

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу **Брыксина Виталия Владимировича**
на тему «Разработка метода расчёта 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

Актуальность темы исследования

В условиях интенсивного развития строительных технологий всё более широкое применение находят гибкие подпорные конструкции, используемые при устройстве котлованов и возведении подземных сооружений. Это обуславливает необходимость совершенствования методов их расчета, поскольку достоверное определение напряженно-деформированного состояния таких конструкций является одной из ключевых инженерных задач. Особую сложность представляет учет взаимосвязи между деформированием ограждения и перераспределением бокового давления грунта, что и определяет направленность рассматриваемого диссертационного исследования. В настоящее время преобладают расчетные подходы, основанные на классической теории предельного равновесия, закрепленные в нормативных документах. Данные подходы исходят из предпосылки о независимости активного давления грунта от характера деформирования конструкции, а эпюры давления принимаются либо треугольными, либо трапециевидными. Однако многочисленные экспериментальные исследования свидетельствуют об обратном: фактические эпюры давления на гибкие ограждения имеют криволинейное очертание и существенно зависят от деформаций стенки. Таким образом, для гибких (тонких) подпорных сооружений обнаруживается расхождение между теоретическими моделями и наблюдаемой картиной взаимодействия грунта с конструкцией.

Возможности современных вычислительных комплексов, реализующих метод конечных элементов, вполне позволяют решать подобные задачи. При этом их применение сопряжено с рядом ограничений. Обоснование результатов расчётов во многих случаях требует проведения процедуры валидации численных моделей. Кроме того, возможность получения численного решения практически не выявляет функциональных связей в системе, что осложняет на практике понимание степени влияния тех или иных факторов (параметров грунтового основания, жесткостных характеристик конструкции, условий ее закрепления) на конечный результат. Выявление таких зависимостей возможно лишь при наличии аналитических выражений или доступных для понимания инженерных алгоритмов.

Изложенные положения определяют актуальность диссертационной работы Брыксина Виталия Владимировича, направленной на создание метода расчета бокового давления несвязного грунта на гибкие подпорные конструкции с учётом характера и величины их деформаций.

Структура и содержание работы

Диссертация включает введение, шесть глав и заключение. Общий объём работы составляет 189 страниц машинописного текста, 102 рисунка и 24 таблицы. Список литературы состоит из 235 источников, в том числе 98 на иностранных языках.

Во *введении* раскрыта актуальность выбранной темы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, определены её научная новизна, теоретическая и практическая значимость. Представлены положения, выносимые на защиту, а также обоснована достоверность полученных результатов.

Первая глава диссертации содержит анализ отечественных и зарубежных публикаций, а также действующей нормативно-технической документации в области определения активного давления грунта на подпорные сооружения.

Вторая глава диссертации содержит изложение результатов экспериментального исследования, выполненного автором на лабораторном стенде, моделирующем работу гибкой подпорной конструкции. Автором исследован механизм деформации грунта в пределах призмы обрушения при различных кинематических условиях работы ограждающей конструкции.

В *третьей главе* представлены результаты расчетно-теоретических исследований, достигнутые в ходе серии вычислений в программном комплексе. Выявлены закономерности в распределении сил взаимодействия на границах смещаемых наклонных блоков грунта внутри призмы обрушения.

В *четвёртой главе* излагается новый метод определения бокового давления грунта (в активной зоне) на гибкие подпорные сооружения, отличающийся учётом деформаций конструкции. Предложена феноменологическая модель грунтового массива, представляющая его в виде системы смещаемых условных наклонных блоков в пределах призмы обрушения, формирующейся в процессе деформирования подпорной стенки.

В *пятой главе* представлены результаты верификации разработанной автором методики, выполненные путем сопоставления расчетных данных с экспериментальными значениями, а также с результатами численного моделирования. Проведенное сравнение свидетельствует об удовлетворительной сходимости полученных результатов.

Шестая глава содержит практические рекомендации, разработанные на основе выполненных исследований.

В *заключении* диссертации сформулированы основные выводы, отражающие результаты проведенного исследования.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность и обоснованность научных положений диссертации основывается на:

- корректном применении фундаментальных положений механики грунтов,

строительной механики и смежных научных дисциплин;

- удовлетворительной сходимости результатов, полученных по предложенному автором методу расчета бокового давления грунта, с данными экспериментальных исследований и численного моделирования;

- использовании программных комплексов, надежность которых подтверждена многолетней практикой проектирования и строительства многочисленных объектов и выполнением широкого круга научных исследований.

