

«УТВЕРЖДАЮ»
Руководитель ФГБУ «Национальный
медицинский исследовательский центр
трансплантологии и искусственных
органов им. ак. В.И.Шумакова»
Минздрава России,
академик РАН,
д.м.н., профессор Готье С.В.



«25» сентября 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Диссертация «Оптимизация систем вспомогательного кровообращения с применением компьютерной математической модели сердечно-сосудистой системы» выполнена в лаборатории биотехнических систем федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

В период подготовки диссертации соискатель Сырбу Арсений Иванович обучался в аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», а также работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный медицинский исследовательский центр трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Министерства здравоохранения Российской Федерации в лаборатории биотехнических систем в должности техника.

В 2018 году Сырбу Арсений Иванович окончил с отличием магистратуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)» по направлению подготовки 03.04.01 Прикладные математика и физика. С 2017 г. по 2019 г. работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный медицинский исследовательский центр трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Министерства здравоохранения Российской Федерации в лаборатории биотехнических систем в должности техника. С 2018 г. по 2022 г. обучался в очной аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия. С 2022 г. по настоящее время работает руководителем группы разработки в Департаменте по продукту и технологиям «Контент и товары» ООО «Озон Технологии». Для завершения диссертации был прикреплен в лабораторию биотехнических систем Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр трансплантологии и

искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов № 484 выдана 14.03.2025 года в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный медицинский исследовательский центр трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

В период обучения научным руководителем был доктор биологических наук Иткин Георгий Пинкусович – заведующий лабораторией биотехнических систем Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, профессор кафедры физики живых систем федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)».

В связи с кончиной доктора биологических наук Иткина Георгия Пинкусовича для завершения диссертации назначен научный руководитель: член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор Шевченко Алексей Олегович – заведующий Центром персонифицированных трансляционных технологий лечения критических состояний Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (протокол №8 от 22 декабря 2023 года).

Работа выполнена в рамках государственного задания Минздрава России на осуществление прикладных научных исследований и разработок по теме: «Разработка канальных центробежных насосов для кратковременной и длительной механической поддержки кровообращения» (2018–2021 гг.), «Разработка методов и средств повышения безопасности искусственного и вспомогательного кровообращения» (2021–2023 гг.), «Разработка имплантируемой системы вспомогательного кровообращения для длительной механической поддержки функции сердца на базе осевого насоса для пациентов с малыми антропометрическими показателями» (2024–2027 гг.).

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертационная работа Сырбу А.И. на тему «Оптимизация систем вспомогательного кровообращения с применением компьютерной математической модели сердечно-сосудистой системы» является самостоятельным законченным научно-квалификационным исследованием, в котором решена важная научно-практическая задача создания математической модели сердечно-сосудистой системы на основе регуляции сердечного выброса с учетом механизмов нейрогуморальной и барорецепторной регуляции путем включения дополнительных контуров обратной связи с различными передаточными функциями, позволяющая воспроизводить широкий диапазон функционирования сердечно-сосудистой системы в условиях нормы и патологии.

Основные результаты получены лично автором. Автор самостоятельно разработал и реализовал математическую модель, провел анализ и верификацию полученных результатов.

Достоверность и обоснованность полученных результатов обеспечена достаточным объёмом теоретических расчетов, экспериментальных исследований и применением современных технических, математических, лабораторных, инструментальных и статистических методов обработки данных.

Научная новизна: по результатам работы разработана математическая модель сердечно-сосудистой системы, учитывающая механизмы регуляции за счет введения дополнительных контуров обратной связи. Модель реализована в среде Matlab Simulink и дополнена блоками устройства вспомогательного кровообращения, включая описание эффекта разрежения и нового метода генерации пульсирующего потока. На ее основе выявлены закономерности изменения гемодинамических характеристик при различных параметрах насосов и уровнях нагрузки, а также впервые обоснованы оптимальные параметры устройств вспомогательного кровообращения и генератора пульсирующего потока с учетом физиологических ограничений.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения разработанной математической модели при исследовании влияния внешних воздействующих факторов на гемодинамические характеристики сердечно-сосудистой системы и обосновании оптимальных параметров системы вспомогательного кровообращения в различных условиях их применения. Кроме того, в результате выполнения исследования была сформулирована технологическая схема поиска оптимальных параметров, которую можно использовать для улучшения существующих и перспективных систем вспомогательного кровообращения, что позволит уменьшить количество побочных эффектов и увеличить выживаемость пациентов.

Ценность работы обусловлена тем, что данная модель может применяться при разработке более эффективных систем вспомогательного кровообращения, что повысит эффективность лечения пациентов с тяжелыми формами сердечной недостаточности при длительном использовании неппульсирующих насосов вспомогательного кровообращения.

Диссертация соответствует требованиям п.17 «Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный медицинский центр трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Министерства здравоохранения Российской Федерации», утвержденным приказом директора от 12.02.2021 №70/8, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук.

Диссертация соответствует требованиям п.20 «Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный медицинский центр трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Министерства здравоохранения Российской Федерации», утвержденным приказом директора от 12.02.2021 №70/8, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, и не содержит заимствованного материала без ссылки на авторов.

