

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию 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 учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения

Актуальность темы исследования

Традиционные методы расчета гибких подпорных стен, взаимодействующих с грунтовым массивом, опираются на классические представления теории предельного равновесия. В рамках этого подхода считают, что предельные значения активного и пассивного давления грунта на ограждение изначально связаны с тем, насколько сильно перемещается конструкция и достигаются ли критерии их мобилизации, вне зависимости от характера изгиба. Однако эмпирические данные, накопленные в ходе лабораторных исследований и полевых испытаний, демонстрируют иную картину. Реальное распределение давления по высоте гибкой стены имеет криволинейный характер, который напрямую определяется её деформациями. Хотя этой проблеме посвящен обширный пласт теоретических работ и экспериментов, единого, нормативно закреплённого подхода к расчету такого давления до сих пор не выработано.

В связи с этим тему диссертационной работы, направленной на исследование активного давления грунта и разработку метода расчета для учета его перераспределения в зависимости от деформаций гибких подпорных конструкций, считаю актуальной и необходимой. Учет этой зависимости позволит обеспечить более высокую достоверность вычислений и, как следствие, повысить экономическую обоснованность выбранных проектных решений.

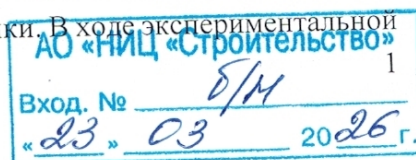
Во введении автор раскрывает актуальность выбранной темы, определяет цель и задачи работы, формулирует научную новизну и обосновывает теоретическую и практическую ценность полученных результатов.

В первой главе диссертации рассматривается современное состояние вопроса, проводится обзор и анализ исследований, посвященных взаимодействию грунта с подпорными сооружениями. Глава состоит из двух разделов, первый из которых включает в себя подробный разбор и оценку существующих методов расчета активного давления грунта. Во втором разделе главы систематизированы и проанализированы экспериментальные данные, накопленные за прошедшие годы, о давлении грунта на гибкие подпорные стенки.

Проведенный анализ расчетных подходов к оценке бокового давления показал, что действующие нормативные документы предлагают определять активное давление в соответствии с классической теорией Кулона и не учитывают, насколько сильно и каким образом деформируется сама подпорная стена. В свою очередь отмечается, что экспериментальные данные выявляют существенные расхождения между теоретическими решениями и реальными условиями работы конструкций.

На основе анализа, выполненного в рамках главы, автор сформулировал цель диссертационного исследования – разработка метода расчёта бокового давления несвязного грунта на гибкие подпорные конструкции в зависимости от их деформаций.

Вторая глава посвящена описанию экспериментальных исследований, выполненных автором на лабораторной модели гибкой подпорной стенки.



части были реализованы несколько серий опытов, направленных на изучение различных кинематических схем работы подпорных стен. Итоговые эпюры бокового давления грунта получены косвенным путем – посредством дифференцирования эпюр горизонтальных перемещений, построенных на основе прямых измерений. В отдельную серию были выделены опыты, направленные на выявление качественной взаимосвязи между траекториями перемещения частиц засыпки и величинами давления на стенку для различных кинематических схем её работы. Характерной особенностью данных экспериментов стало использование цветных слоев песка, обеспечивших визуализацию процессов деформирования грунтового массива.

В результате сформулирован ряд выводов, которые, во-первых, подкрепляют результаты предшествующих экспериментальных работ, а во-вторых, демонстрируют обоснованность применения расчетной модели в виде наклонных блоков грунта, для построения которой необходимо исследовать силы взаимодействия по их границам в процессе деформирования массива.

В третьей главе изложены результаты численного моделирования. С использованием программного комплекса PLAXIS 2D были выполнены серия расчетов, моделирующих лабораторный лотковый эксперимент для оценки корректности измеренных перемещений, серия численных расчетов подпорных сооружений, различающихся по жесткости и условиям закрепления для выявления закономерностей распределения бокового давления грунта в зависимости от характера деформаций стенок, и, наконец, серия численных экспериментов, направленных на исследование НДС массива грунта в процессе деформирования подпорной конструкции.

