

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

о диссертационной работе АЛЕКСЕЕВА Александра Васильевича «Прогноз устойчивости грунтовых обнажений проходческого забоя в зоне влияния нарушения массива», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика

1. Актуальность работы

Развитие инфраструктуры крупных мегаполисов, таких как Москва и Санкт-Петербург, связано с освоением подземного пространства, предусматривающим сооружение большепролетных выработок перегонных тоннелей, станций и пересадочных узлов метрополитенов, подземных парковок, торговых центров и других сооружений. Следует отметить, что в настоящее время широкое внедрение щитовых проходческих комплексов, обеспечивающих эффективный грунто- или гидро- пригруз забоя в процессе проходки, позволило практически решать задачи, связанные с обеспечением устойчивости породных обнажений, не прибегая к сложным теоретическим исследованиям. При этом в случаях, когда строительство подземных сооружений производится без применения механизированных проходческих щитов, особенно в горно-геологических и гидротехнических условиях, осложненных наличием нарушенных зон пород, в том числе - обводненных, проблемы прогноза устойчивости грунтовых обнажений и разработки мероприятий по их поддержанию приобретают особую актуальность.

Проанализировав геотехническую ситуацию, связанную со строительством ряда объектов метрополитена в Санкт-Петербурге диссертант определил область исследования – геомеханические процессы в грунтах (кембрийских глин), обладающих выраженной слоистостью и связанной с ней высокой вариацией деформационных и прочностных характеристик, а также зонами нарушений, при их вскрытии горной выработкой. Важность решения поставленных задач, связанных с обеспечением устойчивости и прочности грунтов в призабойном пространстве объясняется и тем, что последствием негативных процессов

*№ 270-10
от 19.09.2019*

разрушения и нарушения сплошности массива, как правило, являются значительные просадки и провалы земной поверхности, что в условиях плотной городской застройки Санкт Петербурга недопустимо.

Следует отметить, что современные компьютерные программные комплексы реализующие, в основном, метод конечных элементов, открывают новые возможности для использования наиболее адекватных физических моделей и пространственных расчетных схем, что является особенно актуальным при моделировании сложных процессов деформирования пород вблизи забоя выработки. Сложность предпринятого исследования состоит и в том, что автор ставит и решает ряд научных и технических задач, связанных с оценкой влияния ориентации зон нарушений по отношению к оси тоннеля. При этом следует особо отметить большой объем лабораторных и теоретических исследований, посвященных обоснованию применяемых механических моделей грунтов, реализуемых в конечно-элементных моделях.

Сказанное выше позволяет заключить, что диссертационная работа Алексева А. В., посвященная компьютерному моделированию геомеханических процессов в породных массивах в окрестности забоя выработки с учетом пересекаемых зон нарушенности, является актуальной.

2. Полученные автором результаты, научная новизна и практическая значимость выносимых на защиту положений

Представленная на отзыв диссертация изложена на 155 страницах машинописного текста и включает четыре главы (раздела), введение, заключение и три приложения, в которых приводятся конкретные результаты компьютерного моделирования. Список использованной литературы состоит из 142 наименований, из которых больше половины - публикации иностранных авторов.

Несомненный практический интерес представляют приведенные в первой главе диссертации результаты анализа горно-геологических условий, в которых сооружается основная часть подземных объектов в г. Санкт-Петербурге, а также современное нормативно – техническое обеспечение проектирования тонне -

лей метрополитенов в таких условиях. В то же время, этот материал послужил отправной точкой для разработки изложенной во второй главе методики оценки устойчивости грунтовых обнажений в проходческом забое при пересечении зон нарушений.

Для реализации поставленной цели, заключающейся в разработке методики прогноза устойчивости грунтовых обнажений проходческого забоя в зоне влияния нарушенной зоны массива на основе более полного учета реальных свойств пород, автору потребовалось создать компьютерную конечно-элементную модель (глава 2) и провести большой объем весьма сложных и интересных виртуальных компьютерных экспериментов, позволивших подобрать на основании лабораторных экспериментов соответствующие механические параметры, характеризующие поведение материалов модели в зависимости от достигнутого уровня напряжений (глава 3). Далее, в результате выполнения компьютерных экспериментов на основе реализации предложенной компьютерной модели, изучено влияние коэффициента устойчивости грунтов проходческого забоя от влияющих факторов, в том числе – эквивалентного давления на забой.

Таким образом, в качестве основного научного достижения в диссертации следует отметить разработанную и реализованную автором методику прогноза устойчивости пород в забое тоннеля при пересечении зон нарушенных пород. Предложенная методика позволяет осуществлять учет нелинейного характера деформирования грунтов на основе экспериментальных данных.

В целом, анализ сформулированных автором трех научных положений, выносимых на защиту, позволяет заключить, что все они являются обоснованными и обладают новизной и практической значимостью.

Так, **первое защищаемое положение**, в котором автор утверждает, что исследование процессов деформирования и разрушения грунтов вблизи проходческого забоя при пересечении зон нарушенности должно осуществляться в рамках пространственной геомеханической модели «грунтовый массив – зона нарушенности - подземное сооружение» на основе численного моделирования с

применением нелинейных моделей, представляется обоснованным, поскольку альтернативой может быть только физическое моделирование, которое осуществимо только для единичных случаев.

