

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной деятельности
федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Санкт-Петербургский
государственный архитектурно-
строительный университет»
Королев Евгений Валерьевич



« 01 » апреля 2026 г.

АО «НИЦ «Строительство»

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» на диссертационную работу

Брыксина Виталия Владимировича на тему

«Разработка метода расчета бокового давления несвязного грунта в активной зоне на гибкие подпорные конструкции с учетом их деформаций»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.2 – Основания и фундаменты, подземные сооружения

1. Актуальность темы исследования

Диссертационная работа посвящена решению одной из фундаментальных и одновременно прикладных задач геотехники – определению бокового давления грунта на гибкие подпорные конструкции. Существующая нормативная база, основанная на классических теориях, предлагает определять активное давление грунта без учета жесткостных параметров конструкции и характера ее деформирования. Однако многочисленные натурные и лабораторные исследования убедительно доказывают, что фактические эпюры давления грунта имеют нелинейный характер и характер распределения значений давления грунта по высоте зависит от прогибов стенки. Игнорирование этого явления приводит к тому, что расчетные усилия (изгибающие моменты) в стенке могут быть завышены, а усилия в распорных креплениях – занижены, что снижает экономическую эффективность и надежность проектных решений. Таким образом, тема диссертации, направленная на разработку метода расчета, учитывающего совместную работу упругопластического грунтового массива и деформируемой

конструкции, является, несомненно, актуальной и обладает существенной практической значимостью.

2. Структура и содержание работы

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, библиографического списка и приложений. Работа хорошо структурирована, материал изложен логично и последовательно.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, представлены положения, выносимые на защиту.

В первой главе выполнен обстоятельный анализ современного состояния вопроса. Автором рассмотрены классические теории и современные подходы к определению давления грунта на подпорные конструкции. Особую ценность представляет систематизация и анализ экспериментальных данных отечественных и зарубежных исследователей, накопленных за последние годы. Анализ убедительно показывает, что фактическое распределение давления имеет нелинейный характер и зависит от деформаций конструкции.

Во второй главе представлены результаты собственных экспериментальных исследований автора. Эксперименты выполнены на специализированном лабораторном стенде с использованием современного оборудования. Принципиально исследованы две кинематические схемы: консольная и с закреплением верхнего конца. С применением метода последовательного дифференцирования по измеренным прогибам стенки рассчитаны эпюры бокового давления. Установлено, что для консольной схемы эпюры близки к треугольным (соответствует методу Кулона), а для схемы с закреплением верха приобретают характерную седлообразную форму с концентрацией давления в опорных зонах. Особый интерес представляет визуализация перемещений грунта с использованием цветных слоев и фотограмметрии, что позволило автору подтвердить гипотезу о блоковом характере смещений грунта за стенкой.

В третьей главе с помощью конечно-элементного моделирования исследуется напряженно-деформированное состояние системы. Выполнена серия расчётов для стенок широкого диапазона изгибной жесткости. Основным результатом главы является установление S-образной зависимости касательных усилий от углов поворота стенки, характеризующейся наличием двух предельных асимптот. Показано, что для схем с закреплённым верхним концом работа грунта

происходит на допредельной стадии, а предельное состояние на границах наклонных блоков не достигается.

Четвертая глава – центральная в работе. На основе полученных экспериментальных и численных данных автором разработан численно-аналитический «метод наклонных блоков». Выдвинута феноменологическая модель взаимодействия грунта с деформируемой конструкцией, в которой массив засыпки разбивается на наклонные блоки. Предложено дифференциальное уравнение изгиба стенки, где боковое давление грунта является функцией от деформаций. Разработан итерационный алгоритм решения, создана авторская программа для ЭВМ.

В пятой главе выполнена верификация предложенного метода. Проведено сопоставление результатов расчёта по методу наклонных блоков с экспериментальными данными прошлых лет, а также с результатами численного моделирования МКЭ. Показана хорошая сходимость (расхождение не превышает 15%), что подтверждает достоверность и надёжность разработанного метода.

В шестой главе представлены практические рекомендации. Выполнено более 100 расчётов для характерных конструктивных схем. Получены таблицы поправочных коэффициентов: коэффициент увеличения давления в верхней зоне и коэффициент снижения давления в пролётной зоне. Приведены примеры практического использования рекомендаций.

В заключении сформулированы основные выводы и результаты работы, а также намечены перспективы дальнейших исследований.

3. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность результатов не вызывает сомнений и обеспечивается:

- корректным применением фундаментальных положений механики грунтов (теории предельного равновесия, упругости, пластического течения);
- значительным объемом экспериментальных данных: автор не только провел собственные лабораторные исследования, но и выполнил верификацию разработанного метода путем сопоставления с результатами экспериментов других исследователей, накопленных за прошлые годы;
- использованием сертифицированных программных комплексов (МКЭ) для численного моделирования, что подтвердило адекватность предложенных аналитических зависимостей;
- апробацией работы на представительных международных конференциях.

4. Научная новизна

В диссертации получен ряд новых научных результатов:

- разработан оригинальный численно-аналитический метод (метод наклонных блоков), который в отличие от классических решений (Кулона, Ренкина) позволяет определить давление грунта не только в предельном, но и в допредельном состоянии, связывая величину давления с деформациями стенки;
- впервые получено дифференциальное уравнение изгиба подпорной стенки на упругом основании, где правая часть (давление грунта) не является константой, а зависит от деформаций конструкции и прочностных характеристик грунта. Это позволяет корректно решать контактную задачу;
- предложена феноменологическая модель взаимодействия несвязного грунта с деформируемой стенкой, которая описывает процесс формирования зон локальных сдвигов (поверхностей скольжения) по мере развития деформаций, что является развитием теории предельного равновесия;
- установлены новые закономерности перераспределения контактных усилий по высоте стенки для различных кинематических схем (поворот, изгиб), подтвержденные экспериментально.

5. Научная и практическая ценность диссертации

Теоретическая значимость работы заключается в создании новой модели наклонных блоков, которая расширяет теоретические представления о механизме взаимодействия сыпучей среды с ограждающей конструкцией на всех этапах нагружения (от начала изгиба до образования призмы обрушения). Выявленные закономерности распределения давлений служат основой для дальнейшего совершенствования методов расчета подземных сооружений.

Практическая значимость работы подтверждается конкретными результатами:

1. Разработанный метод доведен до инженерного использования – создана расчетная программа для ЭВМ, позволяющая проектировщикам оперативно получать эпюры давлений и усилий.
2. Результаты исследования уже внедрены в нормативную базу – они использованы при разработке Приложения Н к СП 381.1325800.2018 «Сооружения подпорные. Правила проектирования», что является убедительным подтверждением практической значимости работы.

3. Предложены конкретные рекомендации по модификации классических расчетов через введение поправочных коэффициентов для конструкций с верхним ярусом распорного крепления, что делает метод доступным для использования без сложного программирования.

6. Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки

Полученные автором результаты имеют существенное значение для развития геотехники и строительной отрасли в целом. Применение полученных расчетно-теоретическим путем результатов позволяет значительно повысить надежность расчетов при устройстве и проектировании подпорных стен. Предложенный автором метод наклонных блоков позволяет рассчитывать боковое давление грунта на гибкие подпорные конструкции с учётом их деформаций, что дополняет классические теории (Кулона, Ренкина), не учитывающие жёсткость и перемещения стенки. Разработанный итерационный алгоритм и дифференциальное уравнение изгиба стенки с деформационно-зависимой правой частью могут быть использованы в дальнейших теоретических и численных исследованиях контактных задач геотехники.

7. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Результаты диссертационной работы рекомендуется использовать проектным и научно-исследовательским организациям, занимающимся расчетом и проектированием подпорных конструкций, ограждений котлованов, а также при актуализации нормативных документов в области геотехники. Разработанный программный продукт может найти применение в учебном процессе при подготовке магистров и аспирантов строительных специальностей.

8. Замечания

1. На рисунке 3.3.2 в тексте диссертационной работы приведены результаты численных расчетов эпюры боковых давлений для консольных стен в сопоставлении с эпюрой активного давления, определенного по классической теории Кулона. Как отмечено автором, полученные эпюры отличаются «рваными» очертаниями и не соответствуют аналитическому решению. При этом в тексте диссертации отсутствует изображение зон образования пластических деформаций по результатам численных расчетов, что не позволяет в полной мере судить о причинах возникновения указанного эффекта.

2. В формуле 4.4.27 по всей видимости перепутан знак в числителе перед последним слагаемым. При подстановке выражения 4.4.26 в 4.4.3 знак «минус» должен был обратиться в «плюс».

3. В четвертой главе диссертации приводится разработанный автором метод наклонных призм. Данный метод позволяет скорректировать величину бокового давления грунта на гибкую подпорную стенку на основе вычисленных величин наклона гибкой подпорной стенки к вертикали. С точки зрения основ математического моделирования вводить вектор внешних нагрузок (правая часть дифференциального уравнения) как функцию от искомой функции горизонтальных смещений не совсем корректно. Изменения в величинах боковых давлений связаны с реакцией системы на её деформации. Такие изменения корректнее было бы перенести в левую часть уравнения, что упростило бы применение разработанного метода для будущих исследователей.