Диссертация соответствует специальности 3.1.14 – Трансплантология и искусственные органы.

Результаты исследования используются в лаборатории биотехнических систем федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, а также в учебном процессе на

кафедре трансплантологии и искусственных органов Института клинической медицины имени Н.В. Склифосовского Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

Основные результаты работы доложены и обсуждены на: III Российском национальном конгрессе с международным участием «Трансплантация и донорство органов» (Москва, Россия, 2017), IX Всероссийском съезде трансплантологов (Москва, Россия, 2018), IV Российском национальном конгрессе «Трансплантация и донорство органов» (Москва, Россия, 2019), ESAO Congress 2020 (European Society for Artificial Organs, online), V Российском национальном конгрессе с международным участием «Трансплантация и донорство органов» (Москва, Россия, 2021), V Российском национальном конгрессе с международным участием «Трансплантация и донорство органов» (Москва, Россия, 2021), VII Российском национальном конгрессе с международным участием «Трансплантация и донорство органов» (Москва, Россия, 2025).

Материалы исследования опубликованы в 12 научных работах, в том числе 6 статей в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий ФГБУ «НМИЦ ТИО им. ак. В.И. Шумакова» Минздрава России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук; 6 публикаций – в сборниках материалов научных конференций; получено 3 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

Основные статьи по теме диссертации, опубликованные в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий Центра, в изданиях, индексируемых в международных наукометрических базах данных (Web of Science, Scopus, PubMed, MathSciNet, zbMATH, Chemical Abstracts, Springer):

1. Иткин Г.П., **Сырбу А.И.** Математическое моделирование работы роторного насоса крови в пульсирующем и неппульсирующем режимах. Медицинская техника. 2018(3):30-32.

2. Иткин Г.П., Бучнев А.С., Кулешов А.П., **Сырбу А.И.** Оценка биоэнергетики сокращения миокарда в условиях механической поддержки кровообращения. Вестник трансплантологии и искусственных органов. 2019;21(1):71-76.

3. **Сырбу А.И.**, Иткин Г.П., Кулешов А.П., Гайдай Н.А. Математическая модель нейрогуморальной регуляции системы кровообращения. Медицинская техника. 2021(4):41-44.

4. Иткин Г.П., **Сырбу А.И.**, Кулешов А.П., Бучнев А.С., Дробышев А.А. Оценка эффективности новой системы генерации пульсирующего потока в роторных насосах вспомогательного кровообращения. Исследование на математической модели. Вестник трансплантологии и искусственных органов. 2021; 23(4):73-78.

5. Иткин Г.П., Бучнев А.С., Кулешов А.П., Дробышев А.А., **Сырбу А.И.** Гидродинамический стенд для исследования педиатрических систем вспомогательного кровообращения. Медицинская техника. 2022(1):5-8.

6. **Сырбу А.И.**, Иткин Г.П. Оптимизация параметров устройств вспомогательного кровообращения с применением компьютерной математической модели сердечно-сосудистой системы. Медицинская техника. 2022(2):23-27.

Тезисы:

1. Готье С.В., Шевченко А.О., **Сырбу А.И.**, Кулешов А.П., Бучнев А.С., Грудинин Н.В. Разработка и оптимизация систем вспомогательного кровообращения. Памяти профессора Г.П. Иткина. Вестник трансплантологии и искусственных органов. 2025;27(S):31.

СВИДЕТЕЛЬСТВО О РЕГИСТРАЦИИ БАЗЫ ДАННЫХ:

1. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. Модель взаимодействия сердечно-сосудистой системы с насосами вспомогательного кровообращения: Номер свидетельства: 2018615852. Номер заявки: 2018611077. Дата регистрации: 17.05.2018 / Г.П. Иткин, **А.И. Сырбу**.

2. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. Модель сердечно-сосудистой системы: Номер свидетельства: 2020617003. Номер заявки: 2020616148. Дата регистрации: 30.06.2020/ Г.П. Иткин, **А.И. Сырбу**.

3. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. Динамическая модель сердечно-сосудистой системы с оценкой уровня потребления и доставки кислорода: Номер свидетельства: 2020617004. Номер заявки: 2020616150. Дата регистрации: 30.06.2020 / Г.П. Иткин, **А.И. Сырбу**.

Диссертационная работа «Оптимизация систем вспомогательного кровообращения с применением компьютерной математической модели сердечно-сосудистой системы» Сырбу Арсения Ивановича рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата биологических наук по специальности 3.1.14 – Трансплантология и искусственные органы.

Заключение принято на заседании объединенной научной конференции клинических, экспериментальных отделений и лабораторий ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Минздрава России.

Результаты голосования: «за» - 12 человек, «против» - нет, «воздержалось» - нет, протокол № 12 от «22» сентября 2025 года.



О.П. Шевченко

главный научный сотрудник отдела
регуляторных механизмов в трансплантологии,
ученый секретарь
ФГБУ «НМИЦ ТИО им. ак. В.И. Шумакова»
Минздрава России
Доктор медицинских наук



Д.А. Великий