

**Отзыв официального оппонента**  
на диссертационную работу Правдина Сергея Федоровича  
"Математическое моделирование  
структуры и функции левого желудочка сердца",  
представленную на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук по специальности  
05.13.18 Математическое моделирование, численные методы  
и комплексы программ

**Актуальность.**

Бурное развитие вычислительной техники привело к появлению множества моделей сложных биофизических явлений, происходящих на различных уровнях организации живого: от молекулярного до биосферного. В частности, одной из актуальных задач на современном этапе является моделирование сердца человека в норме и при патологии. Эта задача актуальна не только для понимания механизмов работы сердца, но и для применения математических моделей при поиске оптимальных методов лечения болезней сердца у конкретных пациентов.

В настоящее время разработано множество моделей конкретных сердец различных лабораторных животных и человека, но такие модели не раскрывают природы строения миокарда, что приводит к необходимости поиска усредненных теоретических моделей сердца уровня биологического вида.

В связи с изложенным, тема диссертационной работы, посвященная построению и использованию моделей левого желудочка сердца, основанных на правилах, является актуальной и представляет определенный интерес для математической кардиологии.

**Диссертационная работа** выполнена в объеме 100 стр. машинописного текста, содержит введение, три главы, заключение, 2 таблицы, 43 рисунка. Библиография включает 133 наименования.

**Первая глава** диссертации посвящена построению математической модели осесимметричного левого желудочка сердца с помощью особого метода спиральных поверхностей и свёртки полукруга с хордами в такую поверхность. После описания общей модели автор строит две конкретные модели сердец собаки и человека и проводит сравнение хода волокон в них с экспериментальными данными

**Вторая глава** посвящена разработке и применению численных методов и комплексов программ для расчёта электрофизиологической активности миокарда на основе приведённой модели. Предлагается оригинальный метод построения сеток и решения задачи реакции-диффузии на модели. Данные разработки применены к исследованию одной конкретной задачи: вопроса о влиянии вращательной анизотропии миокарда на скорость его активации. Автором проведены необходимые расчёты с применением современных технологий параллельных вычислений на суперкомпьютерах и сформулированы их результаты, говорящие об ускорении активации миокарда при

увеличении угла вращения волокон в стенке желудочка. Полученные результаты проливают свет на физиологическую роль вращения волокон миокарда.

**В третьей главе** приведены материалы исследований по применению метода спиральных поверхностей к построению моделей несимметричного левого желудочка. Данная глава написана по той же схеме, что и первая: после теоретического построения модели автор приводит примеры двух моделей конкретных сердец собаки и человека и сравнивает углы наклона волокон в них с экспериментальными данными.

Положительным моментом данной части работы является использование информации лишь о форме стенки желудочка для создания модели хода волокон и мышечных слоёв в нём. С точки зрения клинической кардиологии, получение данных о форме и толщине стенки сердца является несравнимо более простой задачей, нежели о ходе волокон и тем более — слоёв миокарда.

Автором разработаны математические модели, численные методы и комплекс программ, применимые не только для решения задач электрофизиологии, но и для расчёта механической активности сердца.

**Научная новизна** рассматриваемой диссертационной работы заключается в разработке математических моделей, использующих правила нового типа и основанные на них оригинальные численные методы и комплексы программ.

**Практическая значимость** диссертации заключается в том, что предложенную модель можно встроить в составную модель сердца, объединив её с моделями клеток миокарда и сердечной ткани, и использовать для расчётов не только процесса распространения электрического возбуждения, но и, например, для моделирования нормальной и патологической (спиральные волны) электрической и механической активности сердца. Эта работа хоть и не вошла в диссертацию, но, судя по опубликованным работам автора, уже успешно выполняется.

**Достоверность** выполненных автором исследований подтверждена сравнением результатов с данными гистологического и томографического исследования.

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, **достаточно обоснованы.**

**Диссертация написана ясным языком**, с использованием принятой терминологии, оформление диссертации замечаний не вызывает.

**Содержание диссертации** в достаточной степени отражено в публикациях автора, публиковалось неоднократно на научных конференциях и известно научной общественности, а ее основные положения обстоятельно изложены в автореферате.

**Автореферат диссертации** соответствует ее содержанию.

Хочу предложить диссертанту в последующей научной работе наряду с явными перейти к использованию неявных методов численного решения дифференциальных уравнений, позволяющих на порядок ускорить процесс вычислений при той же точности. При использовании переменных шагов интегрирования по пространственным

координатам переход от постоянного шага к переменному желательно осуществлять плавно, без изломов.

Тема и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Высказанные выше предложения не могут сказаться на общем положительном впечатлении от рецензируемой диссертационной работы, которая выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной, практической ценностью, является самостоятельным, законченным научным исследованием и удовлетворяет требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Её автор Правдин Сергей Федорович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент  
академик РАН  
доктор технических наук  
главный научный сотрудник  
лаборатории физико-химической механики  
ФГБУН Институт механики  
Уральского отделения Российской академии наук  
Алексей Матвеевич Липанов  
“ 30 ” января 2015 г.

Адрес организации:  
426067, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34,  
тел. 8-3412-50-82-00,  
e-mail: lipanov@udman.ru

Подпись академика А.М. Липанова заверяю

Генеральный секретарь ИМ УрО РАН

А.В. Северюхин