Основные научные положения исследований докладывались и обсуждались на научных конференциях, в том числе международных. По теме диссертационной работы опубликовано 5 работ, 3 статьи в журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий по списку ВАК РФ.

Научная новизна работы заключается в следующих положениях.

1. Разработан численно-аналитический метод определения бокового давления несвязного грунта на гибкие подпорные конструкции. В основу предложенного метода положены аналитические зависимости, полученные в результате комплекса экспериментальных и расчетно-теоретических исследований.

2. Получено дифференциальное уравнение изгиба подпорной стенки на упругом основании, в котором величина давления грунта на стену зависит от начального напряженного состояния, прочностных характеристик грунта и деформаций ограждающей конструкции.

3. Предложена феноменологическая модель взаимодействия несвязного грунта с деформируемой подпорной конструкцией, предполагающая возможность учёта деформаций подпорной стенки при определении величины активного давления грунта.

Теоретическая и практическая значимость диссертации

Теоретическая значимость исследований для развития науки об основаниях, фундаментах и подземных сооружениях заключается в разработке экспериментально обоснованной альтернативной модели взаимодействия несвязных грунтов с подпорной конструкцией. Разработанная модель наклонных блоков позволяет описать механизм взаимодействия удерживаемого грунта с деформируемыми ограждающими конструкциями. Автором установлен закон распределения бокового давления грунта в активной зоне, учитывающий деформации гибких подпорных сооружений, что существенно уточняет существующие расчетные методы. Полученные результаты расширяют теоретические представления о работе гибких подпорных конструкций в несвязных грунтах и создают основу для совершенствования методов их проектирования.

Практическая значимость работы состоит в разработке метода, обеспечивающего получение уточненных значений внутренних усилий в подпорной стенке по сравнению с традиционными расчетами, что потенциально позволяет

проектировать более экономичные конструкции без ущерба для прочности и устойчивости элементов системы. Разработанные рекомендации по учету перераспределения бокового давления в активной зоне для гибких подпорных стенок с верхним ярусом распорного крепления внедрены в практику проектирования.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Результаты и выводы диссертационного исследования представляют собой научно-обоснованные положения, которые напрямую внедряются в практику инженерных расчётов в части построения расчётных схем подпорных сооружений (тонких подпорных стенок), а также как инструмент валидации численных моделей подпорных сооружений. С применением разработанного метода автором выполнены более сотни расчётов для типовых схем и конструкций, наиболее часто встречающихся в практике. Отдельные результаты (в части определения коэффициента активного давления для различных участков напорной поверхности сооружения) представлены в табличном виде, что ускоряет процесс внедрения разработанных положений в практику проектирования.

Замечания по диссертационной работе:

1. Выполненный автором обзор методов определения давления на подпорные сооружения, а также анализ экспериментальных исследований в общем представляет собой объёмный исторический очерк, занимающий около трети диссертации (в частности, развитие теории определения бокового давления грунта описано подробно начиная с XVII века). Эта часть работы, на мой взгляд, могла бы быть значительно сокращена без ущерба для сути исследования.
2. Исследования проводятся, как следует из названия и содержания, для «активной» зоны. Определение термина «активная зона» приведено в Приложении 2 диссертации. При этом, судя по эпюрам давлений, построенным в результате эксперимента, автор ограничил активную зону глубиной разрабатываемого котлована, хотя известно, что активное давление грунта на этом уровне не заканчивается, распространяясь и далее вглубь защемлённой части стенки.
3. Высота физической модели подпорной стенки принята вдвое больше длины, то есть высота стенки вдвое больше ширины лотка. При этом известно, что «укорачивание» моделей подпорных стен при лотковых испытаниях часто приводит к несоответствиям работы модели и натуре. Некоторыми авторами рекомендуется напротив, принимать длину исследуемой секции как минимум вдвое больше высоты модели (см. например, Лазебник Г.Е., Чернышева Е.И. *О некоторых ошибках при опытном определении давления грунта на модели подпорных стенок* // Гидротехническое строительство. 1968. - №4.).
4. В качестве физической модели гибкой подпорной стенки применён лист

оцинкованной стали толщиной 0,35 мм (стр. 68). Возникает вопрос о приемлемости принятой жёсткости модели. Жёсткость модели, как и другие параметры системы, также должна быть определена в соответствии с известными положениями теории подобия с учетом принятого масштаба эксперимента и используемых материалов. Несмотря на то, что в результате эксперимента оценивалась в основном качественная картина, для принятой постановки исследований жёсткость стенки напрямую влияет на результаты эксперимента (автор также указывает на это обстоятельство в выводах к Главе 2, п. 2).

