

**УТВЕРЖДАЮ**

Генеральный директор, ОАО «НИПИИ  
«Ленметрогипротранс», к.т.н.



В.А. Маслак

«06» июня 2022 г.

### **О Т З Ы В**

**ведущей организации на диссертацию Нгуен Тай Тиен на тему:  
«Геомеханическое обоснование параметров обделки протяженных  
подземных сооружений криволинейного поперечного сечения»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород,  
рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.**

**1. Актуальность темы диссертации.** Строительство тоннелей осуществляется по различным технологическим схемам начиная от ручной разработки забоя до применения современных тоннеле проходческих комплексов, позволяющих проходить тоннели в различных инженерно-геологических условиях, при этом наиболее распространенным сечением тоннелей является круглое.

В диссертационной работе отмечается все большее распространение применения тоннеле проходческих комплексов, позволяющих сооружать тоннели некругового очертания, например, арочного или квази-прямоугольного. Применение таких форм поперечного сечения тоннелей имеет как свои достоинства, так и недостатки. В частности, к достоинствам можно отнести более высокий коэффициент использования сечения тоннелей по сравнению с

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-276 от 09.06.22  
Л У У С

тоннелями кругового очертания, что в свою очередь при определенных условиях можно сказать на снижении трудоемкости и затрат на его сооружение. К недостаткам можно отнести формирование менее благоприятного распределения напряжений в обделках тоннелей некругового очертания, что может привести к необходимости повышения ее несущей способности. Однако с учетом фактического распространения тоннелей некругового очертания в мировой практике их сооружения, можно признать такую форму тоннелей перспективной. В то же время, напряженное состояние обделки в значительной степени зависит от кривизны формы сечения тоннеля и может в значительной степени измениться при даже небольшой ее корректировке. На настоящее время разработано множество методов прогноза напряженного состояния обделок тоннелей, однако в подавляющем большинстве они пригодны для одиночных расчетов и не позволяют выполнять изучение влияния различных параметров криволинейного сечения на напряженное состояние обделки. В связи с этим, разработка метода проведения многовариантных расчетов для тоннелей криволинейного очертания является актуальным и позволит в значительной степени повысить качество проектных решений.

**2. Научная новизна диссертации.** В работе основное внимание уделено разработке теоретических положений расчета тоннелей криволинейного поперечного сечения, которое позволило бы изучать изменение напряженного состояния обделки при различных параметрах формы сечения тоннеля для заданных инженерно-геологических условий. К научной новизне работы можно отнести совершенствование метода Метрогипротранса за счет учета при определении отпора грунта его нелинейных свойств, что позволило значительно повысить достоверность данного метода применительно к слабым грунтам. К очевидной новизне можно отнести и предложенный автором работы метод многовариантного проведения расчета напряженного состояния обделки, который позволяет установить взаимосвязь между контролирующими параметрами (радиусами кривизны) сечения обделки, и является первым шагом для создания метода оптимизации формы поперечного сечения по различным

технологическим, прочностным и экономическим факторам. Автором получены новые закономерности, позволяющие оценить влияние конкретных параметров формы поперечного сечения тоннеля и условий строительства на напряженное состояние обделки, представлены рекомендации по выбору параметров криволинейного сечения тоннеля.

**Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций.** На защиту автором выносятся три научных положения. Первое защищаемое положение говорит о том, что расчет напряженного состояния обделки тоннелей квази-прямоугольного и арочного с обратным сводом поперечных сечений допускается выполнять на основании метода гиперстатических реакций, учитывающего формирование нелинейного отпора грунтового массива при взаимодействии с обделкой, а также характер формирования нагрузки на крепь для тоннелей различного очертания. Автором работы показано, что не учет нелинейного отпора грунтового массива ведет к значительному снижению точности результатов при работе с грунтами, характеризующимися низкими деформационными свойствами и способными уплотняться под воздействием нагрузки. Выполненное автором сравнение результатов напряженного состояния обделки на основании предложенного им метода и выполненного численного моделирования прогноза напряженного состояния обделки показали хорошую сходимость.

