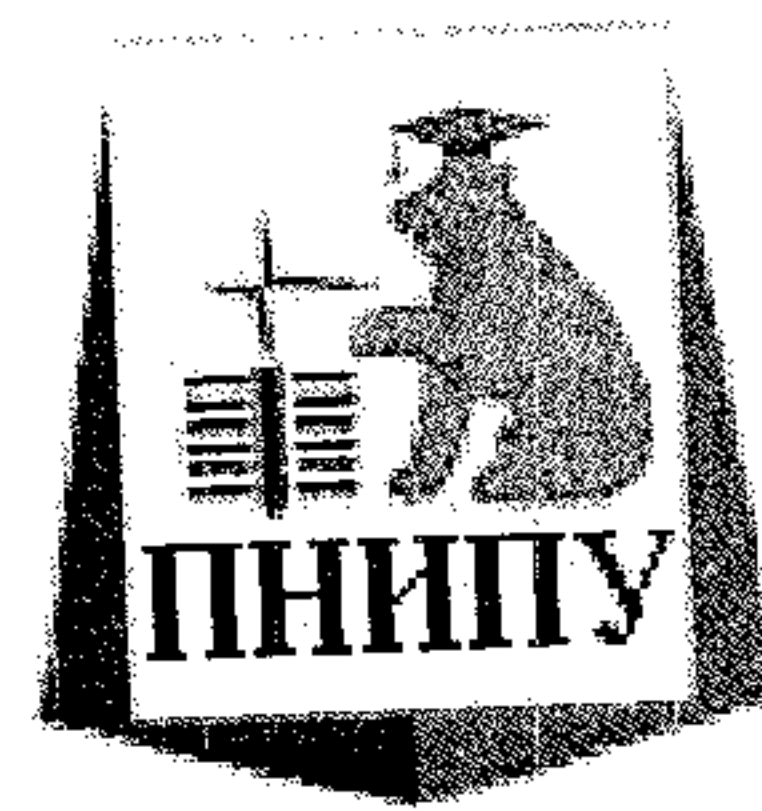


**ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Центр Геомеханики и Геодинамики Недр**



614990, г. Пермь, Комсомольский пр-т, 29, ПНИПУ,
Тел. (342) 2198-424, 2198-088, 2198-059
E-mail: geotech@pstu.ac.ru

Отзыв

**на автореферат диссертационной работы 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»**

Рассматриваемая диссертационная работа посвящена разработке методологии прогноза геомеханических процессов в породном массиве и деформаций земной поверхности при строительстве подземных сооружений сложной пространственной конфигурации, основанной на обосновании моделей сред, учитывающих анизотропию и нелинейность породного массива, создании пространственных численных моделей подземных комплексов с учетом стадийности их строительства и реализации численных экспериментов на основе взаимоувязанных глобальных и локальных вычислительных алгоритмов.

Научных разработок в исследуемой области знаний выполнено недостаточно, тему диссертационной работы следует признать актуальной.

В диссертационной работе получены крупные научные результаты, обладающие научной новизной, которые изложены в защищаемых положениях:

- 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 подземных сооружений;

№ 392-10
от 20.11.2017

- прогноз деформаций в окрестности подземного сооружения, вызванных его строительством в слоистых породных массивах, и оседания земной поверхности должен выполняться на основании геомеханической модели среды, учитывающей анизотропию механических свойств, а также влияние достигнутого уровня напряжений и деформаций на ее механические характеристики;

- прогноз осадок земной поверхности при строительстве сложных пространственных сооружений должен выполняться с учетом стадийности строительства, при этом высокая информационная детализация технологии строительства обеспечивается за счет применения локальных и глобальной моделей, взаимосвязь между которыми осуществляется через передачу расчетных данных о напряжениях и деформациях участков породного массива на всех рассматриваемых стадиях строительства.

Наибольший интерес, по нашему мнению, вызывает предлагаемая диссертантом численная модель, основанная на механизме деформирования и разрушения аргиллитоподобных глинистых пород, что позволяет учитывать формирование новых или развитие существующих микротрещин и проводить моделирование формирования макротрещин и фрагментацию породы. Математическое описание данного процесса выполнено на основании физической модели, предложенной А.Н. Ставрогиним, в рамках метода конечно-дискретных элементов, где упругие деформации описываются на уровне сплошных элементов, а формирование и развитие микротрещин – на уровне когезионных элементов.

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

Диссертантом принят подход, заключающийся 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, раз-

работанные 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 предельной стадии деформирования за счет формирования ослаблений на границе сплошных элементов.

Основное достоинство такого подхода заключается в возможности его реализации практически в любом программном комплексе общего назначения для выполнения конечно-элементного анализа. Вместе с тем к работе, на наш взгляд, имеются следующие замечания.

