

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу Легкого Алексея Андреевича «Вычислительная биомеханика сердца: сократительная активность миокарда и диастолическое состояние аортального клапана»,

представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Диссертационная работа Легкого Алексея Андреевича посвящена вопросам построения численных моделей и программных комплексов в задачах биомеханики сердца и включает представление новой программной платформы для проведения численных экспериментов с широким классом сопряжённых моделей электромеханики сердца, а также разработку персонализированной численной модели, оценивающей пригодность дизайна реконструированного аортального клапана для его применения в хирургической операции по замене аортального клапана. Помимо непосредственно указанных задач, в рамках работы автором были реализованы и общие программные комплексы для моделирования нелинейных деформаций объёмных тел и тонкостенных конструкций. Актуальность представленных задач исходит из реального клинического запроса на данные исследования: на сегодняшний день сердечно-сосудистые заболевания являются одной из ведущих причин смертности в мире. Современные сопряжённые модели электромеханики сердца учитывают разнородные и разномасштабные протекающие процессы, что делает такие модели чрезвычайно сложными. Представленная программная платформа облегчает процесс подготовки и исследования новых и существующих сопряжённых моделей сердца, что позволяет использовать их в изучении новых методов диагностики и терапии заболеваний сердца. Предложенная в работе модель аортального клапана использует данные о форме корня аорты пациента и включает расчёт диастолического состояния аортального клапана и оценку смыкания его створок в этом состоянии. В дальнейшем данная модель будет использована для персонализированной оптимизации дизайна створок

В первой главе диссертации последовательно описываются уравнения движения в рамках нелинейной теории упругости для объёмных и тонкостенных тел и излагаются используемые в данной работе методы для дискретизации данных уравнений. Вторая глава посвящена рассмотрению сопряжённых моделей электромеханики сердца. В этой главе представлена типичная структура для моделей сопряжённой электромеханики, и на её основе предложена полностью разделённая численная схема для дискретизации таких моделей, а также на примере одной из задач проведён численный анализ вычислительной эффективности данной схемы. В третьей главе решается задача об оценке функциональности реконструированного аортального клапана при его размещении в корне аорты конкретного пациента. Помимо формулировки самой численной модели в данной главе значительное внимание уделено вопросам персонализации: разработке алгоритмов виртуального размещения створок внутри полости аорты пациента и математическая формализация клинических понятий мер коаптации в случае реальных

конфигураций клапана. Также разработанные алгоритмы сделали доступным расчёт, в том числе, для крупных створок, что может быть важно в дальнейшей работе над оптимизацией дизайна створок. Четвёртая глава посвящена описанию реализованных программных комплексов с точки зрения их архитектуры и функциональных возможностей.

В ходе работы над диссертацией А. А. Легкий проявил себя как исследователь, способный самостоятельно ставить и решать различные задачи. Им было продемонстрировано умение самостоятельно искать и обрабатывать необходимую научную литературу, применять известные методы и подходы, а также критически оценивать и обосновывать новые результаты.

А. А. Легкий докладывал результаты работ на многих всероссийских и международных конференциях. По теме диссертации опубликованы 11 статей в рецензируемых профильных журналах, индексируемых в международных базах данных Scopus или Web of Science, из которых 7 статей были опубликованы в журналах первого и второго квартиля.

А. А. Легкий являлся исполнителем в ряде проектов, поддерживаемых Российским научным фондом, и внёс существенный вклад в их успешную реализацию.

Диссертационная работа выполнена на высоком уровне. Объём проделанной работы и её значимость позволяют заключить, что диссертационная работа Легкого Алексея Андреевича «Вычислительная биомеханика сердца: сократительная активность миокарда и диастолическое состояние аортального клапана» удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а её автор заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по этой специальности.

Научный руководитель,
старший научный сотрудник ИВМ РАН,
кандидат физико-математических наук
20.05.2025

Подпись А.А. Данилова удостоверяю
учёный секретарь ИВМ РАН,
доктор физико-математических наук
20.05.2025



А.А. Данилов

В.П. Шутяев