

## Отзыв

на автореферат диссертационной работы Карасева Максима Анатольевича «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»

Строительство подземных сооружений может оказать негативное воздействие на здания и объекты городской инфраструктуры, расположенные в зоне их подработки горно-строительными работами, которое проявляется в виде значительных осадок, повреждений и разрушений зданий, сооружений и инженерных коммуникаций, так как строительство любого подземного сооружения приводит к изменению напряженного состояния вмещающего массива, сопровождающегося его деформациями, которые распространяются до земной поверхности; их величина и характер зависят от многих факторов и определяются на основании геомеханического анализа. Решение таких важных задач подземного строительства, как обоснование устойчивости подземного сооружения, выбор типа и рациональных параметров обделок, прогноз развития деформаций земной поверхности, невозможно без достоверного прогноза геомеханических процессов, проявляющихся в виде деформаций породного массива.

Данная диссертационная работа направлена на изучение развития геомеханических процессов в породном массиве при строительстве сложных пространственных подземных сооружений (станционных комплексов метрополитенов, пересадочных узлов станционных комплексов и др.) в твердых аргиллитоподобных глинистых породах, механическое поведение которых в немалой степени определяется их слоистой структурой. Основной практический акцент в работе смещен в сторону прогноза деформаций земной поверхности. Исходя из вышесказанного, можно отметить актуальность данной проблемы при освоении подземного строительства мегаполисов.

В работе сформулированы три основных защищаемых научных положения, в заключении приведено девять результатов исследований.

Первое научное 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 распределение трещин, а также определять зоны дополнительной нарушенности породного массива, вызванные строительством подземных сооружений», обосновано материалами первых трех разделов, где выполнен анализ причин развития оседания земной поверхности и рассмотрены существующие методы прогноза деформаций породного массива и земной поверхности, рассмотрены вопросы разработки концепций взаимодействия между различными элементами системы при прогнозе геомеханических процессов, вызванных строительством подземных сооружений. Установлены закономерности деформирования глинистых пород при различных видах напряженного состояния. Сформулирована физическая модель поведения твердых аргиллитоподобных глинистых пород.

Второе научное положение: «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», получено на основе разработки численных моделей прогноза геомеханических процессов при строительстве подземных сооружений в твердых аргилитоподобных глинистых породах, характеризующихся анизотропией прочностных и деформационных свойств, представленной в четвертом разделе. Разработка численных моделей выполнена в рамках метода конечно-дискретных элементов. Представлены аспекты разработки моделей деформирования аргилитоподобных глинистых пород, учитывающих естественную и сформировавшуюся в результате деформирования анизотропию механических свойств. Реализация моделей деформирования такой среды выполнена в рамках концепции многослойной среды и учитывает различные аспекты ее деформирования.

Третье научное положение: «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», обосновано представленной, разделе, методикой прогноза деформации земной поверхности при строительстве подземных сооружений сложной пространственной конфигурации. Предложенная методика основана на разделении рассматриваемого объекта на глобальную и локальные модели между которыми обеспечивается двухсторонняя связь.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается удовлетворительной сходимостью результатов натурных наблюдений и прогнозных деформаций земной поверхности при строительстве сложных пространственных сооружений (станционные комплексы «Обводный канал», «Волковская», «Адмиралтейская», «Международная», «Бухарестская»), применением строгих методов математического анализа для построения геомеханических моделей слоистой среды и численных моделей строительства подземных сооружений. Прогнозные расчеты деформации земной поверхности, выполненные с учетом результатов работы, вошли в проектную документацию по объектам Санкт-Петербургского метрополитена и получили практическую апробацию.

Получены важные результаты:

- разработан новый подход и 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;

- разработаны численные модели прогноза деформирования и разрушения твердых аргилитоподобных глинистых пород, позволяющие изучать процессы развития геомеханических процессов в окрестности породного обнажения, проявляющиеся в виде деформаций, формирования и развития микротрещин, а также обрушения пород;

- разработана геомеханическая модель твердых аргилитоподобных глинистых пород и предложен алгоритм ее численной реализации в существующих программных комплексах для выполнения численного анализа в рамках механики сплошной среды, что позволяет 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 це-

лью установления необходимости применения мер защиты к зданиям и объектам инфраструктуры городской застройки и др.

#### Недостатки работы

- не всегда, в формулах даются расшифровки используемых показателей. Например в формуле 1 нет расшифровки показателя ( $\sigma_{pi}$ ), в формуле 5 – ( $\tau_{s,i}$ );

- таблицы, на которые впервые по тексту делается ссылка, размещаются под текстом. Ссылка на таблицу 2 дана после таблицы;

- в списке литературы после указания года публикации буква (г) не используется, а при указании количества страниц следует писать (с), а не (стр). В публикациях №№ 18, 22 нарушены эти требования;

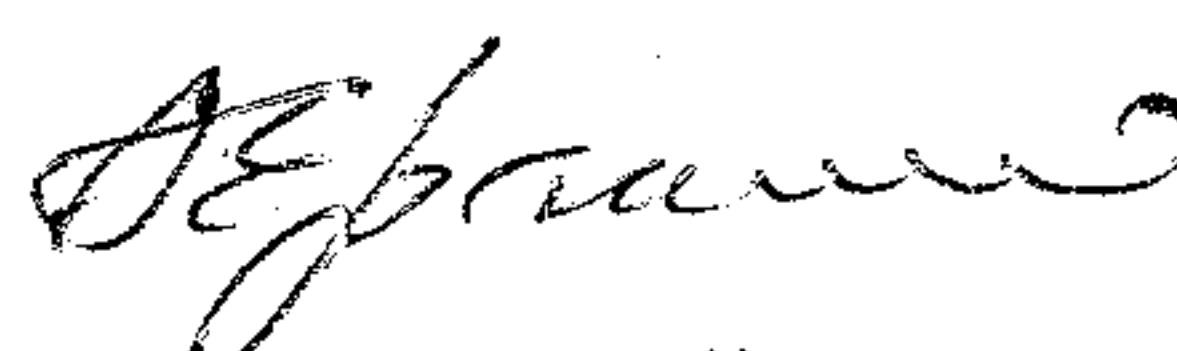
- на страницах 9, 10, 11, 12 присутствуют орфографические ошибки.

В целом работа Карасева Максима Анатольевича «Прогноз геомеханических процессов в слоистых породных массивах при строительстве подземных сооружений сложной пространственной конфигурации в условиях плотной городской застройки» представляет собой единолично написанную научно-квалификационную работу. Выполненные в диссертационной работе исследования посвящены 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, имеющей большое народнохозяйственное значение.

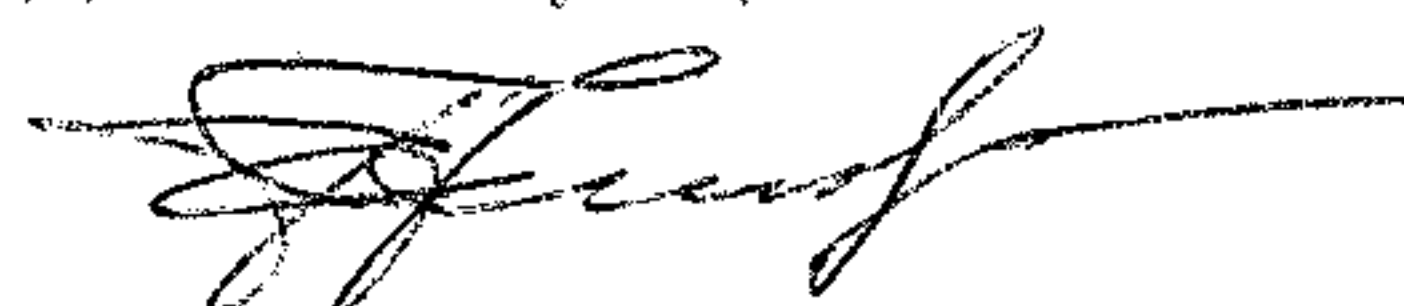
Диссертационная работа соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Карасев Максим Анатольевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Рецензенты согласны на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и дальнейшую их обработку.

Профессор, доктор технических наук, заместитель директора по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук (ИГД СО РАН)

 Андрей Андреевич Еременко

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук (ИГД СО РАН)

 Владимир Николаевич Филиппов

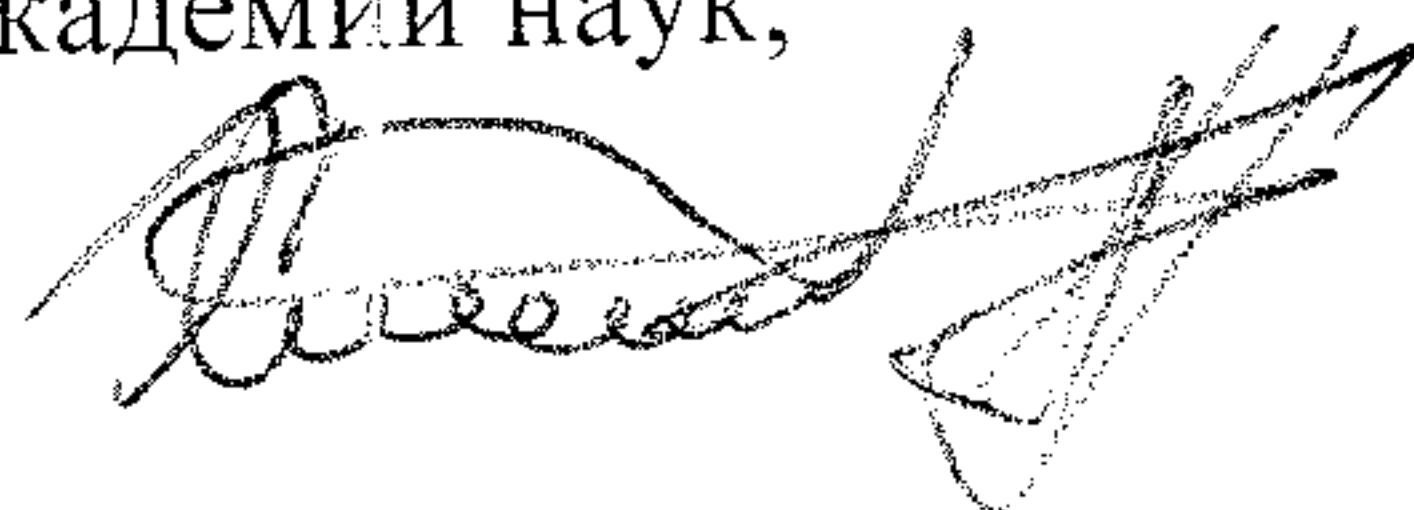
630091, Новосибирск, Красный проспект, 54.

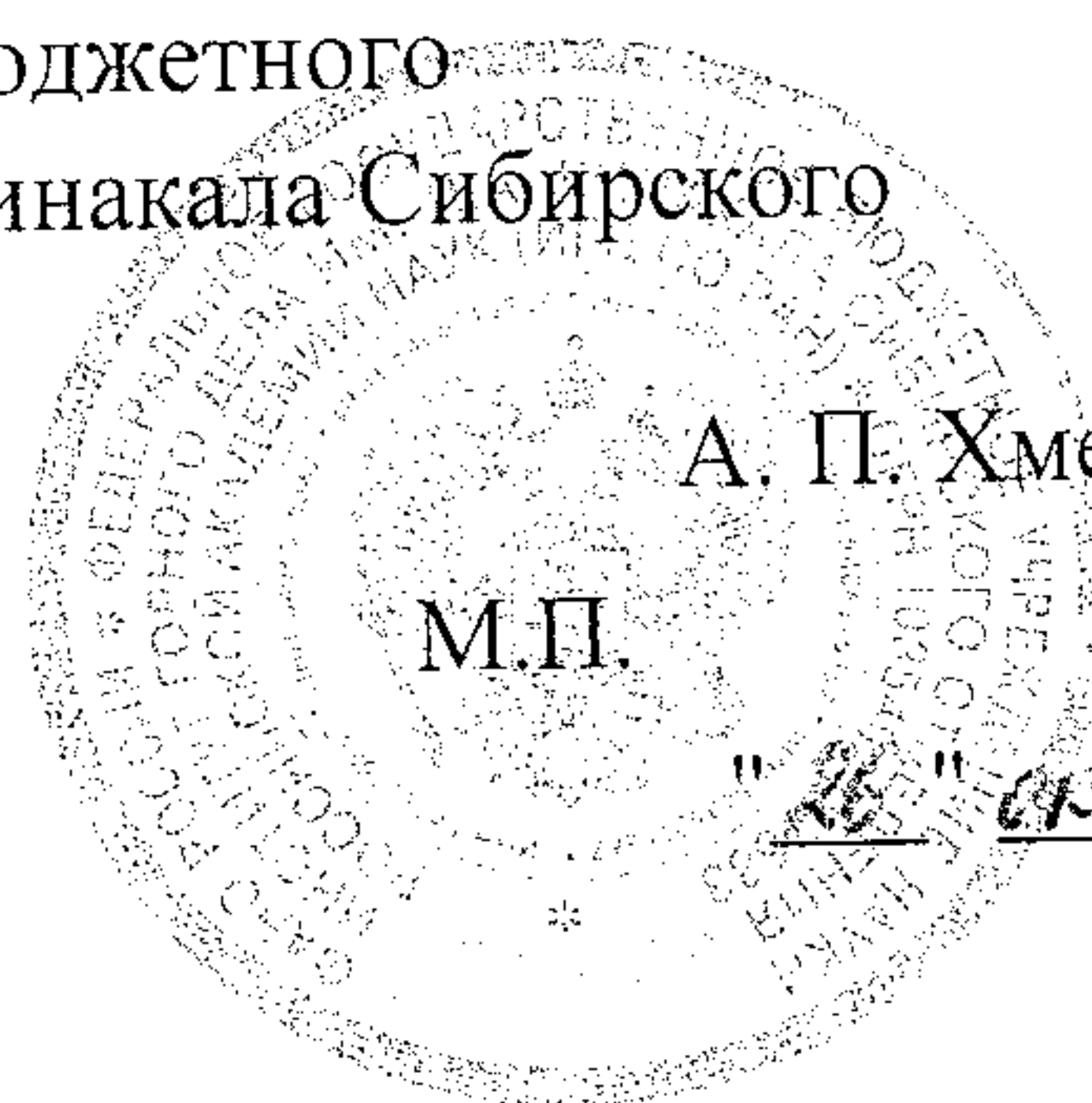
Тел. (383) 2053030, доб. 111; e-mail: eremenko@ngs.ru

Личные подписи доктора технических наук, профессора Еременко Андрея Андреевича и кандидата технических наук Филиппова Владимира Николаевича удостоверяю:

Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института горного дела им Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук,

канд. техн. наук





А. П. Хмелинин

М.П.

"26" октября 2017 г.