1. Основным недостатком изложенного в работе подхода являются повышенные требования к формированию элементной сетки и размерам конечных элементов.
2. Для изучения процессов деформирования и разрушения слоистых сред автор обосновывает применение метода конечно-дискретных элементов. При этом он пишет, что "применение других численных методов анализа для решения данного класса задач невозможно или весьма ограничено". Однако указанные задачи можно успешно решать с помощью хорошо известных программных комплексов метода дискретных элементов (3DEC, UDEC, RFS и др.). Было бы уместно сравнить возможности уже существующих методов и средств с разработками автора для обоснования их новизны и преимуществ.

Диссертационная работа имеет практическое значение. Результаты работы использовались при проектировании новых станций Санкт-Петербургского метрополитена и включены в состав проектной документации. Проекты строительства сооружений станций метрополитена "Театральная", "Горный институт", "Путиловская" получили положительное заключение главной государственной экспертизы и находятся на стадии практической реализации.

В целом, диссертационная работа М.А. Карасева посвящена решению крупной научной проблемы – разработки методологии проектирования подземных комплексов сложной конфигурации в пространственной постановке, базирующейся на уста-

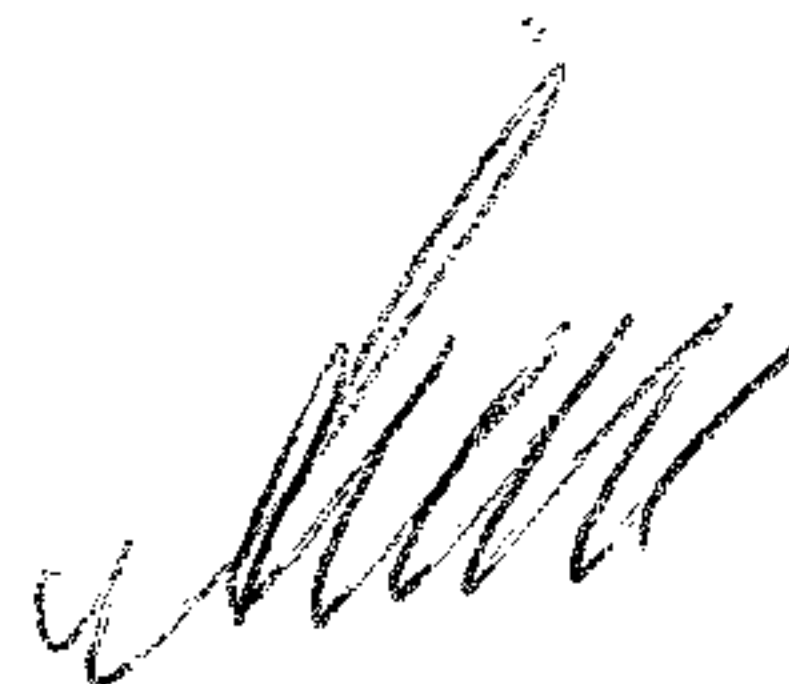
новленных закономерностях изменения напряженно-деформированного состояния породного массива при этапном ведении горно-строительных работ с учетом нелинейности и анизотропии сред, имеет большое практическое значение для освоения подземного пространства мегаполисов и удовлетворяет требованиям ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к докторским диссертациям, а его автор достоин присуждения ему ученой степени доктора технических наук.

Доктор технических наук, профессор,
Директор Центра Геомеханики и
Геодинамики Недр ПНИПУ



Кашников
Юрий Александрович

Доктор технических наук, профессор,
Сотрудник Центра Геомеханики и
Геодинамики недр ПНИПУ



Ашихмин
Сергей Геннадьевич

Полное название организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ПНИПУ)

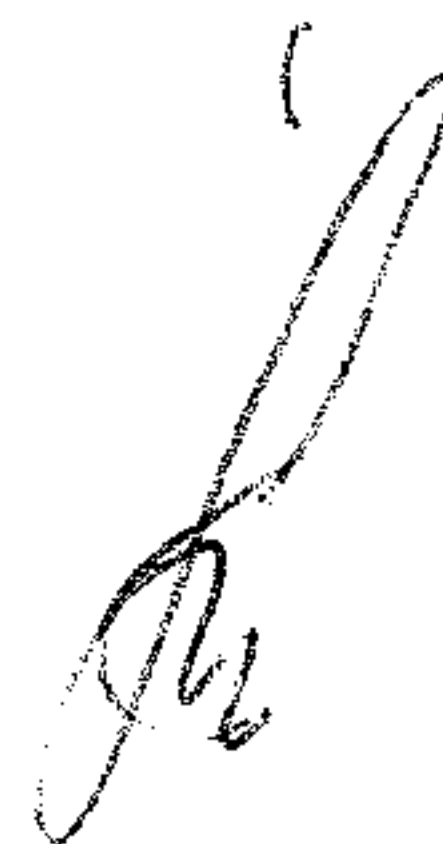
Адрес: 614099, г.Пермь, Комсомольский пр-т, 29.

Телефон: (342)2198-088

e-mail: geotech@pstu.ac.ru

Подпись Ю.А.Кашникова и С.Г.Ашихмина
Подтверждаю:

Начальник Управления кадров ПНИПУ

Т.Ф.Кайль