

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 99.2.054.02 (Д 999.174.02),  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ» ФЕДЕРАЛЬНОГО АГЕНТСТВА  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА,  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 24 ноября 2021 г. № 11

О присуждении Шэнь Цяофэн, гражданке Китайской Народной Республики, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Прогноз геомеханических процессов при строительстве односводчатых станций метрополитена по технологии поэтапного раскрытия выработки в малопрочных скальных грунтах» по специальности 2.1.8 – «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей» (технические науки) принята к защите 22 сентября 2021 г. (протокол заседания № 9) диссертационным советом 99.2.054.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения» Федерального агентства железнодорожного транспорта (630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191), Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (634003, г. Томск, пл. Соляная, 2), (Приказ Минобрнауки России от 02.11.2012 г. № 714/нк о создании диссертационного совета; Приказ Минобрнауки России от 10.05.2017 г. № 411/нк об изменении шифра диссертационного совета; Приказ Минобрнауки России от 03.06.2021 г. № 561/нк о полномочиях диссертационных советов).

Соискатель Шэнь Цяофэн, «10» января 1989 года рождения. В 2016 году

соискатель окончила магистратуру по специальности «Гражданское строительство» Пекинского Транспортного Университета. В 2020 г. окончила очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель – исследователь» по направлению подготовки 08.06.01 «Техника и технологии строительства» (профиль направления подготовки «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей»). Диплом об окончании аспирантуры выдан 30.06.2020 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», в настоящее время соискатель не работает.

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС) Федерального агентства железнодорожного транспорта на кафедре «Тоннели и метрополитены».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Фролов Юрий Степанович, профессор кафедры «Тоннели и метрополитены» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС).

Официальные оппоненты:

Меркин Валерий Евсеевич – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, научный руководитель ООО «Научно-инженерный центр Тоннельной ассоциации» (г. Москва),

Кузнецов Анатолий Олегович – гражданин Российской Федерации, кандидат технических наук, доцент кафедры «Геотехника, тоннели и метрополитены» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения

высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения» (г. Новосибирск)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – открытое акционерное общество «Научно-исследовательский, проектно-изыскательский институт «Ленметрогипротранс» в своем положительном отзыве, подписанном Лебедевым Михаилом Олеговичем – кандидатом технических наук, доцентом, заместителем генерального директора по научно-исследовательской работе и утвержденном генеральным директором кандидатом технических наук Владимиром Александровичем Маслаком, указала, что диссертационная работа Шэнь Цяофэн «Прогноз геомеханических процессов при строительстве односводчатых станций метрополитена по технологии поэтапного раскрытия выработки в малопрочных скальных грунтах» может рассматриваться как законченное научное исследование, соответствует паспорту специальности 2.1.8 – «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей» (технические науки) и отвечает критериям, в том числе пп. 9–14, приведенным в Постановлении Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», протокол № 20/10 от 20 октября 2021 г, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук. Наряду с этим, ведущей организацией сформулированы следующие замечания: 1. Из названия диссертации следует, что станция метрополитена заложена «в малопрочных скальных грунтах», т.е. акцент на «прочность грунта», а по тексту диссертации при построении численных моделей вмещающих выработку массив характеризуется по «показателям качества» скального массива – RQD и BQ. Чем обосновано такое разночтение? 2. Нуждается в дополнительной аргументации авторский тезис о последовательности разрушения железобетонных диафрагм при разработке ядра сечения выработки (стр.77). Остается не ясным, какому варианту автор отдает предпочтение. 3. Сложно согласиться с тем, что к критериям устойчивости выработки отнесены осадки земной поверхности (стр. 107, п.7).

Соискатель имеет 7 опубликованных работ, все работы опубликованы по

теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 работы.

Наиболее значительные работы, опубликованные в рецензируемых научных изданиях:

1. Фролов Ю.С. Прогноз геомеханических процессов при сооружении станции метрополитена в скальных грунтах / Ю.С. Фролов, **Шэнь Цяофэн** // Путевой навигатор. – 2020. – № 44 (70). – С. 50–59. (0,85 усл. печ. л. / личный вклад – 0,65 усл. печ. л.).

2. **Шэнь Цяофэн**. Решение геомеханических задач при стадийной технологии раскрытия выработок большого пролета в малопрочных скальных грунтах / Шэнь Цяофэн, Ю.С. Фролов // Интернет-Журнал «Транспортные сооружения». – 2019. – № 3 (6). – С. 1–14. (0,75 усл. печ. л. / личный вклад – 0,65 усл. печ. л.).