Второе защищаемое положение говорит о том, что оценка влияния параметров криволинейного сечения тоннелей должна выполняться на основании многовариантного итерационного расчета, регулирующими параметрами которого являются уравнения кривых, определяющих итоговую форму криволинейного сечения. Автором диссертации на примере двух форм тоннелей, квазипрямоугольного и арочного, показано, что изменение регулирующих параметров сечения тоннеля в значительной степени оказывает влияние на напряженное состояние обделки, при этом интенсивность этого влияния нельзя напрямую распространить на другие инженерно-геологические условия, а необходимо такие расчеты выполнять для каждого конкретного условия.

Разработанный автором алгоритм выполнения итерационных расчетов позволил изучить влияние различных факторов на напряженное состояние, по результатам которых и было сформулировано второе защищаемое положение. В целом результаты, представленные в диссертации, подтверждают это.

Третье защищаемое положение сформулировано автором следующим образом: оценку влияния контролирующих параметров формы сечения на напряженное состояние обделки тоннелей криволинейного очертания необходимо выполнять с учетом естественного напряженного состояния породного массива, а также его деформационно-прочностных свойств. Закономерности, представленные в работе, характеризующие формирование напряженного состояния обделки, показывают, что деформированные характеристики пород, величины вертикальных и горизонтальных напряжений, оказывают влияние не только на напряженное состояние, но и на выбор рациональных параметров формы поперечного сечения. Автором работы показано, что данное утверждение справедливо как для тоннелей квазипрямоугольного поперечного сечения, так и для тоннелей арочной формы.

В целом, представленный в диссертации материал позволяет говорить о том, защищаемые положения вполне обоснованы и достоверны.

### **3. Научные результаты, их ценность**

В диссертации разработаны алгоритмы оценки влияния геометрических параметров поперечного сечения тоннеля на напряженное состояние обделки для тоннелей квази-прямоугольной и арочной с обратным сводом форм поперечных сечений. Выполнена их реализация в виде программного решения, разработанного в среде программирования Matlab. Выполнено расширение области применения метода гиперстатических реакций для расчета напряженного состояния обделок тоннелей квази-прямоугольной и арочной с обратным сводом форм поперечных сечений. Получены новые зависимости для расчета отпора крепи с учетом нелинейного деформирования грунтового массива. Установлено, что геометрические параметры поперечного сечения тоннеля оказывают

значительное влияние на внутренние усилия в обделке тоннеля как для тоннелей арочной с обратным сводом и квази-прямоугольной форм. При этом геометрические параметры оказывают большее влияние на изгибающий момент, но меньшее на величины нормальных сил. В частности, чем больше радиус свода и обратного свода тоннеля, тем больше изгибающий момент. Поэтому при проектировании поперечного сечения тоннеля необходимо оптимизировать радиусы сводов. Установлены закономерности влияния характеристик вмещающего массива – модуля деформации, коэффициента бокового давления, глубины заложения тоннеля и толщины обделки, – на напряженное состояние обделки тоннеля квази-прямоугольной и арочной форм поперечного сечения. Получена зависимость, показывающая взаимосвязь между геометрическими параметрами квази-прямоугольного тоннеля, модулем деформации грунта, коэффициентом бокового давления, глубиной тоннеля с изгибающим моментом. При сравнительном расчете влияния двух параллельных тоннелей кругового очертания и одного тоннеля квази-прямоугольного очертания аналогичной площади поперечного сечения, выявлено, что внутренние усилия в обделке квази-прямоугольного тоннеля выше, а оседания, вызванные его строительством – ниже. Последующие исследования будут направлены на разработку алгоритмов оптимизации формы поперечного сечения тоннелей арочной и квазипрямоугольной формы с учетом предложенных критериев (по прочности, минимизации/заданной площади поперечного сечения и т.д.), а также расширение функционала метода HRM для расчета напряженного состояния обделки для более широкого диапазона инженерно-геологических условий и геометрических форм поперечного сечения тоннеля.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 9 печатных работах, в том числе в 2 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, (далее – Перечень ВАК), в 3 статьях - в изданиях, входящих в международные базы

