

Отзыв

на диссертационную работу Карасева М.А.

«ПРОГНОЗ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СЛОИСТЫХ ПОРОДНЫХ МАССИВАХ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ СЛОЖНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ КОНФИГУРАЦИИ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.20. - Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика

Диссертационная работа изложена на 307 страницах машинописного текста. Состоит из введения, семи разделов, заключения, списка литературы из 284 наименований. Включает 150 рисунков и 59 таблиц.

Диссертационная работа Карасева М.А., как указано в цели диссертации, посвящена разработке и обоснованию теоретических положений прогноза геомеханических процессов в породном массиве в окрестности подземных сооружений сложной пространственной конфигурации, расположенных в твердых аргиллитоподобных глинистых породах, обеспечивающих сохранность зданий и сооружений при их подработке горно-строительными работами.

В настоящее время геомеханические процессы в породных массивах при строительстве одиночных тоннелей в основном исследованы и разработана нормативная база для их проектирования. Для подземных сооружений сложной пространственной конфигурации исследований, вследствие сложности рассматриваемых задач, выполнено крайне мало.

Поэтому тему диссертационной работы, как следует из вышеизложенного, следует считать несомненно актуальной.

При выполнении исследований использовано современное прессовое оборудование для определения прочностных и деформационных характеристик пород, методы теории упругости, теории пластичности и

механики разрушения, натурные эксперименты и их результаты для выявления достоверности полученных результатов.

Экспертиза защищаемых положений показывает, что они обладают новизной и научной значимостью.

Первое защищаемое положение.

Исследование процессов деформирования и разрушения слоистых породных массивов необходимо выполнять на основании представления их в виде конечно-дискретных элементов с ориентированным распределением механических показателей элементов, что позволяет моделировать зарождение и распространение трещин, а также определять зоны дополнительной нарушенности породного массива, вызванные строительством сооружений.

Диссертантом использовано физическое обоснование механизма необратимой деформации пород за счет формирования и роста микротрещин, которое детально рассмотрено в работах А.Н. Ставрогина и обобщено в виде модели развития деформаций в неоднородном твердом теле. В диссертации представлена механико-математическая интерпретация данного процесса для слоистых сред. Для прогнозирования сложных геомеханических процессов, связанных с деформированием и разрушением пород, принят метод конечно-дискретных элементов, который представляет собой комбинацию теории механики сплошной среды с элементами механики дискретных сред.

Принят подход, который заключается в создании конечно-элементной сетки, включающей два типа конечных элементов. Первый тип конечных элементов, сплошной элемент, отвечает за деформации материала в допредельной стадии деформирования, при этом закон поведения может быть произвольным. Взаимосвязь между приращениями напряжений и деформаций может быть задана как функция от напряжений, деформаций или других переменных. Такой подход дает возможность использовать уже существующие модели поведения материала, разработанные в рамках теории

линейной или нелинейной упругости, теории пластического течения и др. Второй тип конечных элементов, когезионный (контактный) элемент, моделирует зарождение и развитие микротрещин и позволяет реализовать работу материала в запредельной стадии деформирования за счет формирования ослаблений на границе сплошных элементов.

В качестве критерия прочности когезионных связей принято модифицированное условие Кулона - Мора, и условие прочности по максимальным растягивающим напряжениям.

Апробация предложенного метода прогноза деформаций и разрушения слоистых сред выполнялась на основании сравнения результатов численного моделирования и испытания образцов аргиллитоподобных глинистых пород, а также с аналитическими решениями, полученными другими исследователями в рамках механики разрушения твердого тела.

Возможность использования предложенного метода для прогноза геомеханических процессов в окрестности подземного сооружения выполнялась на основании сравнения с известным аналитическим решением упругопластической задачи, полученным А.Г. Протосеней для выработки кругового очертания. Результаты сравнения показали, что размер зоны предельного состояния в окрестности породного обнажения кругового очертания качественно и количественно совпадает с результатами аналитических расчетов.

Второе защищаемое положение.

В работе рассмотрена реализация нескольких моделей поведения слоистой среды, которые сформулированы в рамках теории нелинейной упругости или упругопластического течения и представляют собой набор уравнений для описания деформирования слоистой среды. Модели отличаются расчетом упругих деформаций, которые могут быть определены либо на глобальном, либо на локальном уровнях, в то время как пластические

деформации всегда определяются на локальном и затем уже суммируются для получения полных пластических деформаций.

Апробация предложенных моделей выполнена на основании сопоставления прогнозных значений деформаций земной поверхности с результатами наблюдения за оседанием земной поверхности, полученными при строительстве подземных сооружений сложной пространственной конфигурации (станции метрополитена, пересадочные комплексы). Рассматривались станции метрополитена пилонного типа ("Обводный канал", "Бухаресткая", "Волковская") и колонного типа ("Адмиралтейская", "Международная"), при строительстве которых был организован детальный геотехнический мониторинг за оседанием земной поверхности. Результаты сравнения прогнозных и фактических замеров оседания земной поверхности над участками строительства станций метрополитена, позволяют говорить о их хорошей сходимости.

Третье защищаемое положение.

В работе выполнена реализация связного подхода при решении задач прогноза развития деформаций в окрестности подземных сооружений сложной пространственной конфигурации. Предложенный подход заключается в разделении расчетной области на глобальную и локальные модели взаимосвязь между которыми осуществляется в двух направлениях. На начальном этапе с учетом геологического разреза в районе строительства и геометрии станции метрополитена выполняется создание глобальной численной модели, которая аккумулирует в себе все изменения в напряженном состоянии массива связанные со строительством подземного сооружения. Локальные модели, являющиеся подмоделями глобальной модели, служат для повышения детализации прогноза геомеханических процессов в окрестности конкретного участка подземного сооружения. Условия на границах локальной модели, начальное напряженное состояние и фактические механические свойства пород переносятся из глобальной

модели. По результатам численного моделирования строительства одного из сооружений станции метрополитена (локальная модель) определяются радиальные и тангенциальные смещения контура подземного сооружения. Предложенный автором подход позволяет значительно повысить детализацию прогноза геомеханических процессов в окрестности подземного сооружения, в то же время снизить вычислительные ресурсы необходимые для решения такого класса задач.

Научной новизной обладают следующие научные результаты:

- взаимосвязь между деформационными характеристиками твердых аргиллитоподобных глинистых пород и достигнутыми напряжениями и деформациями, которая заключается в увеличении жесткости среды с ростом средних напряжений и ее снижением с увеличением уровня достигнутых деформаций;
- численные модели слоистой среды, которые в явном виде позволяют прогнозировать зарождение и рост микро- и макротрещин по заранее не определённым, а формируемым в процессе деформирования плоскостям ослабления, анизотропия свойств которой задается с помощью функции распределения;
- геомеханическая модель твердых аргиллитоподобных глинистых пород, учитывающая зависимость деформационных характеристик среды от достигнутого уровня напряжений и деформаций, а также влияние напряжений на анизотропию механических свойств;
- геомеханическая модель твердых аргиллитоподобных глинистых пород, в рамках концепции многослойной среды, на основании теории пластического течения, позволяющая учесть естественную анизотропию прочностных и деформационных свойств пород и деформационную анизотропию механических свойств, а также наличие в породном массиве поверхностей ослабления и неоднородностей.

Практическая значимость диссертационной работы:

- разработан новый метод расчета деформаций породного массива при строительстве подземных сооружений, что позволит повысить достоверность прогноза и последующую оценку негативного влияния деформаций на здания, сооружения и объекты городской инфраструктуры;

- разработана геомеханическая модель твердых аргиллитоподобных глинистых пород и предложен алгоритм ее численной реализации в существующих программных комплексах для выполнения численного анализа в рамках механики сплошной среды, что позволит повысить точность прогноза деформаций породного массива в окрестности подземного сооружения и оседания земной поверхности при строительстве подземных сооружений в слоистых средах;

- разработаны методы расчета зоны влияния строительства сложных пространственных подземных сооружений, метрополитенов и прогноза деформаций земной поверхности с целью установления необходимости применения мер защиты к зданиям и объектам инфраструктуры городской

- сформулирована концепция научно-технического обоснования геомеханически безопасного освоения подземного пространства городов при строительстве подземных сооружений.

Результаты научных исследований использовались при проектировании новых станций Санкт-Петербургского метрополитена и включены в состав проектной документации. Проекты сооружений станций метрополитена "Театральная", "Горный институт", "Путиловская" получили положительное заключение Главгосэкспертизы и находятся на стадии практической реализации.

Замечания и пожелания к диссертационной работе

1. Процессы деформирования горных пород, связаны не только с развитием упругих и неупругих деформаций, но с их изменением во времени, что необходимо учитывать при дальнейших исследованиях.

2. Разработанные геомеханические модели деформирования глинистых пород как отмечено в работе, не позволяют выполнить прогноз ее поведения на запредельной стадии деформирования, что несколько сужает область их применения.

3. В работе не представлена связь между прогнозом геомеханических процессов в окрестности подземных сооружений, выполняемых на основании метода конечно-дискретных элементов и деформациями поверхности земли.

4. По нашему мнению, предложенный диссертантом метод конечно-дискретных элементов в авторской редакции для прогноза деформаций слоистых сред представляется весьма интересным и требует также дальнейшего развития.

Выводы

1. Тема диссертационной работы связана с созданием цифровых технологий проектирования подземных сооружений и соответствует стратегическому направлению развития прикладной науки и промышленности страны и безусловно является актуальной.

2. Рассматриваемые в работе геомеханические задачи являются чрезвычайно сложными, для их решения разработаны новые подходы и методы расчета геомеханических процессов.

3. Результаты работы обладают научной новизной и имеют научное значение, в работе разработана методология нового уровня проектирования подземных комплексов сложной конфигурации в пространственной постановке с учетом нелинейности и анизотропии сред, этапности ведения горно-строительных работ и учета их влияния на подрабатываемые здания и сооружения, а так же созданы цифровые численные модели для её реализации.

4. Работа имеет большое практическое значение, результаты её использованы при проектировании станций Петербургского метрополитена.

Заключение

В целом, диссертационная работа М.А. Карасева посвящена решению крупной научной проблемы - разработки методологии проектирования подземных комплексов сложной конфигурации в пространственной постановке, базирующейся на установленных закономерностях изменения напряженно-деформированного состояния породного массива при этапном ведении горно-строительных работ с учетом нелинейности и анизотропии сред, имеет большое практическое значение для освоения подземного пространства мегаполисов и удовлетворяет требованиям ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к докторским диссертациям, а его автор достоин присуждения ему ученой степени доктора технических наук.

Официальный оппонент
доктор технических наук,
профессор, заведующий
кафедрой строительства
подземных сооружений и
горных предприятий



Панкратенко
Александр Никитович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», кафедра «Строительство подземных сооружений и горных предприятий».

Адрес: Россия, 119049, Москва, Ленинский пр-т 4

Телефон: 84992302457

e-mail: Pankrat54@bk.ru

*Присоединяю по результатам работы
НИТУ МИСиС
08.11.2017г.*



Панкратенко В.А.