Численные исследования показали, что данные, полученные методом конечных элементов, в целом коррелируют с результатами обширных лабораторных и полевых исследований, касающихся особенностей перераспределения бокового грунтового давления при различных кинематических схемах работы подпорных сооружений. В частности, для конструкций с закреплением верха характерно отклонение фактических эпюр давления от классического треугольного очертания. Автор показал, что на границах условно выделяемых наклонных блоков грунта в призме обрушения предельное состояние достигается не всегда, для определенных схем работы конструкции характерна упругая работа грунта. В рамках численного моделирования автору удалось установить ряд закономерностей в распределении контактных усилий и их соотношений по границам смещающихся наклонных элементов грунтового массива.

Четвертая глава посвящена построению оригинальной методики вычисления активного бокового давления грунта на гибкие подпорные стены, учитывающей деформации последних. Предложенный подход базируется на аналитической зависимости, выведенной по итогам обширного цикла экспериментальных работ и теоретических изысканий. Ключевым элементом разработанного метода стало дифференциальное уравнение упругой линии подпорной конструкции. Его особенность заключается в том, что внешняя нагрузка представлена как боковое давление грунта, напрямую связанное с начальными напряжениями в массиве, прочностными характеристиками среды и деформациями стены. Для решения уравнения применялся численный подход – метод конечных разностей в сочетании с итерационным алгоритмом. С целью реализации разработанного подхода автором была

написана программа для ЭВМ. Дана её краткая характеристика, изложены основные возможности.

В пятой главе представлены результаты сопоставления расчётов, выполненных по авторской методике, с экспериментальными данными прошлых лет и численного моделирования. Проведённая проверка показала удовлетворительную сходимость результатов.

В шестой главе изложены практические рекомендации, разработанные по итогам диссертационного исследования. Конечной целью данной работы являлось получение таблиц поправочных коэффициентов, при помощи которых можно учитывать перераспределение бокового давления по высоте подпорной конструкции. Кроме того, в главе на конкретных примерах проиллюстрирована методика использования этих таблиц для определения параметров бокового давления.

В заключении приведено обобщение результатов работы, даны итоговые выводы по результатам проведённых исследований и обозначены направления для дальнейшей разработки темы исследований.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность научных положений, рекомендаций и выводов, полученных автором, подтверждается применением общеизвестных теоретических предпосылок научных дисциплин и использованием сертифицированных геотехнических программных комплексов, апробированных при проектировании и строительстве большого числа объектов и выполнении исследований.

Достоверность и новизна работы

Степень достоверности обеспечивается хорошим соответствием результатов сопоставительных расчетов, основанных на предложенном методе расчета бокового давления грунта, как с экспериментальными данными прошлых лет, так и результатами собственных исследований. Научная новизна диссертации состоит в создании численно-аналитического метода расчёта бокового давления сыпучего грунта на гибкие подпорные стены. Разработанный подход базируется на аналитических соотношениях, полученных в ходе комплексных экспериментальных и теоретических исследований. Автором выведено дифференциальное уравнение изгиба стенки на упругом основании, где давление на конструкцию со стороны грунта определяется исходным напряжённым состоянием массива, его прочностными свойствами и деформаций ограждения. Кроме того, предложена и обоснована новая модель, описывающая механизм взаимодействия несвязного грунта с деформируемой подпорной конструкцией.

Замечания к диссертационной работе

1. Термин «активная зона», используемый в названии и в тексте работы, в применении к расчету давления на подпорные стены не является общеупотребительным. В диссертации отсутствует разъяснение, что означает этот термин.

2. При экспериментальных исследованиях, проведенных в плоском лотке производства НПП «Геотек» (г. Пенза), для определения горизонтальных перемещений стенки использовался метод фотограмметрии. Это опосредованный метод определений. Но есть и методы непосредственных измерений деформаций с помощью, например, индикаторов

часового типа с точностью определений до 0,01 мм. Не ясно, почему такие методы не были использованы.

