

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Петербургский государственный  
университет путей сообщения  
Императора Александра I»  
(ФГБОУ ВО ПГУПС)**

Московский пр., д.9, Санкт-Петербург, 190031  
Телефон: (812) 457-86-28, факс: (812) 315-26-21  
E-mail: [dou@pgups.ru](mailto:dou@pgups.ru); <http://www.pgups.ru>  
ОКПО 01115840, ОГРН 1027810241502,  
ИНН 7812009592/ КПП 783801001

Утверждаю:

И. о. первого проректора -  
проректора по научной работе

**ФГБОУ ВО ПГУПС**

Бенин Андрей Владимирович



19.11.2024 № 005.02.6-39/1199

«19» ноября 2024 г.

На №

[ Отзыв ведущей организации ]

### ОТЗЫВ

ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I» на диссертационную работу Шохирева Максима  
Витальевича на тему:

«Определение несущей способности двухслойных оснований  
фундаментов аналитическими и численными методами», представленную на  
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности  
2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения в диссертационный  
совет 24.2.419.02, на базе ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный  
университет»

Диссертационная работа М.В. Шохирева, представленная на рецензию,  
состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы. Общий объем  
составляет 165 страниц, в т.ч. 117 рисунков, 36 таблиц и трех приложений.  
Список литературы содержит 141 источник, в т.ч. 75 иностранных.



Диссертация написана грамотно, профессиональным языком. Главы диссертации взаимосвязаны и дают полное представление о содержании научных исследований в их логической последовательности.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертационной работы, даются краткие сведения о степени ее разработанности, сформулированы цель и задачи научных исследований. Даются сведения о научной новизне работы, теоретической и практической значимости, методологии научных исследований, а также сформулированы положения, выносимые на защиту и результаты апробации работы.

**Первая глава** диссертации традиционно посвящена состоянию вопроса. В начале главы дается общий анализ проблемы расчета неоднородных оснований по предельным состояниям и отмечается отсутствие единого подхода в решении вопроса о несущей способности. Это объясняется тем, что до сих пор не было получено решений статики сыпучей среды даже для простейшего случая двухслойного основания.

Далее, автор приводит детальный обзор решений теории предельного равновесия, из которого следует, что для двухслойных оснований рассматривался лишь частный случай основания с жестким подстилающим слоем. Анализ приближенных методов расчета несущей способности неоднородных оснований выполнен как для отечественных разработок, так и для зарубежных публикаций. Здесь отмечается разнообразие расчетных схем и привязка их к конкретным ситуациям. При этом преимущественно рассматриваются основания со слабым подстилающим слоем.

Особое внимание уделяется популярному в настоящее время численному моделированию методом конечных элементов в рамках существующих программных комплексов. Этот обзор иллюстрируется расчетными схемами и сетками конечных элементов. Оценка предельного давления соответственно производится на основе интерпретации графика осадка–нагрузка в каждом конкретном случае.



Глава завершается подборкой сведений об экспериментальных работах по определению несущей способности двухслойных оснований и обоснованием выбранного направления исследований. Здесь акцент делается на использование для решения поставленной задачи метода логарифмической спирали, в рамках которого существует возможность учета неоднородности основания в виде двух различных слоев грунта.

**Во второй главе** изложен аналитический метод расчета предельного давления на двухслойное основание. Здесь рассматривается вертикальная центрально приложенная нагрузка. Прежде всего, дается решение методом логарифмической спирали для однородного основания. Показано, что коэффициенты несущей способности, полученные этим методом, дают завышенные по сравнению с решениями статики сыпучей среды значения предельного давления и непосредственно не могут использоваться для практических расчетов. Однако, указанное расхождение носит систематический и монотонный характер. Это позволяет использовать результаты решения методом логарифмической спирали для установления относительных величин. В этой связи предложен новый параметр – коэффициент влияния подстилающего слоя. Далее, приводится решение для двухслойного основания, основанное на использовании линии скольжения, состоящей из отрезков логарифмических спиралей, имеющих общий центр и пересекающей оба слоя грунта основания. Показано существование критической глубины залегания подстилающего слоя, до которой он оказывает влияние на величину предельной нагрузки. Окончательная авторская методика заключается в определении предельного давления с использованием строгих решения теории предельного равновесия для однородных оснований и коэффициента влияния подстилающего слоя, установленного методом логарифмической спирали. Кроме того, приводится описание авторской программы для вычисления указанного коэффициента. В принципе, предложенный автором подход можно считать обоснованным.



