

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Парамонова Сергея Сергеевича на тему «Разработка метода построения цифровых карт перегонных тоннелей метрополитена для выявления визуальных дефектов с помощью нейронных сетей», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.3 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр» и состоявшейся в НИТУ МИСИС 17 апреля 2025 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС (10.02.2025, протокол № 26).

Диссертация выполнена на кафедре геологии и маркшейдерского дела в Горном институте НИТУ МИСИС.

Научный руководитель – Абрамян Георгий Оникович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры геологии и маркшейдерского дела НИТУ МИСИС.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (10.02.2025, протокол № 26) в составе:

1. Винников Владимир Александрович, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой физических процессов горного производства и геоконтроля НИТУ МИСИС - председатель комиссии;

2. Кириченко Юрий Васильевич, доктор технических наук, профессор кафедры геологии и маркшейдерского дела НИТУ МИСИС;

3. Кузьмин Юрий Олегович, доктор физико-математических наук, заместитель директора по вопросам прикладной геодинамики и мониторинга ответственных объектов, заведующий лабораторией современной и прикладной геодинамики федерального государственного бюджетного учреждения науки институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта Российской академии наук;

4. Атрушкевич Виктор Аркадьевич, доктор технических наук, заведующий лабораторией геолого-структурного моделирования федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук;

5. Куликова Елена Юрьевна, доктор технических наук, заведующая кафедрой экологической и промышленной безопасности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА - Российский технологический университет».

В качестве ведущей организации утверждено федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет геосистем и технологий», г. Новосибирск, отметившее в своём положительном отзыве актуальность, научную новизну и практическую значимость работы.

Экспертная комиссия отмечает, что в диссертации (соответствует пп. 3, 6 и 9 паспорта специальности 2.8.3 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр») на основании выполненных соискателем исследований:

1. Обоснован выбор инструментария для сбора пространственных данных обделки перегонного тоннеля и разработано техническое средство, позволяющие выполнять работы на действующих линиях метрополитена в период «технологического окна» в автоматизированном режиме;
2. Предложен метод формирования цифровой модели тоннеля и цифровой карты тоннеля на основе собранных пространственных данных обделки перегонных тоннелей метрополитена и проведена его апробация в перегонном тоннеле длиной 2.6 км с криволинейными участками различного радиуса поворота, выполненная за время, не превышающее периода ночного «технологического» окна;
3. Сформирована база данных для идентификации визуальных дефектов на цифровой карте тоннеля. Проведенная верификация распознанных с помощью созданной базы данных на тестовом участке визуальных дефектов показала удовлетворительные результаты;
4. Обосновано разбиение зоны построения ЦКТ (цифровой карты тоннеля) на секции с определением их длин в зависимости от радиуса поворота криволинейных участков перегонного тоннеля;
5. Результаты исследований были внедрены и успешно апробированы в ООО «Инжтоннельгеодезия».

**Теоретическая значимость и новизна исследования** применительно к тематике диссертационного исследования (т. е. с получением обладающих новизной результатов) заключается в:

- разработке алгоритма технологии сбора пространственных данных тубинговой обделки перегонного тоннеля метрополитена, позволяющего повысить производительность выполняемых работ по визуальному контролю;
- определении оптимального количества опорных знаков и схемы их пространственного размещения в перегонном тоннеле с различными геометрическими характеристиками, обеспечивающего обработку

пространственных данных для построения цифровой модели тоннеля с требуемой степенью точности;

- установлении оптимальных параметров разбиения длины перегонного тоннеля на зоны, позволяющие с требуемой точностью выполнять построение цифровой модели тоннеля и цифровой карты тоннеля;
- разработке инструментария анализа цифровой карты тоннеля с использованием нейронных сетей и методов компьютерного зрения, позволяющего выполнять оперативный поиск, распознавание и фиксацию визуальных дефектов.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики:**

- разработано и создано автоматизированное техническое средство получения панорамных цифровых фото- и видеоматериалов съемки поверхности обделки тубинговых тоннелей в период ночного «технологического окна» с необходимой достоверностью, полнотой и точностью;
- создан надежный алгоритм обнаружения дефектов тубинговой обделки перегонных тоннелей метрополитена по полученным панорамным фото- и видеоматериалам с использованием свёрточных нейронных сетей и методов компьютерного зрения;
- результаты работы нашли применение в ООО «Инжтоннельгеодезия» и могут быть рекомендованы для практического применения при визуальном обследовании тоннелей метрополитена ГУП «Московский метрополитен», АО «Мосинжпроект» и другим организациям, осуществляющим контроль и эксплуатацию подземных сооружений, а также учреждениям науки и образования (профильным институтам РАН и университетам, осуществляющим подготовку горных инженеров).

**Достоверность результатов исследований** подтверждается использованием различных общепризнанных методов исследования в области распознавания пространственных объектов; применением современных программных комплексов для обработки пространственных данных и построения цифровой модели и цифровой карты тоннеля; удовлетворительными результатами полученных цифровых материалов, обеспечивающими полные и достоверные характеристики визуальных дефектов внутренней поверхности обделки перегонного тоннеля.

**Личный вклад соискателя** состоит в постановке цели и задач диссертационного исследования; формулировании основных научных положений; проведении анализа научно-технической литературы; разработке метода формирования цифровой модели тоннеля и цифровой карты тоннеля и

технического средства сбора пространственных данных обделки перегонных тоннелей метрополитена с его апробацией в перегонном тоннеле длиной 2.6 км с криволинейными участками различного радиуса поворота, выполненная за время, не превышающее периода ночного «технологического» окна.

Соискатель представил 3 научные работы, опубликованные в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

Пункт 2.6 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСИС» соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Парамонова Сергея Сергеевича соответствует критериям раздела 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСИС», так как в ней на основании выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований решена актуальная научная задача разработки метода построения цифровых карт перегонных тоннелей метрополитена и их анализа свёрточными нейронными сетями для выявления визуальных дефектов на поверхности тубинговой обделки, имеющая важное значение для обеспечения надежности и безопасности эксплуатации подземных транспортных сооружений.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Парамонову Сергею Сергеевичу ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.3 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр».

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовало: за 5 человек, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии

 В.А. Винников

17.04.2025