

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации **Левина Александра Александровича** на тему: «Разработка робототехнического комплекса для интраоперационной 3D-биопечати эквивалентов мягких тканей» представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, специальность 1.1.10. «Биомеханика и биоинженерия» и состоявшейся в НИТУ МИСИС 21.11.2025 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 15.09.2025, протокол № 32.

Диссертация выполнена в Научно-образовательной лаборатории тканевой инженерии и регенеративной медицины федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (НИТУ МИСИС).

Научный руководитель – Кудан Елизавета Валерьевна, д.б.н., заведующая научно-исследовательской лабораторией тканевой инженерии и регенеративной медицины НИТУ МИСИС.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол 15.09.2025, протокол № 32) в составе:

1. Штанский Дмитрий Владимирович, д.ф.-м.н., директор НИЦ «Неорганические наноматериалы» НИТУ МИСИС – председатель комиссии;
2. Ерофеев Александр Сергеевич, д.ф.-м.н., заведующий научно-исследовательской лабораторией биофизики НИТУ МИСИС;
3. Шереметьев Вадим Алексеевич, д.т.н., заведующий лабораторией сплавов с памятью формы НИТУ МИСИС;
4. Карягина-Жулина Анна Станиславовна, д.б.н., главный научный сотрудник Лаборатории биологически активных наноструктур федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии имени почетного академика Н. Ф. Гамалеи»;
5. Ефименко Анастасия Юрьевна, д.м.н., заведующий лабораторией репарации и регенерации тканей, Центр регенеративной медицины, Медицинский научно-образовательный институт, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова».

В качестве ведущей организации утверждено федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный

исследовательский университет «Московский институт электронной техники», которое в своем положительном отзыве подчеркнуло актуальность, научную новизну и практическую значимость представленной работы.

Экспертная комиссия отмечает, что диссертация соответствует паспорту специальности 1.1.10. «Биомеханика и биоинженерия» на основании выполненных соискателем исследований:

1. Разработан алгоритм сканирования, обеспечивающий в четыре раза большее количество корректно распознанных точек и получение точной 3D-модели раневой поверхности.

2. Создан алгоритм расчёта траектории шарнирного манипулятора с мехатронным дозатором, учитывающий кривизну дефекта и позволяющий выполнять биопечать на сложных поверхностях.

3. Разработан метод расчёта параметров печати с использованием компьютерного моделирования и учётом свойств коллагенового гидрогеля.

4. Экспериментально показано, что биопечать *in situ* с применением разработанного комплекса ускоряет регенерацию полнослойных дефектов кожи.

Практическая значимость и новизна исследования применительно к тематике диссертационного исследования заключается в:

1. Создании алгоритма расчёта траектории шарнирного манипулятора с мехатронным дозатором, позволяющего осуществлять биопечать на дефектах сложной формы с учётом индивидуальных анатомических особенностей пациента.

2. Разработке метода расчёта параметров печати на основе компьютерного моделирования, обеспечивающего точное нанесение гидрогеля на основе коллагена в соответствии с геометрией дефекта.

3. Создании лабораторных прототипов робототехнических комплексов для биопечати *in situ*, позволяющих наносить эквиваленты мягких тканей непосредственно в зоне дефекта.

4. Подтверждении эффективности разработанного робототехнического комплекса экспериментальными данными по ускорению регенерации полнослойных кожных дефектов.

Полученные при проведении исследований результаты приняты к внедрению в компании ЧУ «3Д Биопринтинг Солюшенс» (акт о применении результатов) и их защите лицензионным договором № ЛД-03.794-2024 от 24.06.2024 между ЧУ «3Д Биопринтинг Солюшенс» и НИТУ МИСИС на ноу-хау «Печатающее устройство с возможностью сканирования дефекта». Также было осуществлено внедрение полученных результатов в учебный процесс НИТУ МИСИС в рамках магистерской программы «Биомедицинская

инженерия и биофабрикация (ПИИ)» и программы дополнительного профессионального образования «Биофабрикация и методы анализа в тканевой инженерии».

Достоверность полученных результатов обеспечивается: достаточным количеством биологического материала; корректным использованием современных исследовательских методов зондовой микроскопии; общепринятой техникой эксперимента; большим количеством экспериментально полученных значений, повторно воспроизведенных на различных посевах каждой клеточной линии.

Личный вклад соискателя состоит в анализе научно-технической информации по теме исследования, разработке алгоритма сканирования и расчета траектории движения манипулятора, пробоподготовке образцов, обработке и анализе данных, описании результатов и выводов. Обсуждения и интерпретация полученных результатов проводились совместно с научным руководителем и соавторами публикаций. Основные положения, научная новизна, практическая значимость и выводы диссертационной работы сформулированы совместно с научным руководителем.

По материалам диссертации опубликовано 6 работ, в том числе статьи напечатанных в рецензируемых журналах, которые входят в список WoS или Scopus, и 5 тезисов опубликованных в сборниках докладов материалов конференций.

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

Диссертация Левина Александра Александровича соответствует критериям раздела 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете МИСИС, так как в ней, на основании выполненных автором исследований, есть решение актуальных научно-технических задач, направленных на создание заменителей органов и тканей, биомеханических приборов и устройств, а также искусственных органов с помощью технических средств.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Левина Александра Александровича ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.1.10. «Биомеханика и биоинженерия».

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



Д.В. Штанский

21.11.2025