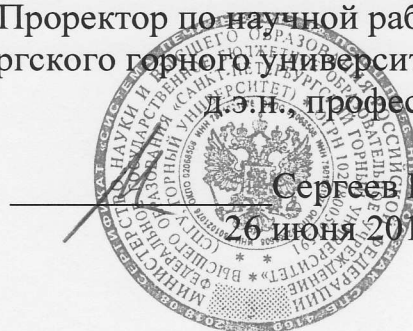


УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
Санкт-Петербургского горного университета

д.э.н., профессор

Сергеев И.Б.
26 июня 2019 г.



ОТЗЫВ ведущей организации на диссертацию

Вакуленко Ивана Сергеевича «Обоснование параметров технологии
искусственного замораживания горных пород при проходке тоннелей в
водоносных породах»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности
25.00.22 «Геотехнология (открытая, подземная и строительная)»

На отзыв предоставлена диссертационная работа «Обоснование параметров технологии искусственного замораживания горных пород при проходке тоннелей в водоносных породах», содержащая 122 страницы машинописного текста, включая 59 рисунков, 14 таблиц, 4 приложения. Также представлен автореферат диссертации (26 страниц). Список литературы содержит 81 наименование.

1. Актуальность темы исследования.

На сегодняшний день способ замораживания горных пород применяют, в частности, для защиты от водопритока объектов неглубокого заложения, в том числе автодорожных и метро тоннелей. Как показывает опыт, в случае плотной городской застройки или из-за особенностей рельефа схема с помощью замораживающих колонок с поверхности земли затруднена. В связи с этим возникает необходимость в горизонтальном замораживании для формирования ледопородного ограждения (ЛПО) вокруг тоннеля, которое выполняет функцию временной крепи на время проходки тоннеля и возведения постоянной крепи.

С учетом развития городской среды, сокращения свободных площадей и сложностью реализации работ по замораживанию горных пород с земной поверхности, замораживание горизонтальными колонками является перспективным методом специального строительства. Несмотря на имеющийся накопленный опыт и перспективы использования способа

искусственного замораживания для проходки горизонтальных выработок данная схема не получила большого распространения из-за ряда факторов, ограничивающих её применимость. В частности, в современной практике проектирования горизонтального замораживания не учитывается влияние теплопритока от земной поверхности на закономерность формирования ЛПО. В работах по исследованию горизонтального замораживания горных пород при строительстве тоннелей отсутствует методика по определению устойчивости таких ЛПО в зависимости от заданной толщины, не рассмотрено влияние свойства самопроизвольного увеличения толщины ЛПО на закономерность его формирования.

Все вышеизложенное обуславливает актуальность исследований, представленных в диссертации, направленных на обоснование параметров технологии искусственного замораживания горных пород горизонтально направленными замораживающими колонками при проходке тоннелей.

2. Научная новизна работы.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

- определена минимальная глубина заложения тоннеля, при которой теплоприток от земной поверхности не влияет на равномерность формирования ЛПО вокруг выработки;
- установлено свойство самопроизвольного увеличения размеров ЛПО после завершения активной фазы замораживания, позволяющее прогнозировать и обеспечивать достижение его проектных параметров;
- разработана методика математического моделирования напряжённо-деформированного состояния породного массива, вмещающего тоннель, а также методика исследования реологических свойств мёрзлых пород в условиях объёмного напряжённого состояния;
- установлены закономерности совместного деформирования системы «крепь–ЛПО» и предложена их математическая интерпретация, обеспечивающая разработку прогноза смещения крепи и ЛПО в конкретных температурных условиях.

3. Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.

Обоснованность и достоверность полученных результатов подтверждаются корректной постановкой задачи исследований, анализом и обобщением теоретических и экспериментальных данных. Кроме того, достаточным и представительным объемом проведенных исследований, опробованными методами математического моделирования напряженно-деформированного состояния породного массива и использованием сертифицированного оборудования, положительными результатами внедрения научных разработок и принятых на их основе технических решений как в России (ООО «Газпром геотехнологии»), так и за рубежом

(тоннель «Бергосен» в Норвегии). По теме диссертации опубликовано 6 научных работ, в том числе 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК России.

4. Научные результаты и практическая ценность работы.

В работе установлено, что для определения времени замораживания при создании горизонтальных ледопородных ограждений проектных размеров наиболее близкие результаты даёт балансовый метод расчета, что подтверждается отечественной и зарубежной практикой строительства тоннелей.

