

Отзыв научного руководителя  
на магистерскую диссертацию Раткиной С.В.  
«Математическое моделирование течения крови в крупных артериях»

Интерес со стороны медиков, физиологов и биомехаников к работе кровеносной системы объясняется сохраняющимся большим числом заболеваний этой важной для всего организма системы. Не смотря на это знание о процессах, происходящих в этой сложной системе, далеко от того, чтобы быть полным, особенно это касается количественных характеристик системы в целом, отдельных элементов и динамических нестационарных процессов. При попытке построить ту или иную механическую модель специалисты натываются на отсутствие изученных механических аналогов для моделирования живых объектов и процессов. Именно поэтому, не смотря на то, что проблемам математического моделирования течением крови посвящено большое количество работ, как в отечественной, так и в зарубежной литературе (в списке диссертации 121 наименование), предлагаемые модели носят в основном узкий, частный характер. Из всего многообразия выбирается один-два фактора, которым в модели уделяется особое внимание, а остальные либо игнорируются, либо описываются на примитивном уровне. Однако, этот подход для моделирования такой сложной живой системы, как система кровообращения, может привести к неверным результатам.

В связи с этим основной целью работы было построить такую математическую модель течения крови, которая принимала бы во внимание как можно большее количество факторов этого процесса, но, тем не менее, позволяла довести задачу до численных расчётов.

Таким образом, уже на стадии математической постановки задачи нужно было выбрать механическую модель крови, имеющей сложную внутреннюю структуру, модель кровеносного сосуда и сформулировать условия их сложного взаимодействия. Поскольку кровь по существу является двухфазной средой, состоящей из плазмы и клеток крови, то рассматривать её как жидкость, конечно же, неньютоновскую, правомерно лишь в каналах большого диаметра, каковыми являются крупные артерии.

В целом для описания пульсового движения крови по деформируемой артерии со стенкой имеющей толщину, была выбрана гидроупругая постановка задачи, известная своей сложностью, особенно в условиях нестационарности процесса, обусловленной пульсирующим характером скорости крови на входе в аорту

Диссертантка с успехом справилась с этой определяющей частью работы, чему способствовало то, что она глубоко разобралась в сложном физиологическом процессе, подлежащем моделированию, и освоила большое количество дополнительного материала за пределами программы обучения.

Особое внимание было уделено взаимодействию крови со стенкой сосуда, где в силу биохимических особенностей этого взаимодействия

обычно принимаемое для механических сред условие прилипания оказывается неприемлемым. В результате для такой задачи впервые использовалось условие частичного проскальзывания или “полуприлипания”.

В целом математическая постановка задачи впервые вобрала в себя такой широкий набор учитываемых факторов, и это главное достоинство работы.

Численное решение полученных уравнений было осуществлено с помощью комплекса прикладных программ ANSYS. В этой части работы С.В. Раткина была первопроходцем, разобравшемся во всех тонкостях и преодолевшем все подводные камни на пути к решению сформулированной задачи. Эту тяжелую и части коварную часть пути диссертантка преодолела самостоятельно.

В результате численных расчётов было получено распределение напряжений по кровеносному сосуду и распределение скорости в потоке крови при прохождении пульсовой волны, что несомненно окажется полезным в получении количественных оценок происходящего процесса, а также даст возможность оценивать влияние того или иного фактора, а в последствии и некоторых видов патологий на эффективность работы кровеносной системы.

Полученные результаты могут служить хорошим заделом для продолжения работы над этой темой в аспирантуре.

В целом С.В.Раткина продемонстрировала способность глубоко разбираться в необходимом материале, осмысленно подходить к постановке задачи, самостоятельно определять пути решения задачи. У неё явно выражена склонность к научной работе.

Считаю, что магистерская работа вполне заслуживает оценки «отлично», а результаты могут быть опубликованы в печати.

Научный руководитель  
доктор физ.-мат. наук,  
профессор



В.П.Трегубов