

Легкий Алексей Андреевич

«Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука Российской академии наук»

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ БИОМЕХАНИКА СЕРДЦА: СОКРАТИТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ МИОКАРДА И ДИАСТОЛИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА

Кандидатская диссертация по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ»

Аннотация

Сердечно-сосудистые заболевания остаются ведущей причиной смертности в мире, что подчеркивает необходимость разработки инновационных методов и технологий для их исследований, в том числе *in silico*. В рамках доклада будут рассмотрены две задачи: расчёт сопряжённой электромеханики миокарда и разработка персонализированной модели для оценки функциональности реконструированного аортального клапана.

Сопряжённые модели электромеханики сердца одновременно учитывают разномасштабные процессы: от химической кинетики и клеточных ионных токов до сокращения сердца как целого. В рамках данной задачи будет сформулирована общая структура сопряжённых моделей электромеханики. Основное внимание будет уделено разработке программной платформы CarNum для исследования разнообразных вариантов таких моделей. Будет представлена предложенная автором численная схема расщепления, позволяющая моделировать отдельные физические процессы с различными пространственными и временными шагами. Кроме того, будут обсуждены результаты применения этой схемы для численного моделирования возбуждения неоднородного участка миокарда простой геометрии.

Оценка пригодности реконструированного аортального клапана (АК) для геометрии аорты конкретного пациента – одна из актуальных задач, возникающих в хирургической операции Озаки по замене клапана. Функциональность АК можно определить на основе его геометрии в закрытом диастолическом состоянии. В рамках доклада будет предложена математическая модель для нахождения диастолического состояния АК. Будет рассмотрен ряд вопросов, касающихся персонализации модели: особенности реальной геометрии аорты, медицинский протокол размещения створок в просвете аорты, алгоритмы виртуального размещения створок и математическая формализация клинических понятий мер коаптации. Также будут продемонстрированы первые достигнутые результаты в валидации модели на ряде геометрий свиных корней аорты.

В докладе будут приведены использованные при разработке моделей общие вычислительные методы и алгоритмы для решения задач нелинейной теории упругости. Данные методы оформлены автором в виде программных комплексов: модуля механики в составе CarNum, основанного на библиотеке AniFem++ для конечно-элементной дискретизации уравнений, и симулятора нелинейных оболочек и мембран. Работа данных комплексов будет продемонстрирована на ряде модельных механических задач: раздутие мембраны, изгиб оболочки, изгиб балки, раздутие эллипсоидального желудочка и других.