3. Фролов Ю.С. Влияние методов поэтапного раскрытия выработки большого пролета на напряженно-деформированное состояние системы «крепь – грунтовый массив» / Ю.С. Фролов, **Шэнь Цяофэн** // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 1 (48). – С. 73–83. (0,65 усл. печ. л. / личный вклад – 0,45 усл. печ. л.).

В диссертации отсутствуют достоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, Шэнь Цяофэн ссылается на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Отзыв доктора технических наук, главного научного сотрудника АО ЦНИИТС «НИЦ «Тоннели и метрополитены» Гарбера Владимира Александровича (г. Москва). Отзыв положительный, в качестве вопросов и замечаний отмечено: 1. Из автореферата неясно как учитывались контактные элементы между временной крепью (первичной обделкой) и вмещающим массивом при расчетах. 2. Учитывалось ли снятие напряжений грунтового массива при поэтапном раскрытии выработки опережающими забоями?

2. Отзыв доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Строительства горных предприятий и подземных сооружений» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет» Протосени Анатолия Григорьевича (г. Санкт-Петербург). Отзыв положительный, замечания отсутствуют.

3. Отзыв кандидата технических наук, заместителя директора Научно-исследовательского центра «Бамтоннель» Гурского Валерия Алексеевича (г. Новосибирск). Отзыв положительный, в качестве вопросов и замечаний отмечено:

1. Мелкий масштаб иллюстраций и отсутствие пояснений в тексте автореферата не позволяют на отдельных рисунках (рисунок 5) рассмотреть значения эпюр напряжений и перемещений.
2. В пункте 3 заключения следовало бы заменить слово «параметры» на «показатели».
3. В работе отсутствуют рекомендации по оперативной оценке НДС при возникновении аварийной ситуации на строительной площадке во время проходки большепролетной выработки.

4. Отзыв кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Строительство и эксплуатация дорог» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет» Долгих Геннадия Владимировича, кандидата технических наук, доцента кафедры «Строительство и эксплуатация дорог» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет» Александрова Анатолия Сергеевича (г. Омск). Отзыв положительный, в качестве вопросов и замечаний отмечено:

1. Описывая изученные материалы состояния вопроса автор на стр. 8 пишет: «Инновационная технология сооружения тоннелей ... является модификацией метода НАТМ. Публикации на эту тему появились в начале 90-х годов...». По нашему мнению, это неудачная редакция. Инновация – это нововведение (в данном случае в области тоннелестроения), а из текста автореферата следует, что это нововведение состоялось 30 лет тому назад.
2. На стр. 9 автор пишет: «С расчетной точки зрения в настоящее время в практике проектирования подземных сооружений общей тенденцией является верификация не только ПК (...), но и самого метода МКЭ применительно к различным классам задач подземного строительства». Таким образом, соискатель затрагивает вопрос сходимости приближенного

решения по МКЭ к точному решению в точке рассчитываемой среды. Это абсолютно верно и важно для расчета по любому численному методу, в том числе МКЭ. Но далее по тексту автореферата никаких разъяснений о сходимости нет. По нашему мнению, в этом аспекте есть два упущения: - известно, что при увеличении числа конечных элементов в расчетной модели, а равно уменьшению их размера, сходимость приближенного и точного решения возрастает. Если размер сетки  $h$  стремится к нулю, то есть к точке, то результаты вычисления по МКЭ и точному решению совпадают. Далее по тексту соискатель приводит подробные сведения о геометрии сооружения, параметрах прочности грунта (предел прочности на сжатие, сцепление и угол внутреннего трения и другое), но размеры ячеек сетки в моделях МКЭ не обсуждает. – известно, что по способу вывода основных разрешающих уравнений МКЭ подразделяют на виды, основанные на применении разных методов, каждый из которых содержит ряд своих частных методов. Например, вариационный метод может использовать один из четырех функционалов (Лагранжа, Кастилиано, Ху-Ващицу, Хеллингера-Рейсснера). Эти функционалы определяют энергию: потенциальную (по Лагранжу) или дополнительную к ней (по Кастилиано), либо функционал формируют на основе обеих энергий (по Ху-Ващицу или Хеллингеру-Рейсснеру). Аналогичное замечание по МКЭ основанному на методе невязок, что в основе? Метод Галеркина или метод другой? Без этой информации неясно, какой метод механики деформируемого твердого тела лежит в основе применяемого МКЭ, и к какому методу должен сходиться численный расчет. 3. Отметим неудачное графическое представление результатов численного расчета. По этому поводу укажем: - невозможность определения размеров зон пластических деформаций, показанных на рис. 6. На рис. 4 этот параметр подписан, а на рис. 6 нет. По рис. 4 определить размеры зон можно, а по рис. 6 нельзя. Отсюда не ясны количественные преимущества, которые дает применение той или иной технологии. - на рис. 13 приведены иллюстрации максимальных и минимальных главных напряжений  $\sigma_1$  и  $\sigma_3$ . Это полезная информация, но лишь в том случае, если приводятся появления по критерию прочности или условию пластичности,