**Третья глава** посвящена анализу методов численного моделирования, применяемых в настоящее время для определения напряженно-деформированного состояния грунтовых массивов любой неоднородности и произвольно нагруженных. Рассматривается исследуемый случай двухслойного основания. По существу, анализируются два численных метода – метод конечных элементов и метод предельного анализа. При этом выполняется сопоставление с авторским аналитическим решением. Кроме того, для анализа использованы не только результаты расчетов, полученные автором, но и опубликованные результаты конечноэлементного моделирования других авторов. Получено подтверждение о положении линии скольжения в двухслойном основании в зависимости от глубины расположения подстилающего слоя, а также существование ее критического значения. В отношении величины предельного давления автор склоняется к применению метода предельного анализа для его определения. Этот метод дает более устойчивые результаты по сравнению с методом конечных элементов. Объем выполненных численных расчетов вполне достаточен для указанных выводов.

**В четвертой главе** изложены результаты экспериментальных исследований и сопоставительный анализ с результатами аналитического решения. Сопоставление выполнено не только с авторскими результатами, но также с опубликованными результатами опытов в центрифуге и полевыми данными. Для проведения опытов диссертантом был изготовлен специальный плоский лоток, описание которого подробно приведено в работе. В экспериментах рассмотрены две принципиальные схемы: подстилающий слой слабый и подстилающий слой прочный. Получено наглядное подтверждение о положении линии скольжения в двухслойном основании, которое было принято в аналитическом решении. Сопоставление аналитической величины предельной нагрузки с результатами опытов в центрифуге и полевыми данными показало удовлетворительное соответствие. При этом, аналитические результаты оказались несколько меньше опытных, т.е. эти результаты имеют некоторый запас.



**Пятая глава** – это практические рекомендации по расчету несущей способности двухслойного основания. Здесь предложенная методика распространяется на случай внецентренно приложенной наклонной нагрузки. Кроме того, выполнено сопоставление несущей способности двухслойного основания с величиной расчетного сопротивления, а также с методикой, принятой в зарубежных нормах Еврокод–7. Подробно изложен предлагаемый автором порядок расчета несущей способности двухслойного основания. В заключении главы приведены примеры применения методики на реальных объектах.

#### **Актуальность темы исследований.**

Оценка несущей способности грунтовых оснований является первостепенной задачей при проектировании фундаментной части зданий и сооружений. В настоящее время отсутствует общий подход к расчету предельной нагрузки на многослойные основания. В то же время именно такие основания встречаются на реальных объектах. Отсутствие строгих решений теории предельного равновесия грунтов даже для двухслойных оснований делает необходимым поиск приближенных путей решения данной проблемы. При этом необходимо обеспечить надежность и универсальность разрабатываемых методов расчета. В этом заключается актуальность темы представленной диссертации.

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

Обоснованность предложенного автором решения определяется комплексным подходом к оценке предельной нагрузки на двухслойное основание, в котором используются апробированные решения статики сыпучей среды и новый коэффициент влияния подстилающего слоя – относительная величина, устанавливаемая методом логарифмической спирали. Научные выводы подтверждаются численным моделированием, а также результатами лабораторных и полевых исследований.



## **Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендации, сформулированных в диссертации.**

Достоверность научных положений обусловлена выполнением основных законов механики сплошной среды, а также использованием сертифицированных программ численного моделирования и оборудования для экспериментальных исследований.

Научная новизна предложенного автором метода расчета заключается в установленных закономерностях изменения несущей способности двухслойного основания в зависимости от параметров расчетной схемы, а также в использовании линии скольжения в виде отрезков логарифмических спиралей, исходящих из одного центра.

## **Практическая значимость диссертационного исследования.**

Практическая значимость работы заключается в предложенном универсальном методе расчета несущей способности двухслойных оснований и использованием разработанной автором сертифицированной программы расчета коэффициента влияния подстилающего слоя. Авторская методика позволяет определять предельную нагрузку на двухслойное основание в реальном проектировании для широкого диапазона исходных данных.

## **Соответствие диссертационной работы критериям, установленным «Положениям о присуждении ученых степеней»**

Выполненные М.В. Шохиревым научные исследования и полученные результаты отвечают паспорту специальности 2.1.2. Основания и фундаменты (технические науки), а именно п. 2. «Создание научных и методологических основ фундаментостроения и подземного строительства в различных инженерно-геологических, гидрогеологических и природно-климатических условиях, а также при особых природных и техногенных воздействиях»; п. 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»; п. 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 расчетно-теоретических моделей грунтового основания и численных решений геотехнических задач»; п. 16. «Верификация и научно-практическое обоснование применения численных программ расчёта оснований и фундаментов различных типов для использования в практике проектирования и строительства».

Диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой изложены новые, научно обоснованные решения, имеющие практическое значение.

#### **Замечания по диссертационной работе.**

1. В диссертации рассматриваются две схемы – слабого и прочного подстилающего слоя. Необходимы чёткие критерии, по которым слой может быть отнесен к слабому или прочному.

2. Известно, что решения теории предельного равновесия получены для ограниченного диапазона угла наклона предельной нагрузки. Какие рекомендации в рамках рассматриваемой методики можно дать относительно расчетов при превышении граничных значений угла наклона равнодействующей расчетной нагрузки?

3. Полезно было бы иметь сведения о влиянии изменчивости исходных параметров на величину предельной нагрузки на двухслойное основание, а также на критическую глубину подстилающего слоя.

#### **Заключение.**

Заметим, что указанные замечания не снижают значимости и законченности, проведенных соискателем Шохиревым Максимом Витальевичем, научных исследований.



Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи – определение несущей способности двухслойных оснований.

Диссертация написана автором самостоятельно, что свидетельствует о его личном вкладе в исследование. Диссертация обладает внутренним единством, изложена корректным профессиональным языком, все главы диссертационной работы логически выстроены и системно взаимосвязаны, дают полное представление о предмете, объекте и результатах научного исследования.

Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы и соответствуют содержанию работы. Диссертация основана на достаточном объеме аналитической информации и экспериментальных данных. Диссертация написана грамотным языком, логически структурирована и оформлена в соответствии с требованиями. Автореферат достаточно полно раскрывает основные положения диссертационной работы.

Таким образом, диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые, научно обоснованные решения и разработки, имеющие существенное значение для развития механики грунтов и геотехники. Работа соответствует критериям, установленным в п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013г. №842, а её автор Шохирев Максим Витальевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения.

Отзыв на диссертацию и автореферат рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «Основания и фундаменты» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» «11» ноября 2024 г., протокол №3. Присутствовали: 11 чел. Проголосовали: «за» - 11, «против» - нет, «воздержались» - нет.



Председательствующий на заседании кафедры: кандидат технических наук по специальности 05.23.02 (2.1.2) – Основания и фундаменты, подземные сооружения, доцент кафедры «Основания и фундаменты» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»



Сливец Константин Владимирович

**Сведения о ведущей организации:**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС). Адрес: 190031, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, дом 9, телефон: (812) 457-86-28, факс: (812)315-26-21. e-mail: [dou@pgups.edu](mailto:dou@pgups.edu)

Подпись руки .....	<i>Сливец К.В.</i>
.....	
удостоверяю.	
Документовед отдела кадров сотрудников	<i>Иванова Н.В.</i>
.....	
“ 19 ” .....	<i>11</i>
..... Г.	<i>2024</i>





## Согласие

Я, Сливец Константин Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Основания и фундаменты» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» Федерального агентства железнодорожного транспорта, в соответствии со ст. 9 Федерального закона от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О защите персональных данных» даю согласие на обработку моих персональных данных диссертационным советом 24.2.419.02, созданным на базе ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», а именно совершение действий, предусмотренных п. 3 ст. 3 Федерального закона № 152-ФЗ со всеми данными, которые находятся в распоряжении диссертационного совета 24.2.419.02.

Согласие вступает в силу со дня его подписания и действует в течение неопределенного срока. Согласие может быть отозвано мною в любое время на основании моего письменного заявления.

«19» 11 2024 г.



Сливец К.В.

Подпись руки	Сливец К.В.
.....	.....
удостоверяю.	
Документовед отдела кадров сотрудников	Шенков В.В.
.....	.....
“ 19 ”	2024 г.
.....	.....





## Согласие

Я, Бенин Андрей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, и. о. первого проректора - проректора по научной работе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» Федерального агентства железнодорожного транспорта, в соответствии со ст. 9 Федерального закона от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О защите персональных данных» даю согласие на обработку моих персональных данных диссертационным советом 24.2.419.02, созданным на базе ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», а именно совершение действий, предусмотренных п. 3 ст. 3 Федерального закона № 152-ФЗ со всеми данными, которые находятся в распоряжении диссертационного совета 24.2.419.02.

Согласие вступает в силу со дня его подписания и действует в течение неопределенного срока. Согласие может быть отозвано мною в любое время на основании моего письменного заявления.

«19» 11 2024 г.

Бенин А. В.

Подпись руки .....
..... <i>Бенин А. В.</i> .....
удостоверяю.
Документовед отдела кадров сотрудников
..... <i>Иванова И. И.</i> .....
“ 19 ” “ ” ..... Г.

