
- результатами внедрения разработок автора на строительных объектах.

Автором изучены и критически проанализированы, и корректно использованы известные теоретические положения многих авторов, внесших значительный вклад в изучение проблемы в области усиления глинистых основания армирование грунтоцементными элементами.

Обоснованность основных научных положений диссертации подтверждается методологической базой, основанной на положениях фундаментальных и прикладных научных дисциплин.

Обоснованность научных выводов и рекомендаций подтверждена валидацией результатов расчета численных моделей с результатами натуральных исследований.

### **Научная новизна полученных результатов**

1. Разработана и валидирована численная модель взаимодействия грунтоцементных элементов и глинистых грунтов с показателем текучести более 0,5 д.е.

2. Подтверждена гипотеза о том, что с увеличением модуля деформации армирующих грунтоцементных элементов, расположенных в глинистых грунтах с показателем текучести более 0,5 д.е., возможно повышение доли нагрузок на нижележащие грунтовые слои и увеличение сжимаемой толщи.

3. Установлены закономерности изменения модуля деформации усиленного грунтового массива от коэффициента армирования, модуля деформации грунта, модуля деформации грунтоцементного элемента, и соотношения модулей деформации окружающего грунта и грунтоцементного элемента.

4. Установлены условия проскальзывания грунтоцементных элементов по

боковой поверхности на контакте с грунтом, приводящего к продавливанию подстилающих грунтов армирующими элементами.

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

Результаты, полученные в диссертации Гребенникова И.О., дополняют научные знания в области усиления глинистых оснований грунтоцементными элементами.

Выполненное исследование позволило предложить подход к оценке сжимаемости основания, усиленного армированием вертикальными грунтоцементными элементами, учитывающими соотношение модулей деформации усиливаемых грунтов и усиливающих грунтоцементных элементов, разработать способ контроля деформационных характеристик основания, армированного грунтоцементными элементами.

На основании проведенных исследований усовершенствована методика проектирования усиления слабых грунтовых оснований, с показателем текучести более 0,5 д.е., армированием вертикальными грунтоцементными элементами.

Предложены и запатентованы способ контроля деформационных характеристик армированного вертикальными элементами слабого грунта и способ определения деформируемости основания из армированного вертикальными элементами слабого грунта.

Результаты исследования и отдельные положения внедрены при проектировании и строительстве административных и жилых зданий в г. Новосибирске и г. Барнауле.

### **Личный вклад соискателя в получении результатов исследования**

Личный вклад соискателя состоит в:

– разработке и реализации программы экспериментальных и теоретических исследований;

– подтверждении гипотезы о том, что с увеличением модуля деформации армирующих грунтоцементных элементов, расположенных в глинистых грунтах с показателем текучести более 0,5 д.е., повышается доля нагрузок, воспринимаемая

грунтами, расположенными под армированным массивом, и увеличивается сжимаемая толща;

– установлении закономерностей изменения сжимаемости, усиленного армированием грунтоцементными элементами грунтового массива, в слабых грунтах с показателем текучести более 0,5 д.е;

– совершенствовании методики проектирования усиления грунтов армированием грунтоцементными элементами оснований буросмесительным способом;

– научном обосновании и разработке способа контроля качества армированного вертикальными грунтоцементными элементами слабого грунта, позволяющего повысить достоверность и точность контроля деформационных характеристик грунтов на любой глубине армированного грунтового массива, защищенного двумя патентами РФ в соавторстве с научным руководителем канд. техн. наук, доц. П.О. Ломовым.

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

Диссертация Гребенникова И.О. состоит из введения, четырех разделов, заключения, одного приложения и списка литературы, содержащего 181 наименование работ. Диссертация изложена на 146 страницах, включает 48 рисунков и 18 таблиц.

**Во введении** подтверждена актуальность исследования, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, достоверность научных положений, отражены сведения об апробации и реализации результатов исследования.

**В первом разделе** проведен анализ наиболее широко используемых способов формирования искусственных оснований, а также рассмотрены области их применения. В некоторых случаях, с учетом экономической целесообразности и прочих соображений, более предпочтительным оказывается использование усиленных грунтовых массивов армированием грунтоцементными элементами, изготовленными буросмесительным способом.

В результате проведенного анализа методов усиления грунтовых массивов в данной области Гребенников И.О., подчеркнул, что метод устройства оснований усиленных грунтовых массивов армированием грунтоцементными элементами, изготовленными бурсмесительным способом, перспективен. Однако, отмечено, что существующие подходы к расчетам показывают различные результаты прогноза деформаций усиленного основания. В результате чего, весьма актуально проведение соответствующих исследований для разработки единого подхода к расчетам армированных оснований и контроля качества при устройстве таких оснований.

**Во втором разделе** выполнен комплекс исследований, а именно:

– предложена и описана численная модель усиленного основания вертикальными грунтоцементными элементами основания, сложенного глинистыми грунтами с показателем текучести более 0,5 д.е. Приведены условия формирования параметров модели, граничные условия, модели материалов параметров модели;

– разработана новая экспериментальная методика и оценка параметров сжимаемости грунтоцементных элементов в полевых условиях по изменению деформационных характеристик армированного грунтового массива;

– получена зависимость сцепления окружающего грунтового массива и грунтоцементного элемента от модуля деформации грунтоцементного элемента.