данных и системы цитирования (указать какие); получено 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

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

Развитие методов расчета обделок подземных сооружений является важным элементом повышения безопасности при освоении подземного пространства. Автором работы выполнено совершенствование метода в направлении повышения точности расчета, учета нелинейных особенностей деформирования окружающего грунтового массива. В диссертации представлен алгоритм многовариантного итерационного расчета напряженного состояния обделки для тоннелей арочного с обратным сводом и квази-прямоугольного поперечных сечений. Получены закономерности формирования напряженного состояния обделки тоннеля для типовых условий строительства, форм поперечного сечения тоннелей и величин контролирующих параметров формы сечения тоннеля

#### **5. Рекомендации по использованию результатов работы**

По результатам работы автором получено свидетельство о государственной программы для ЭВМ, в которой реализованы теоретические положения расчета напряженного состояния обделок криволинейного поперечного сечения с учетом нелинейного поведения грунтового массива и позволяющей выполнять многовариантные расчеты оценки влияния параметров формы сечения тоннелей на напряженное состояние обделки. Данное программное решение рекомендуется использовать как для совершенствования учебных курсов в рамках образовательного процесса, так и что более важно, необходимо более широко внедрять в процесс проектирования, в частности определения оптимальных параметров форм тоннелей. Необходимо отметить, что несмотря на то, что в диссертации основное внимание уделено тоннелям, сооружаемым щитовыми проходческими комплексами, разработанное автором программное решение может быть использовано и для определения оптимальной формы тоннелей,

сооружаемых и горным способом.

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

1. В диссертации представлена апробация предложенного метода расчета напряженного состояния обделки тоннеля для инженерно-геологических условий г. Ханой. В то же время не представлена область применения данного метода, не указан диапазон условий строительства, где достоверность прогноза напряженного состояния обделки будет обеспечена.

2. Предложенный метод многовариантного расчета напряженного состояния обделки, который позволяет оценить влияние параметров формы криволинейного сечения тоннеля представляется перспективным. В то же время, непонятным остается как его рационально использовать на практике, так как получение напряжений в обделке не позволяет напрямую оценить ее несущую способность и потребует проведения большего количества дополнительных расчетов, которые никак не автоматизированы.

3. Методика расчета предполагает, что рассматривается монолитная обделка, в то время как при строительстве тоннелей щитовыми проходческими комплексами традиционно используется сборная обделка, что накладывает определенные требования к формированию расчетной модели. Каким образом в предложенном методе расчета учитывается взаимодействие и особенности передачи усилий между отдельными элементами сборной обделки.

## **6. Заключение по диссертации**

Диссертация «Геомеханическое обоснование параметров обделки протяженных подземных сооружений криволинейного поперечного сечения», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – 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», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор **Нгуен Тай Тиен** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

Отзыв на диссертацию и автореферат диссертации **Нгуен Тай Тиен** обсужден и утвержден на заседании научно-технического совета ОАО Научно-исследовательского, проектно-изыскательского института «Ленметрогипротранс», протокол №06/06/2022 от 06.06.2022 года.

Заместитель генерального директора  
по научно-исследовательской работе,  
кандидат технических наук, доцент



Лебедев Михаил Олегович

**Сведения о ведущей организации:**

ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»

почтовый адрес: 191002, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Московская, дом 2

официальный сайт: <https://www.lmgt.ru/>

e-mail: [lmgt@lenmetro.ru](mailto:lmgt@lenmetro.ru)

Тел.: +7 (812) 316-20-22