

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу **Стахнева Ярослава Олеговича**
«Методика определения нагрузки от горного давления на подземные сооружения при сводообразовании в зависимости от прочности грунтов»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.1.2 – Основания и фундаменты, подземные сооружения

Актуальность избранной темы. Определение устойчивого состояния массива пород вокруг подземных сооружений – одна из основных проблем, которую необходимо решать при проектировании и их эксплуатации. От него зависит безопасность проведения подземных работ, сохранность людских жизней, применяемого дорогостоящего оборудования. Оно характеризуется нагрузкой на сооружения от горного давления, влияющей на наступление катастрофических событий. Нагрузка зависит от геометрических параметров объекта, от веса, от физико-механических свойств грунтов, породы, их прочностных и деформационных характеристик. Для ее отыскания возникает потребность в разработке соответствующих математических моделей, в анализе решений по ним, в разработке практических рекомендаций. В этом состоят по существу и актуальность, и необходимость в предлагаемом научно-обоснованном поиске.

Можно еще добавить, что в настоящее время инженерные расчеты выполняются аналитическими и численными методами. Они применяются при проектировании крепей для шахт и штолен с учетом механических характеристик горных пород. В то же время в области транспортного строительства аналитический метод расчета нагрузки от горного давления на подземные сооружения основан на теории сводообразования М.М. Протоdjяконова. В рамках этой теории параметры прочности горной породы непосредственно не учитываются, а размеры свода обрушения (свода естественного равновесия) и, соответственно, нагрузка на подземные сооружения определяются по коэффициенту крепости. Коэффициент крепости – величина, интегрально характеризующая устойчивость грунтов при проходке подземных выработок. Она принимается по специальной шкале М.М. Протоdjяконова – по описанию грунта, но не по результатам лабораторных или полевых испытаний. На этой же теории основана нормативная методика определения нагрузки от горного давления на подземные сооружения, и на сегодняшний день она является безальтернативной при проектировании транспортных подземных сооружений и метрополитенов.

В предлагаемой работе предлагается другой вариант решения указанной проблемы: вместо коэффициента крепости для определения нагрузки на подземные сооружения в работе рассматривается ряд математических моделей и система расчетов, основанные на использовании паспорта прочности грунта, построение которого выполняется по результатам лабораторных испытаний грунтов на прочность. Из сказанного следует вывод о том, что тема диссертации является актуальной.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Новые научные положения в отно-

Получено "23" 11 2023.
Входящий № 6680
АО ВНИИГ

шении развития нагрузки от горного давления получены автором в результате теоретического анализа статической схемы сводаообразования и принятого силового взаимодействия свода обрушения с окружающей породой. Далее автором сделаны логические выводы о существовании критических пролетов подземной выработки. Данные автором практические рекомендации касаются применения различных методов расчета для скальных, полускальных и дисперсных грунтов. Сформулированные автором диссертационные положения можно считать достаточно обоснованными.

Достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. В предложенных автором методах расчета используются хорошо известные законы прочности скального (*Hoek-Brown*) и дисперсного (Кулон-Мор) грунта со стандартными параметрами прочности. Расчетные схемы свода обрушения отвечают известным данным по его очертанию, и их анализ основан на уравнениях статического равновесия. Кроме того, установлено соответствие результатов аналитических решений с результатами численного моделирования. Наконец, теоретические результаты автора не противоречат известным опытным данным. Поэтому достоверность выводов и рекомендаций можно считать обеспеченной.

Новизна выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, заключается в следующем.

1. Получены новые решения задачи сводообразования в скальных и полускальных грунтах статическим методом с учетом параметров прочности грунтов.

2. Получены новые решения задачи сводообразования в дисперсных грунтах статическим методом теории предельного равновесия – одно решение как аналог активного давления, другое решение – на базе задачи В.В. Соколовского о равноустойчивом контуре.

3. Анализ выполненных теоретических исследований позволил сделать важный вывод о существовании т.н. критических пролетов выработки, разграничивающих области абсолютной устойчивости грунта над выработкой, свода естественного равновесия и столба обрушения.

4. Определена область применения методов численного моделирования для оценки нагрузки от горного давления на подземные сооружения.

Практическая значимость результатов работы может быть сформулирована следующим образом.

1. Введено новое понятие – критические пролеты выработки. Факт существования этих пролетов необходимо учитывать в практике проектирования подземных сооружений, тоннелей и метрополитенов

2. Предложено выполнять определение нагрузки от горного давления на подземные сооружения по различным методикам в зависимости от вида горной породы – скальные, полускальные и дисперсные

3. Дано устойчивое очертание калотты, которое можно использовать при проходке тоннелей и подземных сооружений.

Структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений, в которых, в частно-

сти, приводятся 2 акта о внедрении и свидетельство о регистрации программы. Объем диссертации составляет 152 страницы. Диссертация содержит 75 рисунков, 9 таблиц. Список литературы включает 191 источников, в том числе 25 иностранных.

Содержание диссертации. Работа посвящена оценке зоны разрушения вокруг подземных сооружений с учетом скальности грунтов, полускальности, дисперсности. Для этих трех разновидностей грунтов разработаны отличающиеся друг от друга принципиальные схемы расчетов.