положенному в основу расчета. Если критерий или пластичности записать в главных осях, то по величине главных напряжений можно рассчитать эквивалентное напряжение. Для этого нужно знать какой критерий в основе расчета, а этой информации мы не увидели. Так же нет пояснения почему на рис. 13 нет иллюстрации промежуточного главного напряжения  $\sigma_2$ . Это может быть обусловлено, как применяемым критерием прочности, так и типом решаемой задачи. То есть, почему нет  $\sigma_2$ ? 4. Судя по отсутствию на рис. 13 иллюстрации промежуточного главного напряжения  $\sigma_2$ , а так же параметрам прочности, указанными автором на стр. 13, в виде предела прочности на сжатие  $R_c = 15$  МПа, сцепления  $c=0,2$  МПа и угла внутреннего трения  $\varphi = 27^\circ$  можно догадаться, что в качестве критерия прочности и условия пластичности приняты гипотезы Мора (параметры пределы прочности на сжатие и растяжение) и Мора-Кулона (параметры сцепление и угол внутреннего трения). Тогда между этими параметрами должна существовать однозначная связь, определяемая классическими тождествами:  $R_c = \frac{2 \cdot c \cdot \cos \varphi}{1 - \sin \varphi} = 2 \cdot c \cdot \sqrt{\frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}} = 2 \cdot c \cdot \operatorname{tg} \left( 45 + \frac{\varphi}{2} \right)$ . Выполнив подстановку в эти тождества сцепления и угла внутреннего трения, получим:  $R_c = \frac{2 \cdot 0,2 \cdot \cos 27}{1 - \sin 27} \approx 0,65$  МПа,  $R_c = 2 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{\frac{1 + \sin 27}{1 - \sin 27}} = 0,65$  МПа,  $R_c = 2 \cdot 0,2 \cdot \operatorname{tg} \left( 45 + \frac{27}{2} \right) \approx 0,65$  МПа. Таким образом, мы получили, что принятая автором прочность на сжатие  $R_c = 15$  МПа много больше, полученной нами по классическим формулам 0,65 МПа. Это значит, что критерии Мора и Мора-Кулона не применимы. Тогда вопрос, а какой другой критерий, не содержащий промежуточное главное напряжение, положен в основу расчета? Информация по этому поводу в автореферате отсутствует.

5. Отзыв кандидата технических наук, профессора кафедры «Инженерная геология, основания и фундаменты» ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)» Молчанова Виктора Сергеевича и кандидата технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Инженерная геология, основания и фундаменты» Линовского Станислава Викторовича ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)» (г.

Новосибирск). Отзыв положительный, в качестве вопросов и замечаний отмечено:

1. В работе не рассмотрен один из критериев возникновения риска значительных осадок земной поверхности величина глубины заложения выработки, соизмеримая с ее пролетом, когда обычно используется гипотеза проф. Протоdjяконова о сводообразовании, при применении которой над шельгой свода выработки должно размещаться не менее двух сводов обрушения.

6. Отзыв кандидата технических наук, профессора, профессора кафедры «Автомобильных дорог, мостов и тоннелей» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Быстрова Владимира Аполинарjевича, кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Автомобильных дорог, мостов и тоннелей» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Клековкиной Марии Петровны (г. Санкт-Петербург). Отзыв положительный, в качестве вопросов и замечаний отмечено: 1. Какая геомеханическая модель грунтового массива использовалась при расчетах методом конечных элементов в программных комплексах «FLAC» и «MIDAS GTS NX»? 2. Чем обоснованы размеры модели грунтового массива при численном моделировании? 3 Рассматривалась только однородная грунтовая среда по длине сооружения или проводился анализ НДС при наличии структурных нарушений скального массива, серьезно снижающих его физико-механические характеристики.