Второе защищаемое положение, согласно которому коэффициент запаса устойчивости грунтов в проходческом забое при пересечении зон нарушенности зависит от пространственной ориентации указанных зон и достигнутого уровня напряжений, при этом наибольший запас устойчивости достигается при величине эквивалентного давления на забой $0,3...0,6$ от вертикальной составляющей начальных гравитационных напряжений в массиве, также убедительно подтверждается результатами выполненных исследований.

Не вызывает сомнений **третье научное положение**, связанное с совершенствованием проектных решений на основе применения разработанной автором методики компьютерного моделирования поведения горного массива в окрестности проходческого забоя тоннеля.

Научная новизна полученных в диссертационном исследовании результатов заключается в разработке методики оценки прочности грунтового массива с нарушениями в виде пропластков различной ориентации, при пересечении их проходческим забоем и в выявленных новых геомеханических закономерностях поведения грунтов в зоне влияния забоя.

Практическая значимость результатов диссертации состоит в разработке рекомендаций по повышению устойчивости грунтов проходческого забоя в зоне влияния нарушенностей массивов и по креплению грунтовых обнажений в забое.

3. Достоверность и обоснованность полученных в диссертации результатов

Достоверность полученных в работе результатов обосновывается сравнениями данных виртуальных экспериментов и лабораторных испытаний, а также применением строгих методов механики и геомеханики.

4. Апробация и внедрение работы

Основные научные положения и результаты исследований широко освещались автором в процессе выступлений с докладами на научных и научно-практических конференциях высокого уровня, в том числе – за рубежом.

5. Замечания и пожелания к диссертационной работе

1. Процессы деформирования горных пород вблизи забоя выработки рассматривались различными авторами, например, применительно к сооружению тоннелей - в работах проф. Н.С.Булычева, а также применительно к вертикальным стволам – в работах проф. В.Е. Боликова, к.т.н. Т.Ф.Харисова, проф. М.С. Плешко. Эти исследования также проводились на основе компьютерного конечно-элементного моделирования при рассмотрении пространственных расчетных схем. Представляется, что сравнение результатов полученных этими авторами и данными моделирования в частных случаях, например, осесимметричного нагружения предложенной в настоящей диссертации модели без учета зон нарушенных грунтов, было бы весьма полезным.

2. При разработке компьютерной модели автор основное внимание уделил адекватному описанию механических характеристик грунтов, в том числе – в зонах нарушений, с тем, чтобы в полной мере учесть особенности их поведения при приближении проходческого забоя. В то же время геометрические характеристики компьютерной модели, к которым относятся размеры моделируемой области массива, а также накладываемые на модели граничные условия в форме условий закрепления, также весьма важны при решении поставленных задач. В связи с этим автору следовало больше внимания уделить обоснованию принятых решений по формированию области моделирования. Кроме этого не совсем понятно, каким образом моделировались объемные гравитационные силы, обусловленные собственным весом грунтов.

3. В работе используется понятие «эквивалентного давление на грунтовое обнажение», под которым понимается равномерно распределенное давление на

грудь забоя. Не совсем понятно, какова природа этой нагрузки, и какими факторами определяется ее величина.

4. Представляется, что запись формул словами, как, например, соотношение (2) в автореферате и соответствующая формула в тексте диссертации, не совсем уместна. Кроме этого, ряд подрисуночных подписей, например, к рис. 5 и 7 автореферата и к соответствующим рисункам в тексте работы, следовало конкретизировать для лучшего понимания их содержания.

В целом, сделанные замечания, в значительной степени, носят характер рекомендаций и не влияют на положительную оценку результатов выполненных А.В.Алексеевым исследований.

6. Выводы

1. Тема диссертационной работы является актуальной, поскольку связана с совершенствованием компьютерных технологий проектирования подземных сооружений и соответствует стратегическому направлению развития прикладной науки и промышленности страны.

2. Рассматриваемые в работе геомеханические задачи являются чрезвычайно сложными, для их решения разработана новая методика расчета.

3. Результаты работы обладают научной новизной и имеют практическое значение, поскольку будут способствовать совершенствованию технологических решений при проектировании подземных объектов Санкт-Петербургского метрополитена.

Диссертация оформлена должным образом. Основные результаты диссертации опубликованы в 7 научных статьях автора, 3 из которых – в изданиях, соответствующих перечню ВАК, из них 2 статьи – в изданиях, индексируемых в международной базе Scopus.

Содержание автореферата полностью раскрывает основные положения диссертационного исследования. Язык и стиль диссертации и автореферата соответствуют нормам научных публикаций.

Заключение

Диссертация А.В.Алексеева, в которой на основании выполненных автором исследований предложено решение актуальной научной и практической задачи подземного строительства, связанной с оценкой устойчивости горных массивов вблизи проходческих забоев тоннелей Санкт-Петербургского метрополитена при пересечении зон нарушенных грунтов, представляет собой законченную научно-квалификационную работу, полностью соответствует критериям, установленным п. 2 «Положения о присуждении ученых степеней федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 26.06.2019 № 839 адм.

Таким образом, А.В. Алексеев заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

Доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры механики материалов
Института горного дела и строительства
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Тульский государственный
университет»



Андрей Сергеевич
Саммаль

Я, Саммаль Андрей Сергеевич, согласен на обработку персональных данных.

Подпись д.т.н., проф. А.С.Саммалья заверяю:

Мамалевский



Саммаль - Е.М. Мерзлова

6 сентября 2019 г.

300012, г. Тула, пр. Ленина, д. 92

телефон (4872) 33-24-10, e-mail: sammal@nmetstul.ru

Институт горного дела и строительства

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет»