



**НОРНИКЕЛЬ**

ИНСТИТУТ  
ГИПРОНИКЕЛЬ

## **О Т З Ы В**

**официального оппонента, кандидата технических наук Трофимова Андрея Викторовича на диссертацию Кумова Всеволода Васильевича на тему: на тему: «Геомеханическое обоснование устойчивости грунтов при строительстве тоннелей щитовыми проходческими комплексами в слоистых массивах», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.**

### **1. Актуальность темы диссертации**

В современном мире города расширяются все стремительнее, развитие подземной инфраструктуры в свою очередь не остается в стороне. При этом проблемы, связанные со строительством подземных сооружений, становятся всё актуальнее. Одна из основных задач при строительстве подземных сооружений в условиях плотной городской застройки – уменьшение величины оседаний земной поверхности. Добиться результата возможно благодаря снижению влияния строительства на окружающий его грунтовый массив, на что влияет множество факторов: физико–механические свойства грунтов, гидрогеологические условия и структура грунтового массива, а также технологические параметры строительных работ.

Применяемые на сегодняшний день технологические решения в области применения проходческих механизированных щитов с пригрузом забоя для строительства тоннелей имеют достаточную степень механизации и автоматизации для обеспечения безопасности и эффективности строительства. Однако, факторы, влияющие на необходимые технологические параметры проходческих щитов с пригрузом забоя, до сих пор недостаточно изучены.

Научная задача обусловлена возможностью создания метода прогноза устойчивости слоистого массива грунта с целью исключения аварийных случаев и снижения влияния строительных работ на окружающий их массив при

ОТЗЫВ

РХ. № 9-538 от 10.09.26  
АУ УС

строительстве переронных тоннелей метрополитена механизированными шитовыми проходческими комплексами. По этой причине ее решение весьма актуально для повышения эффективности и безопасности строительства подземных сооружений в слоистых грунтовых массивах.

## **2. Научная новизна диссертации**

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

1. Установлена зависимость площади сечения зоны предельного состояния слоистого грунтового массива от структуры массива в забое тоннеля при воздействии на него шитовыми проходческими комплексами с активным пригрузом забоя.
2. Установлена зависимость значения давления пригруза для поддержания устойчивости тоннеля от площади сечения зоны предельного состояния слоистого грунтового массива.

## **3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций**

### **Достоверность результатов обеспечивается:**

1. Использование установленных нелинейных зависимостей значений критериев ширины, площади поперечного сечения мульты сдвижения земной поверхности, наибольшего значения оседания земной поверхности и площади сечения зоны предельного состояния массива на участке установившихся деформаций от структуры слоистого грунтового массива в забое тоннеля позволяет надёжно описать влияние параметров на устойчивость слоистого грунтового массива.

2. В качестве основного критерия для описания устойчивости слоистого грунтового массива при строительстве тоннелей механизированными комплексами с пригрузом забоя следует принимать площадь сечения зоны предельного состояния слоистого грунтового массива на участке установившихся деформаций.

3. Определение давления пригруза на забое с учетом установившейся зависимости площади сечения зоны предельного состояния слоистого грунтового массива на участке установившихся деформаций от значения давления позволяет уменьшить деформации грунтов при строительстве тоннелей механизированными комплексами.

## **4. Научные результаты диссертации и их ценность**

На защиту выносятся следующие положения:

1. В ходе исследования подтверждены три ключевых научных положения:

1.1. Установлено, что использование установленных нелинейных зависимостей значений критериев ширины, площади поперечного сечения мульды сдвижения земной поверхности, наибольшего значения оседания земной поверхности и площади сечения зоны предельного состояния массива на участке установившихся деформаций от структуры слоистого грунтового массива в забое тоннеля позволяет надёжно описать влияние параметров на устойчивость слоистого грунтового массива. Определены аналитические зависимости, описывающие влияние и диапазоны работы метода.

1.2. Доказано, что для описания устойчивости слоистого грунтового массива при строительстве тоннелей с применением ТПМК с пригрузом забоя следует принимать площадь сечения зоны предельного состояния слоистого грунтового массива на участке установившихся деформаций в качестве основного критерия.

1.3. Установлена зависимость между площадью сечения зоны предельного состояния слоистого грунтового массива на участке установившихся деформаций от значения давления пригруза на забое, описываемая экспоненциальной функцией вида  $R_{пр} = A \cdot \exp(-S_{зпс}/B) + R_{пр0}$  с коэффициентом детерминации 0,99828. Зависимость позволяет определить степень изменения давления пригруза на забой от исходного значения с учётом прогнозного изменения зоны предельного состояния. Использование зависимости позволяет в режиме реального времени изменять давление пригруза для уменьшения деформаций грунтов при строительстве тоннелей с применением ТПМК с пригрузом забоя. Предложена практическая реализация разработанного аналитического метода: предложен балльный критерий учета влияния структуры массива грунтового массива в забое тоннеля на устойчивость массива (KV). Предложен способ учета критерия KV в существующих зависимостях.

2. Исследования показали, что при варьировании модулей деформации ( $E_{oed}$ ,  $E_{50}$ ,  $E_{ur}$ ) наибольшая разница в значениях площади мульды сдвижения достигает 96,8%, а площади зоны предельного состояния также составляет 96,8%. Изменение угла внутреннего трения приводит к разнице в 38,2% для мульды сдвижения и 53,0% для зоны предельного состояния. Влияние сцепления грунта выражается в разнице 15,8% и 6,6% соответственно. С увеличением глубины заложения тоннеля происходит увеличение площади зоны сдвижений грунтового массива в призабойной зоне вглубь выработки. При неизменной глубине и различной структуре массива с наличием ослабленного слоя грунта

разница в значениях достигает 13%, а при усиленном слое – 22%.

## **5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации**

1. Разработан метод определения влияния структуры слоистого грунтового массива в забое тоннеля на форму и размер мутьевых сдвижений земной поверхности при строительстве тоннеля ТПМК с активным пригрузом забоя.

2. Исследовано влияние структуры слоистого грунтового массива в забое тоннеля, строящегося ТПМК с активным пригрузом забоя, на устойчивость тоннеля.

3. Определена зависимость давления пригруза необходимого для поддержания устойчивости забоя тоннеля от изменяющейся структуры слоистого грунтового массива.

4. Разработана методика построения численных конечно-элементных моделей строительства переконного тоннеля с применением ТПМК с активным пригрузом забоя в слоистом грунтовом массиве.

5. Разработано устройство для непрерывного контроля изменения геологической структуры грунтового массива внебурной забоя тоннеля для реализации разработанного метода при строительстве тоннелей с применением ТПМК с активным пригрузом забоя.

6. Результаты диссертационной работы использованы при ведении проектной и экспертной работы в деятельности ООО «СПБ-Гипрошахт» (акт о внедрении результатов диссертационного исследования от 18.04.2025 г.).

## **6. Замечания и вопросы по работе**

1. Учитывалось ли при численном моделировании изменение порового давления и фильтрационный процесс в грунтовом массиве при различной проницаемости слоев?

2. Давление пригруза в расчетной схеме задано неравномерно распределенной нагрузкой с изменением по высоте. Насколько полученная зависимость применима к различным типам ТПМК – с грунтовыми и гидропригрузом – и требуется ли корректировка при иной форме распределения давления по площади забоя?

3. Автор принимает площадь зоны предельного состояния в качестве наиболее чувствительного критерия. Возможна ли ситуация локальной потери устойчивости забоя при сравнительно небольшой площади этой зоны и

незначительных оседаниях поверхности, и каким дополнительным условием рекомендуется контролировать такой случай?

4. Предложенное устройство должно обеспечивать оперативное выявление изменения слоя впереди забоя. Каковы расчетная дальность и пространственное разрешение ультразвукового контроля?

Указанные вопросы имеют дискуссионный характер и могут быть раскрыты автором в ходе публичной защиты. Они не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

## **7. Заключение по диссертации**

Диссертация «Геомеханическое обоснование устойчивости грунтов при строительстве тоннелей щитовыми проходческими комплексами в слоистых массивах», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор – Кумов Всеволод Васильевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

Официальный оппонент,

Руководитель группы наукоемких проектов

ООО «Институт Гипроникель»,

кандидат технических наук



Трофимов Андрей Викторович

08.09.2026 г.

### **Сведения об официальном оппоненте:**

ООО «Институт Гипроникель»

Почтовый адрес: 195220, г. Санкт-Петербург, Гражданский проспект, д. 11

Официальный сайт в сети Интернет: <https://gipronickel.ru>

эл. почта: [trofimovav@nornik.ru](mailto:trofimovav@nornik.ru), телефон: +7-921-849-41-11