– экспериментально доказана адекватность разработанной численной модели путем ее валидации.

**В третьем разделе** проведенное исследование позволило получить данные и закономерности необходимые для дальнейшей разработки методики проектирования усиления основания армированием ГЦЭ, а именно: подтверждены теоретические предпосылки об особенностях работы усиленного массива грунта, с учетом модуля деформации армирующих грунтоцементных элементов; получены результаты исследования, имеющие качественное совпадение с результатами исследований других ученых; установлены условия проскальзывания ГЦЭ по боковой поверхности на контакте с грунтом, приводящего к продавливанию подстилающих грунтов армирующими элементами; определена функциональная

зависимость изменения модуля деформации, усиленного армированием вертикальными ГЦЭ грунтового массива от параметров армирования (коэффициент армирования от 0,02 до 0,10 и модуль деформации ГЦЭ от 50 до 250 МПа) и грунтовых условий (коэффициент пористости от 0,70 до 1,0 и показатель текучести более 0,5 д.е.).

**В четвертом разделе** разработан алгоритм и усовершенствована методика проектирования глинистых оснований, усиленных грунтоцементными элементами, изготовленными бурсмесительным способом, в грунтах с показателем текучести более 0,5 д.е.

Диссертационная работа Гребенникова И.О. по содержанию и оформлению соответствует требованиям к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

#### **Соответствие автореферата диссертации ее содержанию**

Автореферат отражает основные положения диссертационной работы, соответствует ее содержанию, раскрывает положения ее научной новизны и личного вклада автора.

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

Диссертация соискателя соответствует паспорту научной специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения (технические науки) по пунктам 5 – «Разработка новых методов расчета, проектирования и испытаний высокоэффективных конструкций, способов и технологий устройства оснований и фундаментов в особых инженерно-геологических условиях: на слабых, насыпных, просадочных, засоленных, набухающих, закарстованных, вечномёрзлых, пучинистых и других грунтах», 15 – «Экспериментальные исследования, направленные на изучение процессов взаимодействия фундаментов и грунтового основания, с целью выявления новых особенностей такого взаимодействия, оценки эффективности новых конструкций фундаментов, обоснования расчетнотеоретических моделей грунтового основания и численных решений геотехнических задач) и технической отрасли науки)».

## Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11–2011

В целом оформление диссертации и автореферата соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11–2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

### Вопросы и замечания по диссертационной работе:

1. Какие параметры числовой модели изменялись при ее валидации на основе натурального эксперимента?

2. Из рис. 2.14 и 3.11 не ясно из результатов каких именно экспериментальных исследований (натурных, численных или других) получены значения сцепления окружающего грунтового массива и ГЦЭ  $R_{inter}$ . Были ли установлены границы применимости ГЦЭ с большими значениями модуля деформации в связи с полученным для них низким сцеплением между грунтом и ГЦЭ? Можно ли считать основание армированным, если рассматривать устройство ГЦЭ с большими значениями модуля деформации?

3. В работе рассматривается усиление глинистых оснований. Учитывались ли реологические свойства глинистых грунтов в разработанной методике?

4. Возможно ли расширение применения предложенной методики и технологии на основания, сложенные не глинистыми грунтами, и какие дополнительные мероприятия необходимо для этого предусмотреть?

5. В таблице 4.6 отсутствует примечание для «\*».

Однако, сделанные замечания не снижают существенным образом ценности рассматриваемой диссертации, выполненной, несомненно, на достаточно высоком научно-техническом уровне.

### Заключение

Диссертационная работа Гребенникова Ивана Олеговича на тему «Усиление глинистых оснований грунтоцементными элементами» отвечает критериям,

установленным Положением о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.) и является самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, написанной на актуальную тему на достаточно высоком научном уровне, внедрение результатов которой имеет практическое значение для строительной отрасли, а её автор Гребенников Иван Олегович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения.

**Официальный оппонент,**

Коннов Артём Владимирович,

кандидат технических наук по специальности

05.23.02 (2.1.2) – Основания и фундаменты, подземные сооружения

Старший научный сотрудник лаборатории «Основания, фундаменты и подземные сооружения» федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук

Адрес места работы: 127238, Центральный федеральный округ, г. Москва, Локомотивный проезд, 21; телефон: +7 (495) 482-35-47, E-mail: [niisf@niisf.ru](mailto:niisf@niisf.ru).



Коннов Артём Владимирович

14.11.2025 г.

Я, Коннов Артём Владимирович, даю согласие на включение своих персональных данных, содержащихся в настоящем отзыве в документы, связанные с защитой диссертации Гребенникова Ивана Олеговича и их дальнейшую обработку.



Коннов Артём Владимирович

14.11.2025 г.

Подпись кандидата технических наук А.В. Коннова заверяю

*Заместитель директора*



*А.Г. Чеботков*