Первая схема вводит в рассмотрение свод обрушения в виде квадратичной параболы. Считается, что он полностью переходит в состояние разрушения с применением критерия разрушения Кулона-Мора. При этом зависимость нормального напряжения от полярного угла, отсчитываемого от центральной точки в основании свода, задается в виде косинусообразной функции. Применяется степенная зависимость предельного касательного напряжения от нормального. Как результат сложения сил, обусловленных весом и удерживающих контур от разрушения, определяется основное уравнение для отыскания критических высот свода и критического давления. Утверждается, что существуют две основные формы обрушения – в виде параболы и в виде столба обрушения. При этом устанавливаются также критические длины пролетов выработки, связанных с образованием указанных форм обрушения.

Здесь следует обратить внимание на аналогию между решениями упруго-пластической задачи вокруг выработки (задача Л.А. Галина), когда существуют случаи нагружения массива пород и вокруг выработки образуются зоны пластической деформации, охватывающие полностью контур выработки, и существуют случаи нагружения, когда охват частичный, неполный с образованием т.н. «ушей», примыкающих к границе выработки. В сравнении с результатами диссертации имеем аналогичную картину – есть полный охват со сводом обрушения в виде параболы и другой случай с образованием столба обрушения как случая с неполным охватом области разрушения контура выработки.

В случае исследования полускальных грунтов автор диссертации обращает внимание на то, что кроме вертикальной нагрузки на грунт существуют еще и горизонтальные, связанные друг с другом коэффициентом бокового давления. Отсюда появляется другая интерпретация и другое условие для связи нормального напряжения на контуре свода, при котором образуется распор в нижней части свода. Здесь также выделяются критические высоты для свода и критические напряжения для грунта.

Автор диссертации демонстрирует при решении задачи об устойчивости дисперсного грунта над выработкой умение применять методы теории предельного равновесия. Это ярко проявилось при исследовании им вертикальных предельных напряжений, действующих на крепь, в зависимости от высоты свода обрушения. С применением известной аналогии между данной задачей и решением задачи о подпорной стенке в рамках представлений В.В. Соколовского им получено такое решение, когда возможно образование двух разных по характеру изменения эпюр вертикальных напряжений. Расчеты также сопровождаются необходимыми графиками. Не менее важной в этом направлении является так-

же решение задачи о равноустойчивом очертании калотты. При этом разработана методика определения полупролета калотты от ее высоты.

В третьей главе автор продемонстрировал умение работать с численными схемами, анализировать их, оценивать точность предсказаний.

Другим важным элементом работы являются сопоставления полученных результатов с известными данными (Сопоставления 1, 2, 3, 4, четвертая глава), свидетельствующие об их непротиворечивости.

Наконец, пятая глава содержит практическую часть с описанием методик применения теоретических результатов в практических расчетах.

Замечания. По диссертации имеются три замечания.

1. Нежелательны изречения вида: *«строгое теоретическое решение»*, *«не имеют под собой фундаментальной базы»*, *«общепринятого теоретически обоснованного способа определения коэффициента крепости до сих пор нет»*.

2. Для нахождения свода обрушения необходимо как минимум иметь решение упругой задачи о выработке заданной формы, лучше иметь решение упругопластической, а еще лучше иметь решение упругопластической задачи с образованием и развитием зон разрушения. В предложенной диссертации дается лишь оценка зоны разрушения, исходя из гипотетических соображений. Это – всего лишь оценка и строгого теоретического решения здесь нет. Диссертанту об этом следует помнить. И вместе с тем для практических целей может быть и не требуется знать все досконально, требуется знать оценки. В этом смысле работа полезная.

3. В диссертации ничего не говорится о влиянии формы выработок, их взаимовлиянии друг на друга на предмет оценки зоны обрушения.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней. Высказанные замечания не снижают положительной оценки диссертации. Диссертационная работа Я.О. Стахнева достаточно обоснована, содержит новые научные результаты.

Диссертация соответствует паспорту специальности 2.1.2 – Основания и фундаменты, подземные сооружения.

Автореферат соответствует тексту диссертации.

Автором опубликовано 9 работ – в том числе три статьи журналах из перечня ВАК, две публикации в изданиях, индексируемых МБД, и одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Публикации автора отражают все основные положения его диссертации.

Диссертация соответствует критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, и представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научной задачи определения давления грунта на подземные сооружения. Полученные результаты имеют существенное значение для развития теории расчета грунтовых массивов и проектирования подземных сооружений.

Считаю, что Ярослав Олегович Стахнёв достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.2 – Основания и фундаменты, подземные сооружения.

Официальный оппонент
д-р физ.-мат. наук, профессор

Чанышев

Чанышев
Анвар Исмагилович
17.11.2023

Подпись А.И. Чанышева заверяю

А.И. Чанышев



Коваленко К.А.,
Уч. секретарь ИГД СО РАН

Чанышев Анвар Исмагилович, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Института горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН. Докторская диссертация по теме «Построение математических моделей упругопластических сред» защищена по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт горного дела им. Н.А. Чинакала» Сибирского отделения Российской академии наук
Адрес: 630091, г. Новосибирск, ул. Красный проспект 54
Тел.: 8-(913)-709-76-38
E-mail: a.i.chanyshev@gmail.com