4. В пятой главе автором выполняется сопоставление результатов аналитических расчетов разработанным методом и результатов численного моделирования. Различия в результатах расчетов объясняются тем, что в аналитической постановке рассмотрена абсолютно гладкая стенка, в то время как в Plaxis 2D угол трения по стенке принят равным одной десятой от угла внутреннего трения грунта. Каким образом наличие контактного трения влияет на характер распределения бокового давления грунта на гибкие подпорные стенки, закрепленные в верхней части?

5. Из текста диссертации и автореферата не до конца ясна итерационная процедура решения системы дифференциальных уравнений. Предполагается ли последовательное вычисление сил трения по границам блоков на каждой итерации? В каком направлении выполняются вычисления, от нижнего или от верхнего блока?

6. В шестой главе автор приводит рекомендации по определению поправочных коэффициентов. Из текста не ясно, насколько приведенные зависимости применимы для случая стенки, обладающей трением с массивом грунта?

9. Заключение

Отмеченные замечания и вопросы по диссертационной работе не снижают её научную и практическую ценность. Диссертация Брыксина Виталия Владимировича является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена важная научно-

техническая задача по определению бокового давления грунта на гибкие подпорные конструкции с учетом их деформированного состояния. Работа обладает внутренним единством, хорошо структурирована и написана грамотным техническим языком, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты. Основные результаты опубликованы в 5 научных работах, из которых 3 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Рассматриваемая работа полностью соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Брыксин Виталий Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.2 – Основания и фундаменты, подземные сооружения.

Отзыв составлен на основании анализа диссертации и автореферата, рассмотрен и одобрен на заседании кафедры геотехники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (ФГБОУ ВО «СПбГАСУ») (Протокол № 10 от 01.04.2026 г.) Присутствовало на заседании кафедры геотехники: всего- 18 чел. Результаты голосования: «за» - 18 чел., «против» - нет, «воздержались» - нет.

Заведующий кафедрой геотехники ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», доктор технических наук (по специальности 2.1.2 Основания и фундаменты, подземные сооружения), доцент, заслуженный строитель РФ



Осокин
Анатолий
Иванович

Старший преподаватель кафедры геотехники ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», кандидат технических наук (по специальности 2.1.2 Основания и фундаменты, подземные сооружения)



Башмаков
Иван
Борисович



Осокина А. И.,
Башмакова И. В.
ЗАВЕРЯЮ
Инициалы у [redacted] в
СПбГАСУ
« 02 » 04 / 20 26 г.

Сведения о ведущей организации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет».

Юридический адрес: 190005, Россия, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Фактический адрес: Россия, 190005, г. Санкт-Петербург,

2-я Красноармейская ул., д. 4.

Телефон: +7 (812) 575-05-34.

Адрес электронной почты: rector@spbgasu.ru

Адрес официального сайта в сети «Интернет»: <https://spbgasu.ru>

Учредитель образовательной организации: Министерство науки и высшего образования РФ.

Сведения о лице, утвердившем отзыв

Евгений Валерьевич Королев, доктор технических наук, профессор, проректор по научной деятельности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет».

Согласен на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Е.В. Королев

Сведения о лицах, подписавших отзыв

Осокин Анатолий Иванович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой геотехники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет».

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук «Концептуальные основы и практическое применение принципов научно-технического обоснования и сопровождения подземного строительства в слабых грунтах» защищена в 2025 году по специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения.

Адрес: 190005, Россия, Санкт-Петербург, ул. Егорова, д. 5/7, СПбГАСУ, каб. 202-Е.

E-mail: osokin.a.i@lan.spbgasu.ru

Телефон: +7 (812) 316-03-41.

Согласен на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

А.И. Осокин

Башмаков Иван Борисович, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры геотехники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет».

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук «Влияние воздействия слабых водонасыщенных пылевато-глинистых грунтов на ограждения котлованов с учетом избыточных поровых давлений» защищена в 2025 году по специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения.

Адрес: 190005, Россия, Санкт-Петербург, ул. Егорова, д. 5/7, СПбГАСУ, каб. 207-Е.

E-mail: Bashmakov.I.B@lan.spbgasu.ru

Телефон: +7 (812) 316-03-41.

Согласен на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

И.Б. Башмаков