7. Отзыв доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Транспортное строительство» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» Овчинникова Игоря Георгиевича (г. Саратов). Отзыв положительный, в качестве вопросов и замечаний отмечено: 1. Цель проведенных исследований заключается в повышении эффективности и безопасности выполнения проходческих работ при раскрытии выработок большого пролета, но из текста автореферата не ясно, какие критерии принимает автор для оценки эффективности. 2. Величина коэффициента Пуассона принята в расчетах равным 0,35. Не слишком ли большое значение для песчаника? 3. Технология раскрытия выработки несколькими опережающими



забоями, приведенная в диссертационной работе, чем отличается от разработанных ранее, например НАТМ?

8. Отзыв доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Механики материалов» ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» Саммаля Андрея Сергеевича и доктора технических наук, доцента, доцента кафедры «Механики материалов» ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» Деева Петра Вячеславовича (г. Тула). Отзыв положительный, в качестве вопросов и замечаний отмечено: Методику и алгоритм прогнозирования напряженно-деформированного состояния временной крепи (первичной обделки) следовало бы отнести к практическим результатам диссертационного исследования, а не к научным положениям.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован соответствием профиля научных работ направлению научных исследований в диссертационной работе автора, их широкой известностью своими достижениями в данной отрасли науки, профессиональной компетентностью, способностью определить научную и практическую значимость диссертации, а также соответствием п. 22 и п. 24 «Положения о присуждении ученых степеней».

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработана** новая методика, позволившая выявить качественные закономерности исследуемого явления – формирования напряженно-деформированного состояния системы «крепь – грунтовый массив» при раскрытии выработок большого сечения в малопрочном скальном массиве с учетом технологических особенностей проходческих работ, влияющих на распределение усилий в крепи, деформации грунтового массива и осадки земной поверхности;

**предложен** нетрадиционный подход к анализу устойчивости выработки с учетом взаимовлияния нескольких смежных опережающих забоев, расположенных в одном проектном сечении стационарного тоннеля, степени

влияния длины уступов при проходке пилот-тоннелей и при разработке ядра сечения, а также последовательности разрушения внутренних диафрагм;

**доказана** перспективность использования в практике проектирования тоннелей большого пролета новых идей прогноза НДС системы «крепь – грунтовый массив» и разработанных рекомендаций по конструктивно-технологическим параметрам проходческих работ при оценке устойчивости выработки. Выявлена зависимость осадок земной поверхности от схемы раскрытия выработки и длины уступа, принятой при разработке ядра сечения;

**введена** измененная трактовка понятия «крепь».

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**доказаны** положения по снижению деформаций и напряжений в элементах крепи, сокращению границ области пластических деформаций грунтового массива вблизи выработки, по обеспечению устойчивости ядра сечения при способе боковых пилот-тоннелей, а также по уменьшению осадок земной поверхности в зависимости от схемы поэтапного раскрытия выработки несколькими опережающими забоями; указанные положения и метод решения задачи расширили знания в области обеспечения устойчивости выработок, заложенных в малопрочных скальных грунтах на глубине, соизмеримой с пролетом выработки, что расширяет границы применимости полученных результатов для широкого диапазона заданных физико-механических характеристик малопрочных скальных грунтов;

**использован** комплекс существующих базовых методов исследования, в том числе: комплексный подход, 2D- и 3D-численное моделирование, отдельные элементы вероятностно-статистического метода системного анализа. Построение численных моделей основывалось на основных положениях механики грунтов, механики подземных сооружений, инженерной геологии;

**изложены** основные положения построения численных моделей с максимальным приближением к реальным условиям деформирования скального массива и первичной крепи, с учетом технологического процесса на каждой стадии продвижения опережающих забоев при различных схемах раскрытия

выработок до проектного профиля. Верификация выполнена путем сопоставления результатов численного моделирования (деформации крепи/первичной обделки и осадки земной поверхности) с данными, полученными ранее по рассматриваемой тематике;

**раскрыто** несоответствие результатов 2D- и 3D-численного моделирования при решении класса задач, аналогичных рассмотренным в диссертации. Так, смещения шельги свода выработки, полностью раскрытой до проектного очертания, определенные по результатам решения плоской задачи, на 55 % больше, чем полученные при решении задачи в объемной постановке, а осадки поверхности земли, соответственно, больше на 40 %;

**изучены** факторы, влияющие на формирование напряженно-деформированного состояния массива и крепи на всех этапах выполнения проходческих работ на основе результатов 3D-численного моделирования; установлены причинно-следственные связи, определяющие степень этого влияния в малопрочном скальном массиве на устойчивость выработки большого пролета, раскрытой до проектного сечения методом боковых пилот-тоннелей;

