

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Цюпа Дмитрия Александровича на тему **«Оценка надежности технологических решений при проектировании и строительстве объектов метрополитена с учетом влияния существующей инфраструктуры»**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук (специальность 2.8.7 – «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем») и состоявшейся в НИТУ МИСИС 17.06.2024 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 15.04.2024, протокол № 19.

Диссертация выполнена на кафедре «Строительство подземных сооружений и горных предприятий» НИТУ МИСИС.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Панкратенко Александр Никитович, заведующий кафедрой «Строительство подземных сооружений и горных предприятий» НИТУ МИСИС.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол № 19 от 15.04. 2024) в составе:

- доктор технических наук Мельник Владимир Васильевич, профессор, заведующий кафедрой «Геотехнологии освоения недр» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования национального исследовательского технологического университета «МИСИС» (НИТУ МИСИС) - (председатель комиссии);

- доктор технических наук Агафонов Валерий Владимирович, профессор, профессор кафедры «Геотехнологии освоения недр» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования национального исследовательского технологического университета «МИСИС» (НИТУ МИСИС);

- доктор технических наук Конюхов Дмитрий Сергеевич, доцент кафедры «Строительства подземных сооружений и горных предприятий» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования национального исследовательского технологического университета «МИСИС» (НИТУ МИСИС);

- доктор технических наук Абрамкин Николай Иванович, профессор, профессор кафедры «Техники и технологии горного и нефтегазового производства» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский Политех»;

- доктор технических наук Атрушкевич Виктор Аркадьевич, профессор, заведующий лабораторией «Геолого-структурное моделирование» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В.Мельникова Российской академии наук.

В качестве ведущей организации утверждено Федеральное государственное автономное образовательное учреждение «Тульский государственный университет» (ТулГУ), г.Тула.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований (соответствуют п.п. паспорта специальности 2.8.7 – «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем»):

- разработана комплексная методика оценки **надежности технологических решений при проектировании и строительстве объектов метрополитена с учетом влияния существующей инфраструктуры**, отличающаяся актуализированным наличием аппарата численного моделирования сопутствующих задач геомеханического плана при подземном строительстве тоннельных сооружений и возможностью их управления и регулирования;
- осуществлена экспериментальная оценка и внедрение программы с привлечением метода конечных элементов, который реализуется в пространственной постановке в рамках оптимизационной модели упрочняющего грунта Hardening Soil, на ее основе разработан механизм сравнения и выбора наиболее эффективных технологических проектных решений по обеспечению эксплуатационной сохранности и распределению более равномерной силовой нагрузки на обделку существующих тоннелей метро в условиях нового строительства;
- предложен и обоснован подход к достоверной и объективной системе оценки надежности проектных решений с учетом формирования расчетных схем деформационных процессов в литологических разностях вмещающего массива при проектировании и строительстве тоннельных сооружений в контурах нового строительства и существующей действующей подземной инфраструктуры с учетом их взаимовлияния. Данный подход формируется на базе взаимоувязанного корректного учёта сопутствующих физико-механических свойств литологических разностей вмещающего массива пород и конструкционных материалов, технологий последовательности возведения подземных сооружений и т.д.;
- осуществлено решение возникающих при этом геомеханических и геотехнических задач с учетом комплексной трансформации и оптимизации составляющих результирующих целевых индикаторов оптимизационной модели упрочняющего грунта Hardening Soil, что дает возможность прогнозировать и идентифицировать образование в режиме разупрочнения проблемных участков и наметить выработку корректирующих технологических решений;
- осуществлено нивелирование существенных неточностей процедуры оценки и прогнозирования НДС с учетом определенных сложностей выделения наиболее значащих и влияющих горно-геологических и горнотехнических факторов при проектировании и строительстве объектов метрополитена. Данная процедура осуществляется с учетом закономерностей протекающих процессов НДС массива литологических разностей горных пород с правомерным и адекватным учётом всех составляющих и процессов их нелинейного упругого пластического деформирования, что является основополагающей составляющей процедуры обоснования численных расчётов устойчивости и эксплуатационной сохранности подземных сооружений в сложной среде функционирования и разработки дополнительных превентивных мер технологической направленности, минимизирующих риски строительства;
- с использованием оптимизационной модели получено распределение основных внутренних усилий в тоннельных сооружениях до и после завершения проходки перегонных тоннелей. По результатам внутренних усилий в обделке

существующих тоннелей рассчитаны коэффициенты запаса по прочности, также визуализированы дополнительные перемещения в тоннельных сооружениях после окончания строительства объектов Московского метрополитена. Выполнено обоснование и разработка эффективных технологических решений по сохранности и эксплуатационной надежности существующих тоннелей метро, попадающих в зону влияния нового строительства.

Теоретическая значимость исследования и их новизна:

- разработан новый методологический подход к оценке **надежности технологических решений при проектировании и строительстве объектов метрополитена с учетом влияния существующей инфраструктуры**, предусматривающий элементы развития процедуры формирования научной информации, в основе которой заложена возможность изменения, уточнения и адаптации сложившихся представлений о формировании НДС в различных горно-геологических и горнотехнических условиях и используемых при проектировании технологических схем строительства подземных сооружений, позволяющей с достаточной степенью объективности и надежности верифицировать используемые методы расчета систем крепления с оптимизацией их параметров и обеспечением приемлемого уровня промышленно-экологической безопасности;
- применительно к проблематике диссертации результативно (т.е. с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс апробированных методов, включающий натурные экспериментальные геомеханические и геофизические исследования грунтовых массивов, методы системной оценки, структурно-логического анализа, методы исследований с обработкой массивов статистических данных, отдельные методические и методологические составляющие механики твердых тел, теории прогнозирования и деформирования упругих пластических пористых сред, оптимизационные методы параметров и т.д. Основой методологического и алгоритмического обеспечения проведения исследований являются принципы и концептуальные составляющие метода конечных элементов, который реализуется в пространственной постановке в рамках оптимизационной модели упрочняющего грунта Hardening Soil;
- разработан алгоритм оценки **надежности технологических решений при проектировании и строительстве объектов метрополитена с учетом влияния существующей инфраструктуры**, в отличие от известных ранее, позволяющий производить целенаправленный выбор необходимых управляющих воздействий по сохранению эксплуатационной устойчивости подземных сооружений и конструкций;
- определены и разработаны основные составляющие научно-методического обоснования технологических решений в области сохранности и эксплуатационной надежности существующих тоннелей метро, попадающих в зону влияния нового строительства (методика, алгоритм, итерации, продукционные правила, система ограничений и граничных условий, программный комплекс), отличающиеся актуализированным наличием аппарата численного моделирования сопутствующих задач геомеханического плана при подземном строительстве тоннельных сооружений и возможностью их управления и регулирования, позволившие установить новые

закономерности взаимодействия системы «новые сооружения и конструкции – существующие сооружения и конструкции – дезинтегрированный породный массив»;

- предложены оценочные критерии выбора технических и технологических решений по сохранению эксплуатационной устойчивости подземных сооружений в зависимости от их коэффициентов запаса прочности и дополнительных перемещений в тоннельных сооружениях;

- разработаны конструктивные технологические решения на базе сооружения разгружающих рам с визуальным представлением изополей горизонтальных и вертикальных перемещений в обделке тоннелей на момент начала и окончания строительства объектов метрополитена с рекомендациями по подбору профилей сборных металлических элементов.

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

- на основе комплекса теоретических и экспериментальных исследований разработана и внедрена авторская методика оценки надежности технологических решений при проектировании и строительстве объектов метрополитена с учетом существующей инфраструктуры, а также предложены критериальные показатели оценки;

- разработаны и обоснованы практические рекомендации применительно к объектам Московского метрополитена в области оценки влияния строительства станции «Косино» и проходки тоннелей Кожуховской линии на существующие тоннели Таганско-Краснопресненской линии и технологические решения по сохранности и эксплуатационной надежности существующих тоннелей метро, попадающих в зону влияния нового строительства;

- определенная степень практической ценности присутствует при реализации НИР в заявленной проблематичной области и использовании в учебном процессе высших учебных заведений горного профиля при изучении профильных дисциплин, которые формируют необходимые знания и компетенции в области проектирования и строительства подземных объектов различного функционального назначения;

- разработанная методика и рекомендации могут быть использованы при научно-техническом сопровождении, технико-экономическом обосновании, разработке проектной и рабочей документации на проектирование и строительство объектов метрополитена на различных этапах их жизненного цикла, в том числе и реконструкции.

Достоверность и объективность результатов теоретического и практического плана в рамках проведенных автором исследований с элементами научной новизны предопределяется и находит подтверждение в области удовлетворительной степени сходимости и совпадения конечных результирующих данных математического моделирования по сравнению с экспериментальными опытными данными, корректного учёта физико-механических свойств литологических разностей вмещающего массива пород и конструктивного исполнения систем крепления, технологических процессов и операций строительства подземных сооружений и т.д., корректным использованием и правильной интерпретацией результирующих целевых индикаторов оптимизационной модели упрочняющего грунта *Hardening Soil*, внедрением разработанной методики и

технологических решений на ряде объектов Московского метрополитена с получением значимого экономического эффекта.

Личный вклад соискателя заключается в постановке задач исследования, в обосновании актуальности, формировании внутреннего наполнения основной идеи и цели, проведения исследований в рамках обозначенной проблематики, взаимоувязанного ряда частных задач, решение которых позволяет сформировать целостную систему последовательности проведения исследований, концепции, методологических и методических положений формирования расчетных схем деформационных процессов в литологических разностях вмещающего массива при проектировании и строительстве тоннельных сооружений, проведении ряда численных экспериментов в области механики сплошной среды, установлении сопутствующих закономерностей и верификации разработанных практических рекомендаций применительно к объектам Московского метрополитена в области сохранности и эксплуатационной надежности существующих тоннелей метро, попадающих в зону влияния нового строительства.

Соискатель представил 7 научных работ, включая 2 в изданиях из перечня, утвержденного ВАК Минобрнауки России, 2 – в системе цитирования SCOPUS и 2 – в системе цитирования Web of Science, 1 – в прочих изданиях. Пункт 2.6 Положения о порядке присуждения ученых степеней кандидата наук НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Цюпа Д.А. соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как в ней на основании выполненных автором исследований решена актуальная научная задача по совершенствованию научно-методического обеспечения оценки надежности **технологических решений при проектировании и строительстве объектов метрополитена с учетом влияния существующей инфраструктуры** и решением сопутствующих геотехнических и геомеханических ситуаций с выбором проектных технологических решений в области сохранности и эксплуатационной надежности существующих тоннелей метро, попадающих в контур нового строительства, позволяющих повысить качество проектных процедур, технико-экономические показатели и безопасность горнопроходческих работ.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Д.А. Цюпе ученой степени кандидата технических наук по специальности **2.8.7 – «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем»**.

Результаты голосования:

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве ____ человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала:

за 5, против нб, недействительных бюллетеней нб.

Председатель Экспертной комиссии



В.В. Мельник

17.06.2024