

**Отзыв научного руководителя  
на диссертационную работу Гамилова Тимура Мударисовича  
«Математическое моделирование кровотока при механических  
воздействиях на сосуды»,  
представленную на соискание учёной степени  
кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18  
«Математическое моделирование, численные методы и комплексы  
программ»**

В диссертации Т.М. Гамилова представлены результаты научной работы, которая выполнялась автором в 2012–2017 гг. в рамках нескольких научно-исследовательских проектов (РФФИ, РФФИ и др.). Данная работа была посвящена разработке модели кровотока, позволяющей учитывать механические воздействия различной природы на кровеносные сосуды и компьютерной реализации этой модели в рамках программного комплекса. Актуальность исследований в данном направлении обусловлена расширением возможностей современных методов диагностики сердечно-сосудистых заболеваний. Результаты работы и предложенные методики уже сейчас проходят апробацию в клинике как в России (МГМУ им. И.М.Сеченова), так и за рубежом (Шанхай, Университет Джао Тонг).

Моделирование кровотока является хорошо изученной областью с большим количеством подходов и приложений. Тем не менее, внедрение результатов в клиническую практику по-прежнему затруднено в связи с рядом препятствий. Среди этих препятствий следует выделить задачу о привязке данных пациента к параметрам модели, а также проблему расчёта кровотока в областях ветвления сосудов и построения методов расчета кровотока, устойчивых в широком диапазоне анатомических и физиологических параметров. Для решения этих проблем было необходимо построить модель одномерного кровотока с учётом механических воздействий на сосуды, предложить метод для численного решения и выработать методики оценки параметров кровотока с использованием данных пациентов. Диссертант полностью справился с поставленной перед ним задачей проведя полное исследование предложенной вычислительной модели. Им был выполнен анализ существующих работ и имеющихся физиологических данных, подбор и модификация численного метода расчета кровотока в областях ветвления сосудов, численная дискретизация математической модели и ее программная реализация, тестирование вычислительной модели и интерпретация полученных результатов. К наиболее существенным результатам следует отнести следующие:

1. Предложена математическая модель кровотока, позволяющая учитывать механические воздействия на сосуды.

2. Предложена математическая модель ауторегуляции сосудистого русла в зависимости от изменений среднего давления кровотока, модель коронарного кровообращения, модель мышечного насоса и усиленной наружной контрпульсации.

3. Предложены два типа дискретизации условий совместности уравнений одномерной гемодинамики, позволяющие повысить точность расчётов при использовании явных сеточных методов.

4. Разработана методика численной оценки гемодинамических показателей для конкретных пациентов после проведения сосудистых операций по устранению стенозов в бедренной артерии и коронарном русле.

5. Разработана методика оценки фракционированного резерва кровотока на основе индивидуальной анатомической структуры сосудов, построенной по КТ-снимкам пациента и стандартизованных данных истории болезни пациента.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, заключения и четырёх приложений. В работе последовательно и системно описываются предложенные подходы, приводятся алгоритмы построения численной схемы. Сравнение результатов численного моделирования с применением разработанных методик с данными лабораторных и клинических исследований является весьма удовлетворительным и показывает возможность массового использования в медицинской практике.

Диссертация является завершённым научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно и на высоком научном уровне. За время работы над диссертацией Т.М. Гамилов проявил упорство и целеустремленность. Диссертант, несомненно, обладает исследовательскими способностями, трудолюбием, нестандартностью мышления. Ко всем поставленным задачам он подошел с усердием. Не останавливаясь на одном найденном способе решения им выполнялся анализ и поиск других, возможно более эффективных методов. Полученные Т.М. Гамиловым результаты имеют существенное значение в области разработки и использования математических методов в физиологии и медицине.

Результаты работы достоверны и обладают новизной, а выводы достаточно обоснованы. Положения и выводы, сформулированные в диссертации, получили квалифицированную апробацию на международных и российских научных конференциях и семинарах. Достоверность также подтверждается публикациями результатов исследования в рецензируемых научных изданиях, в том числе, рекомендованных ВАК.

Считаю, что диссертационная работа отвечает требованиям ВАК, а ее автор Т.М. Гамилов заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Зам. зав. кафедрой информатики и  
вычислительной математики МФТИ,  
к.ф.-м.н., доцент

С.С. Симаков

Подпись С.С. Симакова удостоверяю  
Учёный секретарь МФТИ (ГУ)  
к.ф.-м.н.



Ю.И. Скалько

25 октября 2017 г.