

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.045.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____.

решение диссертационного совета от 27.12.2017 г. № 35

о присуждении Гамилову Тимуру Мударисовичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Математическое моделирование кровотока при механических воздействиях на сосуды» по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите 24 октября 2017 г., протокол № 1, диссертационным советом Д 002.045.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики Российской академии наук (ИВМ РАН), по адресу 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 8, приказ о создании диссертационного совета № 1074-в от 11 июля 2003 г.

Соискатель Гамилов Тимур Мударисович, 1988 года рождения, в 2012 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)».

Соискатель в 2015 году окончил аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)». В настоящее время Гамилов Тимур Мударисович работает в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования

«Московский физико-технический институт (государственный университет)» в должности ассистента (кафедра информатики и вычислительной математики).

Диссертация выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)».

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, **Симаков Сергей Сергеевич**, доцент кафедры информатики и вычислительной математики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)».

Официальные оппоненты

Мухин Сергей Иванович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры вычислительных методов факультета вычислительной математики и кибернетики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова;

Панасенко Григорий Петрович, доктор физико-математических наук, профессор Университета Жан Моннэ (г. Сент-Этьен, Франция).

Официальные оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук (г. Новосибирск), в своем положительном заключении, подписанном **Чупахиным Александром Павловичем**, доктором физико-математических наук, руководителем семинара, заведующим лабораторией дифференциальных уравнений, и утвержденном директором Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук, доктором физико-математических наук **Головиным Сергеем Викторовичем**, указала, что работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения

ученых степеней» ВАК Минобразования России, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а её автор Гамилов Тимур Мударисович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 16 опубликованных работ по теме диссертации:

- [1] Симаков С.С., **Гамилов Т.М.**, Копылов Ф.Ю., Василевский Ю.В. Оценка гемодинамической значимости стеноза при множественном поражении коронарных сосудов с помощью математического моделирования // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. — 2016. — Т. 162, № 7. — С. 128–132. — ВАК № 32 на 19.06.17.
- [2] **Gamilov T.M.**, Kopylov P.Yu., Pryamonosov R.A., Simakov S.S. Virtual fractional flow reserve assessment in patient-specific coronary networks by 1D hemodynamic model // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. — 2015. — Vol. 30, no. 5. — Pp. 269–276. — ВАК № 222 на 19.06.17.
- [3] Vassilevski Y.V., Danilov A.A., **Gamilov T.M.** et al. Patient-specific anatomical models in human physiology // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. — 2015. — Vol. 30, no. 3. — Pp. 185–201. — ВАК № 222 на 19.06.17.
- [4] Simakov S., **Gamilov T.**, Soe Y.N. Computational study of blood flow in lower extremities under intense physical load // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. — 2013. — Vol. 28, no. 5. — Pp. 485–503. — ВАК № 222 на 19.06.17.
- [5] **Гамилов Т.М.**, Симаков С.С., Холодов А.С. Роль численного эксперимента в исследовании патологий сердечно-сосудистой системы // Трансляционная медицина. — 2013. — Т. 23, № 6. — С. 5–13. — ВАК № 1270 на 07.06.17. 118.

- [6] Vassilevski Y., **Gamilov T.**, Kopylov P. Personalized computation of fractional flow reserve in case of two consecutive stenoses // ECCOMAS Congress 2016 – Proceedings of the 7th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering. — 2016. — Vol. 1. — Pp. 90–97.
- [7] **Gamilov T.**, Pryamonosov R., Simakov S. Modeling of patient-specific cases of atherosclerosis in carotid arteries // ECCOMAS Congress 2016 – Proceedings of the 7th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering. — 2016. — Vol. 1. — Pp. 81–89.
- [8] **Gamilov T.**, Kopylov P., Simakov S. Computational simulations of fractional flow reserve variability // Lecture Notes in Computational Science and Engineering. — 2016. — Vol. 112. — Pp. 499–507.
- [9] Dobroserdova T.K., Vassilevski Y.V., **Gamilov T.M.** et al. The model of global blood circulation and applications // IFMBE Proceedings. — 2015. — Vol. 45. — Pp. 403–406.
- [10] **Gamilov T.**, Ivanov Y., Kopylov P. et al. Patient specific haemodynamic modeling after occlusion treatment in leg // Mathematical Modelling of Natural Phenomena. — 2014. — Vol. 9, no. 6. — Pp. 85–97.
- [11] Personalized Anatomical Meshing of the Human Body with Applications / Y.i Vassilevski, A. Danilov, **T. Gamilov** et al. // Modeling the Heart and the Circulatory System. — Springer International Publishing, 2015. — Pp. 221–236.
- [12] **Gamilov T.**, Simakov S., Pryamonosov R., Ivanov Y. Modelling of circulatory system including local patient-specific regions with the example of coronary vessels // Proceedings of 4th International Conference on Computational and Mathematical Biomedical Engineering. — 2014. — Pp. 54–57.
- [13] Simakov S.S., **Gamilov T.M.**, Petersen E.V., Dukh A.S. Coronary flow remodeling by Enhanced External Counterpulsation therapy: computational study // Proceedings Int. Conference "Instabilities and Control of Excitable 119 Networks. Focus on: Cardiac Bio-physics and General Aspects of Excitable Media". — 2014. — Vol. 2. — P. 44.