3. Определения величин внутренних усилий, давлений и их распределение вдоль подпорной стенки по результатам эксперимента выполнялось методом последовательного дифференцирования с использованием полученных значений горизонтальных перемещений. Однако, имеются методы непосредственного измерения давления и напряжений в массиве грунта с помощью мессдоз или тензометрических датчиков, которые также не были использованы. Возможно, использование методов непосредственных измерений было бы полезно для контроля вычисленных значений перемещений и давлений.

4. Из текста диссертации не ясно, как происходила подготовка опыта и как обеспечивалось строго вертикальное положение модели стенки и отсутствие деформаций до начала экскавации грунта.

5. Не указана изгибная жесткость модели стенки.

6. На стр. 49 есть опечатка. Слова «прямо пропорционально» написаны слитно.

7. Для численных расчетов использована модель грунта Мора-Кулона. Желательно было бы использовать и другие модели, более подходящие именно для рыхлого песка, например, Hardening Soil или модель Друкера-Прагера.

8. Не ясно, на каком основании при численных расчетах для рыхлого песка принят угол дилатансии $\psi = 0$ и угол трения грунта о стенку $\delta = 0,1$ ф.

9. На стр. 116 опечатка в рисунке 4.3.2. На блок-схеме метода пропущена координата x_i .

10. В главе 6 приведено сравнение результатов расчетов с использованием таблиц поправочных коэффициентов (предложенный автором инженерный метод) и методом наклонных блоков (разработанный автором численно-аналитический метод). Было бы полезно сравнить результаты расчетов инженерным методом автора с другими инженерными методами, например, Г.А. Дубровы или Г.Е. Лазебника.

11. В расчетах подпорных стен определение давления грунта не является самоцелью. В инженерных расчетах важнее бывает получить эпюру изгибающих моментов в подпорной стенке для подбора ее сечения. Поэтому, желательно было бы в дальнейшем провести анализ и выявить, как сказывается трансформация эпюры давления грунта в результате деформаций стенки на величине изгибающих моментов.

Указанные выше замечания не снижают научной ценности диссертационного исследования.

Соответствие диссертации научной специальности

Диссертация Брыксина Виталия Владимировича соответствует паспорту научной специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения в части следующих пунктов:

- п.3. Разработка новых методов расчёта и моделирования высокоэффективных конструкций, способов и технологий устройства подземных сооружений промышленного и гражданского назначения.

- п.8. Разработка новых методов прогноза, расчёта, испытаний, принципов конструирования и создания высокоэффективных технологий устройства подпорных и

противофильтрационных конструкций, анкеров и распорных систем, дренажных систем, водопонижения и гидроизоляции для фундаментостроения и подземного строительства

Заключение

Диссертационная работа Брыксына В.В. «Разработка метода расчета бокового давления несвязного грунта в активной зоне на гибкие подпорные конструкции с учетом их деформаций», представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук, представляет собой завершённое, актуальное научное исследование, обладающее несомненной научной новизной, а также теоретической и практической значимостью. Разработанный автором метод расчёта бокового давления сыпучего грунта может применяться в инженерной практике при проектировании подпорных стен, ограждений котлованов, подвальных помещений и больверков, возводимых в несвязных грунтах.

Работа соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013, а её автор Брыксин Виталий Владимирович *заслуживает* присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения.

Официальный оппонент:

Кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры строительных конструкций,
оснований и фундаментов имени профессора Ю.М. Борисова
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет»
394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84
Телефон +7 (920) 468-91-36;
e-mail: marskim@yandex.ru

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

А

Ким Марина Семеновна
« 16 » 03 2026 г.

Подпись Ким М.С. заверяю



Проректор по науке и инновациям ВГТУ,
д.т.н., доц. А.В. Башкиров