

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК
Кафедра фундаментальной математики и механики

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ
В ГЭК

Заведующий кафедрой
к.ф.-м.н.

 А. П. Девятков
27.06. 2022 г.

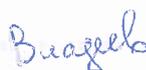
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
магистра

**НЕЛИНЕЙНАЯ ЗАДАЧА О ВОЛНАХ НА ПОВЕРХНОСТИ
ДВУХФАЗНОЙ СМЕСИ**

01.04.01 Математика

Магистерская программа «Вычислительная механика»

Выполнил работу
Студент 2 курса
очной формы обучения



Владеев
Антон
Владимирович

Научный руководитель
к.ф.-м.н.



Бутакова
Нина
Николаевна

Рецензент
к.ф.-м.н.



Трефилина
Елена
Рудольфовна

Тюмень
2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	4
1.1 Двухфазные системы.....	4
1.2 Методы описания.....	5
1.3 Модели многофазных систем.....	6
1.4 Уравнения неразрывности и движения.....	7
1.5 Граничные условия.....	11
2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	13
2.1 Постановка краевой задачи о волновом движении смеси.....	13
2.2 Линейная задача.....	15
2.3 Уравнение свободной поверхности. Дисперсионные соотношения.....	22
2.4 Фазовая скорость, декремент затухания волны.....	22
2.5 Нелинейная задача.....	24
2.5.1 Решение первого приближения.....	29
2.5.2 Решение второго приближения.....	30
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	38
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	39
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	40

ВВЕДЕНИЕ

С многофазными смесями мы сталкиваемся на каждом шагу, как в природе, так и при изучении современных технологических процессов. В связи с этим возникает необходимость изучения явлений и взаимодействий многофазных сред.

Различные типы многофазных (гетерофазных) систем встречаются чаще, чем однофазные. Самые простые дисперсные смеси состоят из двух фаз. Учет закономерностей волновых процессов – нелинейных и линейных – возникающих на поверхностях двухфазной жидкости, позволяет корректно решать широкий спектр задач, используемых в нефтяной промышленности.

В XIX веке началось изучение вопроса распространения поверхностных волн в динамике однофазной жидкости. Волны на свободной поверхности двухфазной жидкости мало изучены. Исследование этой проблемы в настоящее время актуально. Исследование поможет расширить теорию поверхностных волн. Результаты работ могут быть использованы при решении экологических проблем.

Цель работы состоит в рассмотрении и изучении двухфазных систем, их математических моделей, методов описания двухфазных систем, а также решении нелинейной задачи с точностью до второго приближения и сравнении с решением линейной задачи о волновом движении двухфазной смеси.

В первой главе особое внимание уделено теоретической части: рассмотрено описание характеристик двухфазных сред, представлены образцы систем двухфазного типа, методы описания и исследованы модели двухфазных систем.

Вторая глава посвящена практической части: постановке краевой задачи, решению задачи о волновом движении двухфазной смеси в первом (линейной) и во втором приближении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе были получены следующие результаты:

1. Выполнен анализ научной литературы: изучены методы описания многофазных сред, уравнения неразрывности и движения, граничные условия; рассмотрена математическая модель распространения волн по свободной поверхности слоя двухфазной смеси.

2. Рассмотрена линейная задача о распространении поверхностных волн малой амплитуды по слою двухфазной смеси.

3. В первом (линейном) приближении по малому амплитудному параметру найдены поле скоростей, давления и концентрации фаз, форма свободной поверхности.

4. Рассмотрена нелинейная задача о распространении поверхностных волн по слою двухфазной смеси. Задача решена с точностью до второго приближения по малому параметру.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лабунцов Д.А, Ягов В.В. Л 127 Механика двухфазных систем: Учебное пособие для вузов — М.: издательство МЭИ, 2000. — 374 с: ил.
2. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Ч. 1, 2 М.: Наука, 1987
3. Баринов В. А., Бутакова Н. Н. Волны на свободной поверхности двухфазной среды // ПМТФ. 2002. Т. 43, № 4.
4. Алешков Ю. З. Теория волн на поверхности тяжелой жидкости. Л.: Изд-во. Ленингр. ун-та, 1981. – 196 с.
5. Степанов В. В., Курс дифференциальных уравнений, 9 изд., М., 1966
6. Рахматулин Х. А. Основы газодинамики взаимопроникающих движений сжимаемых сред // Прикладн. матем. и механика. 1956. Т. 20. №2.
7. Нигматулин Р. И. Основы механики гетерогенных сред. М.: Наука, 1978. – 336 с
8. Алешков Ю.З., Баринов В.А., Бутакова Н.Н. Нелинейные поверхностные волны на слое двухфазной среды // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2003. Сер. 1. Вып. 4. С. 64-75
9. Сретенский Л. Н. Теория волновых движений жидкости. М.: Наука, 1977. – 816 с.
10. Баринов В.А., Бутакова Н.Н. Нелинейная задача о поверхностных волнах на двухфазной смеси // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2003. Т. 43. №12. С. 1870-1883