Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Институт прикладной математики и механики

Кафедра теоретической механики

Отчет по научной работе

Тема: «Исследование волн в аорте»

Выполнила студентка гр. 53604/1

Гнездилова А. С.

Науч. Рук.

Порубов А. В.

Проверила

Лобода О. С.

Санкт-Петербург 2013

**Цели:**

* Исследовать влияние аневризмы аорты на отражение волн в аорте с помощью существующих моделей.
* Научиться работать с пакетом Wolfram Mathematica.

**Введение**

Как известно, **аорта** *(aorta)* — самый крупный артериальный сосуд в теле человека, от которого отходят все артерии, образующие большой круг кровообращения.

С аортой связано множество заболеваний, одно из которых – аневризма аорты.

Аневризма аорты — расширение участка аорты, обусловленное патологическим изменением соединительнотканных структур её стенок вследствие атеросклеротического процесса, воспалительного поражения, врождённой неполноценности или механических повреждений аортальной стенки.

Одним из важных гемодинамических процессов является распространение пульсовой волны.

Пульсовая волна- процесс распространения изменения объе­ма вдоль эластичного сосуда в результате одновременного из­менения в нем давления и массы жидкости.

**Эластичность сосудов** и их жесткость - обратные величины. **Жесткость сосудов** увеличивается из-за отложений на стенках кровеносных артерий холестерина и т.п. веществ.

**Возникновение пульсовой волны**

После того, как сердце делает удар - выталкивает в сосуды порцию крови, - по аорте распространяется пульсовая волна, называемая прямой. Поскольку кровеносная система замкнута, эта волна отражается обратно - от точки бифуркации (место, где сосуды расходятся в ноги). Отраженная волна называется обратной. В зависимости от эластичности **стенок кровеносных сосудов**, время, через которое отраженная волна вернется обратно в исходную точку, может быть разным. Чем позже волна вернется - тем эластичнее артерии.

Определение артериальной жесткости и отражения пульсовой волны важно не только для оценки риска СС (сердечно-сосудистых) событий, но также для прогнозирования СС исходов.

**Построение модели**

Построение и анализ моделей для гемодинамики сопряжено с некоторыми трудностями. Первая проблема состоит в сильной нелинейности при течении крови как гидродинамической, так и реологической (кровь представляет собой вязкоэластичную неньютоновскую жидкость со сложным многокомпонентным составом). Также необходимо учитывать многослойную структуру стенки сосуда и нелинейные вязкоупругие свойства (стенки артерий сочетают одновременно упругие свойства твердых тел с вязкими свойствами жидкостей). Другая сложность состоит в необходимости учета влияния регуляторных механизмов на тонус стенки сосудов как глобальных (нервных, передаваемых через электрические импульсы, и гуморальных, переносимых химическими соединениями-гормонами), так и локальных, обусловленных потоком. Последняя проблема заключается в сильной вариации калибра и механических свойств сосудов кровеносной системы, учете их геометрии, ветвлении и замыкании системы кровообращения. Большинство подходов к изучению потока крови в сосудах использовали линейные модели. Однако, необходимо учитывать нелинейных эффектов. Для описания взаимодействия стенки с потоком жидкости в ряде работ получены линейные и нелинейные уравнения связи давления с радиусом. Анализ одномерных замкнутых систем в длинноволновом приближении приводит к набору редуцированных уравнений. Среди них имеются уравнения Бюргерса, Кортевега - де Вриза и Кортевега - де Вриза — Бюргерса. Наиболее частый подход к задаче моделирования кровообращения состоит в прямом переносе классических моделей гидродинамики течения жидкости в оболочках или эластичных трубках.

В данной работе предполагается использовать нелинейную модель и исследовать ее численно. Построенная модель будет сводиться к уравнению, которое нужно будет обобщить с помощью программы символьных исчислений Wolfram Mathematica.

**Исследование уравнения Кортевега - де Вриза в Wolfram Mathematica**

Ход работы:

1. Запись уравнения и предположение решения этого уравнения.
2. Подстановка предполагаемого решения в уравнение.
3. Нахождение параметров решения.
4. Проверка решения.
5. График решения в определенный момент времени.
6. Эволюция точного решения по времени.

**Выводы**

Уравнение было записано в виде: $u\_{t}+6uu\_{x}+u\_{xxx}=0$, а предположение решения этого уравнения: $v[x\\_,t\\_]=ASech[k(x-Vt)]\^2$. Также была выполнена проверка решения.

В ходе работы с пакетом Wolfram Mathematica были получены графики:



**Рис.1.** Решение уравнения в момент времени t = 1 со значением параметра k = 1.



**Рис.2.** Эволюция точного решения по времени.

 В ходе работы было исследовать влияние аневризмы аорты на отражение волн в аорте с помощью существующих моделей. Так же произведено знакомство с пакетом Wolfram Mathematica.

В будущем предполагается продолжать исследование волн в аорте, также работать с пакетом Wolfram Mathematica, так как с помощью него можно гораздо упростить задачу и получить точные результаты.

**Список литературы**

1. Порубов А. В. Локализация нелинейных волн деформации. Асимптотические и численные методы исследования. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 208 с.
2. Alun D. Hughes, Kim H. Parker, Justin E. Davies. Waves in arteries: A review of wave intensity analysis in the systemic and coronary circulations // Artery Research 2. 2008, 51-59.
3. R. A. Kraenkel, S. Noubissie, P. Woafo. A mathematical model for wave propagation in elastic tubes with inhomogeneities: Application to blood waves propagation // Physica D 236. 2007. 131-140.