[14] Simakov S., Vassilevski Y., **Gamilov T.** et al. Computational multi-model framework for cardiovascular system simulation // Proceedings of the V International Symposium on Modelling of Physiological Blood Flows. — 2013. — Pp. 58–59.

[15] Kholodov A.S., Simakov S.S., **Gamilov T.M.**, Soe Y.N. Computational Model of Blood Flow Optimization in Lower Extremities During Intensive Exercise // Proceedings Int. Conference "Instabilities and Control of Excitable Networks: From Macro-to Nano-Systems". — 2012. — Pp. 77–82.

[16] **Гамилов Т.М.**, Симаков С.С. Моделирование кровотока при пассивной и активной стимуляции нижних конечностей // Труды 56-й научной конференции МФТИ с международным участием — 2013. — Т. 2. — С. 18–20,

в том числе 5 работ [1–5] опубликовано в рецензируемых научных изданиях из списка, рекомендованных ВАК; 10 работ присутствуют в международных базах цитирования Scopus и Web of Science [1–4, 6–11]. В работах [4, 8, 14, 15] автором предложена неявная дискретизация условий совместности первого и второго порядка с учетом правой части. Разработана модель ауторегуляции сосудов. Предложена модель мышечного насоса с учетом венозных клапанов. В работах [1–3, 6, 12] автором разработана модификация одномерной модели гемодинамики, позволяющая учитывать особенности коронарного кровотока. Предложена методика неинвазивной оценки фракционированного резерва кровотока (ФРК). В работах [9–11] автором обоснованы граничные условия и функциональные параметры для сосудистой сети левой ноги и выполнены гемодинамические расчеты, позволяющие предсказать изменение распределения скоростей кровотока при проведении операции по устранению стеноза бедренной артерии. В работе [16] автором предложена модель УНКП. В работе [7] разработанная модель используется автором для вычисления гемодинамических характеристик сосудистого русла шеи и головы до и после операции по устранению стеноза в сонной артерии.

На автореферат поступило 5 отзывов.

Положительный отзыв от **Кучумова Алексея Геннадьевича**, кандидата физико-математических наук, доцента кафедры теоретической механики и биомеханики ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ПНИПУ). В отзыве отмечается высокая практическая ценность предложенной в работе методики оценки оптимальной частоты работы мышечного насоса.

Положительный отзыв от **Мартыненко Сергея Ивановича**, доктора физико-математических наук, научного сотрудника отдела «Специальные авиационные двигатели и химмотология» ГНЦ ФГУП «Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова». В отзыве отмечается сравнение результатов расчетов с клиническими экспериментами и данными реальных пациентов.

Положительный отзыв от **Скрипаля Анатолия Владимировича**, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой медицинской физики ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Чернышевского». В отзыве указано на возможность использования результатов работы в качестве диагностического инструмента для врача.

Положительный отзыв от **Фую Лианга**, доктора наук, профессора, главного научного сотрудника международного совместного исследовательского центра SJTU-CU университета Джао Тонг г. Шанхая. В отзыве говорится о том, что применение предложенной методики оценки ФРК способно удешевить и сделать более доступной диагностику стенозов коронарных артерий.

Положительный отзыв от **Черевко Александра Александровича**, кандидата физико-математических наук, доцента кафедры высшей математики ФГБОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет». В отзыве отмечается, что предложенные методики основаны на общепринятых методах диагностики (УЗДГ, КТ) и

способны работать на маломощных ЭВМ.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тематикой исследований, проведенных в диссертации. **Мухин Сергей Иванович** является известным специалистом в области математического моделирования гемодинамики, а **Панасенко Григорий Петрович** – специалист в области течений в тонких трубках и графах. Тематика диссертации соответствует области экспертизы ведущей организации.

Диссертация посвящена актуальной задаче математического моделирования кровотока при механических воздействиях на сосуды. В частности, предложены модели мышечного насоса и коронарного кровотока. Проведены теоретическое исследование дискретизации граничных условий, предложены методики оценки параметров стенозов коронарных артерий. Разработанные методики реализованы в виде программных комплексов.

Теоретическая значимость работы состоит в предложенной модели кровотока, учитывающей воздействия мышечного насоса, тканей миокарда, манжет и ауторегуляцию сосудов. Разработаны алгоритмы расчета граничных условий, позволяющие повысить порядок точности. Сформулированы и доказаны леммы о порядке аппроксимации предложенных граничных условий.

Практическая значимость работы заключается в программной реализации методик: расчёта перераспределения скоростей кровотока после устранения стеноза бедренной артерии; вычисления оптимальной частоты работы мышечного насоса с точки зрения кровотока; неинвазивной оценки показателя ФРК, характеризующего степень серьезности стеноза коронарных артерий.

Достоверность полученных результатов обеспечивается обоснованными теоретическими методами, серией численных экспериментов и сравнением их результатов с клиническими экспериментами и данными реальных пациентов.

Личный вклад соискателя. Диссертационное исследование является самостоятельным законченным трудом соискателя. Основные результаты были получены соискателем лично.

На заседании **27 декабря 2017 г.** диссертационный совет принял решение присудить **Гамилову Тимуру Мударисовичу** ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 16, против 1, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета

академик РАН

Тыртышников Евгений Евгеньевич

Ученый секретарь диссертационного совета

доктор физ.–мат. наук

Бочаров Геннадий Алексеевич

27.12.2017 г.