**проведена модернизация** существующих алгоритмов прогноза геомеханических процессов при сооружении транспортных тоннелей большого сечения и односводчатых станций метрополитена в малопрочных скальных грунтах, обеспечивающих получение новых результатов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

**разработана и внедрена** новая методика прогноза напряженно-деформированного состояния системы «крепь/первичная обделка – грунтовый массив» при поэтапной технологии раскрытия выработок большого пролета в малопрочных скальных грунтах, позволяющая за счет достоверного прогноза устойчивости выработки до возведения постоянной/вторичной обделки повысить эффективность и безопасность выполнения проходческих работ; результаты исследований внедрены при строительстве станции «Северный вокзал» кольцевой линии в г. Чунцин (КНР): - были учтены рекомендации по усилению конструкции

крепи выработки и закреплению лба забоя каждой опережающей выработки на торцевом участке станционного тоннеля. Некоторые результаты исследования использованы при выполнении дипломных работ и в учебном процессе, в частности, в рамках дисциплин «Тоннели, сооружаемые горным способом» и «Метрополитены»;

**определены** пределы и перспективы практического использования поэтапного раскрытия большепролетной выработки методом боковых пилот-тоннелей при заложении односводчатых станций метрополитена в малопрочных скальных грунтах на глубине соизмеримой с пролетом выработки;

**созданы** практические рекомендации: по закреплению забоя и усилению конструкции первичной обделки на торцевом участке станции; по назначению длины уступа при разработке центрального ядра; по снижению технологического риска, связанного с обрушением грунта при разработке калотты ядра сечения с разрушением железобетонных диафрагм;

**представлены** предложения по дальнейшему совершенствованию методики прогноза НДС системы «крепь/первичная обделка – грунтовый массив» с использованием технологии информационного моделирования BIM.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**для экспериментальных работ** показана воспроизводимость результатов исследования по прогнозу напряженно-деформированного состояния системы «крепь/первичная обделка – грунтовый массив» при поэтапной технологии раскрытия выработок большого пролета в малопрочных скальных грунтах,

**теория** построена на известных, проверяемых данных, которые согласуются с опубликованными данными экспериментальных исследований по прогнозу, выполненному при строительстве станции «Северный вокзал» кольцевой линии в г. Чунцин (КНР);

**идея базируется** на анализе практики и обобщении передового опыта проектирования и строительства транспортных тоннелей большого пролета и односводчатых станций метрополитена;

**использованы** сравнение авторских данных и результатов мониторинга, проводимого в рамках научного сопровождения при сооружении большепролетных выработок в малопрочных скальных грунтах;

**установлено** удовлетворительное качественное совпадение результатов исследований автора с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике; достоверность и обоснованность научных результатов подтверждается удовлетворительной сходимостью (10-18%) результатов численного моделирования (деформации крепи/первичной обделки и осадки земной поверхности) с данными геотехнического мониторинга, полученными при строительстве односводчатой станции метрополитена в г. Чунцин (КНР) и автодорожного тоннеля Longtoushan в малопрочных скальных массивах.

**использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации, численное моделирование, известные методы обработки данных - анализ, синтез, сравнение результатов практических и теоретических исследований.

**Личный вклад соискателя состоит** в участии на всех этапах процесса научного исследования, непосредственном участии в получении исходных данных, в численных исследованиях; в разработке концепции системного подхода к проведению исследований; в выполненных лично автором построениях численных моделей для различных вариантов технологических схем выполнения проходческих работ; в выполненных лично автором анализе интерпретации результатов вычислительных экспериментов; в разработанных лично автором методики и алгоритма прогноза напряженно-деформированного состояния системы «крепь – грунтовый массив» и проведенной верификации результатов исследований; в подготовке основных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было. Соискатель Шэнь Цяофэн ответила на заданные ей в ходе заседания вопросы.

На заседании 24.11.2021 г. диссертационный совет принял решение за решение научной задачи прогноза напряженно-деформированного состояния грунтового массива и временной крепи при поэтапном раскрытии опережающими забоями большепролетных выработок в скальных массивах низкой прочности, имеющей значение в области проектирования и строительства транспортных тоннелей присудить Шэнь Цяофэн учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 17 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 17, против - нет.

Председатель  
диссертационного совета 99.2.054.02  
д-р техн. наук, профессор



 Исаков Александр Леонидович

Ученый секретарь  
диссертационного совета 99.2.054.02  
д-р техн. наук, доцент



Ланис Алексей Леонидович

«24» ноября 2021 г.