5. В диссертации не удаётся найти информации о принятом масштабе модельного эксперимента. При этом перемещения верха модели составляют 50 мм и более. Если масштаб, например, 1:10, то это соответствует 0,5 метра перемещения верха стенки в натуре, что превосходит предельно допустимые значения. Возможно, для проведения эксперимента должны были быть приняты и более жёсткие модели, соответствующие реальным конструкциям?

6. В работе указано, что для исключения просыпания грунта в образовавшиеся между моделью и стенкой лотка зазоры с обеих сторон стенки наклеивались буферные ленты (рисунок 2.1.2 на стр. 68). Вопрос: как описывалось трение по стенкам при создании численной модели, какими были приняты граничные условия?

7. Численные модели в работе выполнены с использованием программного комплекса Plaxis 2D (стр. 92 и др.). При этом в настоящее время для решения рассматриваемой плоской задачи с успехом может быть применено сертифицированное российское ПО (например, SiO 2D, производитель НИИ-Информатика, СПб) и другие программы.

8. В работе неоднократно делается вывод о том (стр. 97, 103 и др.), что численные модели, построенные с применением Plaxis, в целом хорошо отражают действительную работу конструкции и с достаточной точностью могут быть применены при расчёте заанкеренных и незаанкеренных тонких подпорных стен. В этом смысле автору, на мой взгляд, следовало бы более чётко обозначить практическую ценность и область применения разработанного метода наклонных блоков. На мой взгляд, метод и его реализация в виде компьютерной программы востребованы, прежде всего, для построения предварительных расчётных схем на ранних этапах проектирования с целью снижения трудозатрат при дальнейшем численном моделировании, а также для верификации численных моделей. Возможны и другие приложения.

9. Замечание по оформлению диссертации: существуют опечатки в тексте работы: например, в Содержании и на стр. 156 с опечаткой указано название Главы 6; на стр. 9 неверная ссылка на список литературы и не указан номер СП «Сооружения промышленных предприятий»; ссылка на несуществующий Рисунок 7.1.1 (стр. 160) и другие опечатки.

Приведённые замечания не снижают достоинств диссертационной работы В.В. Брыксина, её положения достоверны, обладают научной и практической значимостью и достаточно полно раскрыты в автореферате и публикациях.

Заключение по диссертации

Анализ работы позволяет сделать вывод, что диссертация Брыксина Виталия Владимировича на тему «Разработка метода расчёта бокового давления несвязного грунта в активной зоне на гибкие подпорные конструкции с учетом их деформаций» является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, обладает научной новизной, теоретической и практической значимостью, а научные положения, выводы и рекомендации имеют существенное значение для развития теории и практических методов расчёта подпорных сооружений.

Диссертационная работа соответствует критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание учёной степени кандидата технических наук, а её автор, Брыксин Виталий Владимирович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения.

Цимбелман Никита Яковлевич,
доктор технических наук (2.1.6 – Гидротехническое строительство,
гидравлика и инженерная гидрология),
профессор и и.о. директора департамента Геоинформационных технологий
Политехнического института Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет» (ДВФУ)

Настоящим я, Цимбелман Никита Яковлевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Н. Я. Цимбелман

02.02.2026

690922, Владивосток, о. Русский, п. Аякс-10, кампус ДВФУ,

о. Русский, корпус Е, уровень 9, кабинет Е918

Тел.: 8 (423) 265 24 24 (доб. 1091),

tsimbelman.nya@dvfu.ru

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Дальневосточный федеральный университет»

Адрес: 690922, Приморский край, город Владивосток, о. Русский, п. Аякс, д. 10

Тел.: 8 (800) 550 38 38, факс: 8 (423) 243 23 15

Адрес электронной почты: rectorat@dvfu.ru

Сайт организации: <https://www.dvfu.ru/>

