

Министерство образования Республики Беларусь

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П.М. МАШЕРОВА»

УДК 534.831:612.014.45+577.35+572.783

№ госрегистрации 20063073

Инв. №

УТВЕРЖДАЮ

Ректор УО «ВГУ им.

П.М.Машерова», профессор

А.В.Русецкий

2009 г.



ОТЧЕТ


О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

ОПИСАНИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ СТЕНОК КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ И  
ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ВЯЗКО-УПРУГИХ  
ОБОЛОЧЕК С УЧЕТОМ ГЕМОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ, ИССЛЕДО-  
ВАНИЕ ГЕМОДИНАМИКИ И ТЕПЛОПЕРЕНОСА В БИОТКАНЯХ

(заключительный)

задание «Механика 4.10»

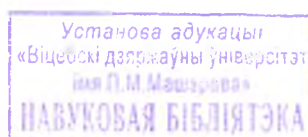
Начальник научно-исследовательского сектора  
канд. геол.-минер. наук, доцент

  
А.Н. Галкин  
подпись, дата

Научный руководитель  
д-р биолог. наук, профессор

  
А.А. Чиркин  
подпись, дата


Витебск 2009



Н-295

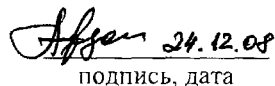
## Список исполнителей:

Зав. кафедрой химии,  
д-р биолог. наук

  
подпись, дата 24.12.08г. А.А.Чиркин (введение, раз-  
дел 1-3, заключение)

Исполнители:

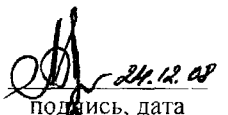
Ассистент, к.ф.-м. наук

  
подпись, дата 24.12.08 И.В.Авдошка (1,2)

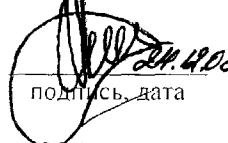
Профессор кафедры прикладной ма-  
тематики и механики, д-р ф.-м. наук

  
подпись, дата 24.12.08г. Г.И.Михасев (раздел 1,2,3)

Зав. кафедрой прикладной математи-  
ки и механики, к. ф.-м.наук

  
подпись, дата 24.12.08 Л.В.Маркова (раздел 4)

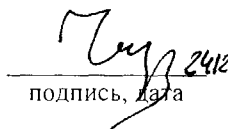
Аспирант

  
подпись, дата 24.12.08 П.А.Гладков (раздел 3)

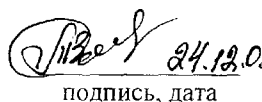
Студент

  
подпись, дата 24.12.08г. М.С.Костенко (раздел 4)

Студент

  
подпись, дата 24.12.08 М.А.Чиркин (раздел 5)

Нормоконтролер

  
подпись, дата 24.12.08 Т.В. Харкевич

## Реферат

Отчет 95 стр., табл. 3, рис. 22, источники литературы 41.

### КРОВЕНОСНЫЕ СОСУДЫ, КОЛЕБАНИЯ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КРОВООБРАЩЕНИЯ, ТЕОРИЯ ВЯЗКО-УПРУГИХ ОБОЛОЧЕК, ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ

Объект исследования: система кровообращения человека.

Цель работы – разработать математической модели деформирования стенок кровеносных сосудов на основе теории вязкоупругих оболочек.

Задачи исследований – дать математическое описание функционирования сосудов на основе теории вязко-упругих оболочек путем отбора математических моделей функционирования кровеносных сосудов для их использования в проекте; смоделировать локализованные бегущие волны в сухой упругой оболочке, лежащей на вязко-упругом основании; провести математический анализ моделей поведения неньютоновских жидкостей в моделях кровеносных сосудов; построить математико-механическую модель кровеносных сосудов на основе теории тонких и толстых вязко-упругих оболочек.

Создано уравнение, содержащее безразмерные параметры, учитывающие начальные кольцевое и продольное усилия с учетом волновой скорости Моэнса-Кортэвэга и воздействия окружающих тканей на рассматриваемый волновой процесс. Представлены данные о формальном асимптотическом решении системы уравнений, описывающей волновое движение оболочки типа Тимошенко с переменными параметрами, лежащей на неоднородном вязкоупругом основании. Решение построено в виде семейств локализованных изгибных волн, бегущих в продольном направлении. Проведен численный анализ решения. Показано наличие эффекта отражения волнового пакета от поперечного сечения оболочки, как следствие неоднородности коэффициента постели. Получены условия наличия стационарного решения, описывающего собственную форму колебаний оболочки (стенки кровеносного сосуда). Построена конечно-разностная схема, аппроксимирующая созданную математическую модель функционирования кровеносных сосудов, состояния крови и особенностей массопереноса через стенки сосудов на основе интегрированных колебательных процессов. Создана модульная система на платформе .NET для численного моделирования движения жидкости в областях сложной геометрии. Создано устройство и экспериментально обоснован способ для воздействия ультразвуком в режиме пульсограммы.

## Содержание

Введение .....	6
<b>1 КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПРОЕКТА .....</b>	<b>7</b>
1.1 Периодическая деятельность сердечно-сосудистой системы.....	7
1.2 Математические подходы к моделированию функционирования кровеносных сосудов.....	12
1.3 Математическое моделирование артерии на основе теории оболочек типа Тимошенко.....	14
1.4 Распространение возмущений в системе сосуд-кровь.....	17
1.5 Роль реологических свойств крови .....	19
<b>2 ВЛИЯНИЕ ВЯЗКОСТИ ОРТОТРОПНОЙ СТЕНКИ АРТЕРИИ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ.....</b>	<b>24</b>
2.1 Постановка задачи .....	24
2.2 Решение поставленной задачи.....	26
<b>3 ВОЛНОВЫЕ ПАКЕТЫ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКЕ С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ, ЛЕЖАЩЕЙ НА НЕОДНОРОДНОМ ВЯЗКОУПРУГОМ ОСНОВАНИИ .....</b>	<b>31</b>
3.1 Постановка задачи .....	31
3.2 Построение асимптотического решения .....	33
3.3 Стационарный случай .....	36
<b>4. ПОСТРОЕНИЕ КОНЕЧНО-РАЗНОСТНОЙ МОДЕЛИ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЛОКАЛИЗОВАННОЙ ВОЛНЫ В НЕОДНОРОДНОМ СОСУДЕ С ПРОТЕКАЮЩЕЙ ВЯЗКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТЬЮ .....</b>	<b>37</b>
<b>5 ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ В СИСТЕМЕ ПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ ТРУБ РАЗЛИЧНОГО ДИАМЕТРА.....</b>	<b>54</b>
5.1 Обзор современных программных средств в области вычислительно гидродинамики.....	55

5.2 Моделирование движения жидкости в системе из пересекающихся труб.....	58
5.3 Моделирование движения жидкостей.....	63
5.4 Создание системы FLOWER.....	66
<b>6 СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ БИОУПРАВЛЯЕМОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКОМ.....</b>	<b>77</b>
<b>Заключение.....</b>	<b>89</b>
<b>Список использованных источников.....</b>	<b>92</b>