Определено влияние теплопритока от земной поверхности на процесс формирования ледопородного ограждения (ЛПО) при строительстве тоннельных выработок с применением горизонтальных замораживающих колонок. Доказано, что теплоприток от поверхности земли не влияет на неравномерность формирования толщины ЛПО при выполнении неравенства $H/D \geq (1,5 - 2) \cdot \lambda$.

Установлены закономерности формирования толщины ледопородного ограждения (ЛПО) во времени. Показано, что толщина ЛПО может самопроизвольно увеличиваться после прекращения подачи холодоносителя в замораживающие колонки. Такие закономерности наблюдаются при большой толщине ЛПО (более трёх метров) независимо от температуры замораживания или при низких температурах замораживания (менее минус 40 °С) независимо от толщины ЛПО.

Представлены закономерности напряжённо-деформированного состояния системы «крепь-ледопородное ограждение» для массива крепких дезинтегрированных пород. Сущность закономерностей заключается в том, что при сочетании в единой деформируемой системе таких разнородных по реологическим свойствам материалов как замороженная порода (ЛПО) и бетон (крепь) критерии устойчивости системы, а, следовательно, и параметры ЛПО определяются из условий деформационной способности крепи в конкретных температурных условиях и уровня напряжённо-деформированного состояния массива пород. Наибольшее влияние на устойчивость крепи тоннеля оказывает значение модуля Юнга. Уменьшение данного параметра на 20% приводит к увеличению смещения крепи в 1,5 раза.

Рекомендации по технологии искусственного замораживания горных пород при проходке тоннелей в водоносных породах» приняты к использованию ООО «Газпром геотехнологии» для определения реологических свойств мерзлых пород по разработанной автором методике при проектировании подземных резервуаров на полуострове Ямал.

Рекомендации по технологии горизонтального замораживания водоносных пород в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий строительства приняты к использованию

Норвежским университетом естественных и технических наук «NTNU» для проекта строительства тоннеля «Бергосен», Норвегия.

Материалы диссертации могут быть использованы в учебном процессе высших учебных заведений при изучении студентами дисциплин, связанных с проектированием, строительством и эксплуатацией метрополитена и транспортных тоннелей в сложных гидрогеологических условиях.

5. Замечания по работе.

В работе для численного моделирования ледопородного ограждения использована упруго-пластическая модель Кулона-Мора, которая не полностью отражает поведение замороженного грунта.

Из диссертации при численном моделировании не совсем понятно выделялись ли отдельные этапы формирования ЛПО, как моделировался процесс изменения физико-механических свойств горных пород при их замораживании?

Приведенные замечания не снижают значимости диссертационной работы.

6. Специальность, которой соответствует диссертация.

Диссертация Вакуленко Ивана Сергеевича «Обоснование параметров технологии искусственного замораживания горных пород при проходке тоннелей в водоносных породах», соответствует специальности 25.00.22 «Геотехнология (открытая, подземная и строительная)»

Заключение.

В целом, несмотря на отмеченные недостатки и замечания, которые не затрагивают существа работы, представленная диссертация Вакуленко И.С. выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Тема диссертации актуальна и связана с разработкой, теоретическим и экспериментальным обоснованием и практическим внедрением параметров технологии проходки тоннелей в искусственно замороженных породах, имеющих большое значение для реализации в различных отраслях производства.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли достаточную апробацию на научно-технических конференциях, в том числе с международным участием, и опубликованы в научных трудах соискателя.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Работа построена методически правильно.

Научные положения и выводы достаточно аргументированы и обоснованы.

Диссертационное исследование «Обоснование параметров технологии искусственного замораживания горных пород при проходке тоннелей в

водоносных породах» соответствует критериям, изложенным в п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г. и приложений 2, 3 Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, утвержденного Приказом Минобрнауки России №7 от 13.01.2014 г., а ее автор Вакуленко Иван Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.22 «Геотехнология (открытая, подземная и строительная)».

Диссертационная работа и отзыв рассмотрены и одобрены на заседании кафедры строительства горных предприятий и подземных сооружений федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», протокол № 14 от 26 июня 2019 года.

Заведующий кафедрой
строительства горных предприятий
и подземных сооружений,
д.т.н., профессор



Протосеня
Анатолий
Григорьевич

Профессор кафедры
строительства горных предприятий
и подземных сооружений,
д.т.н., доцент



Деменов
Петр
Алексеевич

Доцент кафедры
строительства горных предприятий
и подземных сооружений,
к.т.н., доцент



Шубин
Андрей
Анатольевич