

Е.П. Запорожец, Е.И. Захарченко

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ
РЕГУЛЯРНЫХ ПРОЦЕССОВ
В ТЕХНОЛОГИЯХ СБОРА,
ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ
НЕФТЯНЫХ И ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ**

Е.П. Запорожец, Е.И. Захарченко

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ
РЕГУЛЯРНЫХ ПРОЦЕССОВ
В ТЕХНОЛОГИЯХ СБОРА,
ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ
НЕФТЯНЫХ И ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ**

Учебное пособие

для студентов (специалистов) всех форм обучения специальностей:

**130501 – «Проектирование, сооружение и эксплуатация газопроводов и
газонефтехранилищ»;**

130503 – «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»;

130504 – «Бурение нефтяных и газовых скважин»;

130602 – «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»

и студентов магистерской программы, обучающихся по направлению

131000.68 – «Нефтегазовое дело»

Краснодар

2012

УДК 519.71(075.8)

ББК 22.18я73

333

Рецензенты:

М.А. Берлин, доктор технических наук, профессор

ООО “ИнжГео”;

Г.Т. Вартумян, доктор технических наук, профессор

ФГБОУ ВПО КубГТУ

333 **Запорожец, Евгений Петрович.**

Математическое моделирование регулярных процессов в технологиях сбора, подготовки и переработки нефтяных и природных газов : учебное пособие для студентов (специалистов) всех форм обучения специальностей: 130501 – «Проектирование, сооружение и эксплуатация газопроводов и газонефтехранилищ»; 130503 – «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»; 130504 – «Бурение нефтяных и газовых скважин»; 130602 – «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов» и студентов магистерской программы, обучающихся по направлению 131000.68 – «Нефтегазовое дело» / Е.П. Запорожец, Е.И. Захарченко. – Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2012. – 142 с.

ISBN 978-5-91718-215-5

В пособии изложены вопросы стандартных и традиционных методов преобразования дифференциальных уравнений при моделировании подобных явлений. Даны методы решений математических задач, основанных на фундаментальных законах природы и универсальных моделях. Рассмотрены основные методы обработки результатов экспериментальных исследований и представления их в виде обобщенных уравнений подобия.

Предназначено для студентов, аспирантов и преподавателей ВУЗов, а также инженеров нефтегазовых специальностей.

ББК 22.18я73

УДК 519.71(075.8)

ISBN 978-5-91718-215-5

© Е.П. Запорожец, 2012

Е.И. Захарченко, 2012

© ООО «Издательский Дом – Юг»,
2012

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	7
1.1 Парадигма	7
1.1.1 Ведущая роль парадигмы	7
1.1.2 Формулировка монопарадигмы	14
1.2 Дедукция и индукция	16
1.3 Модельные гипотезы	20
1.4 Метод принципов и метод гипотез	22
1.5 Анализ и синтез	23
1.6 Определение предмета математики, связь с другими науками и техникой	23
1.6.1 Математика и другие науки	24
1.6.2 Математика и техника	26
2. ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ТЕХНОЛОГИЯХ НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	28
2.1 Гидромеханические процессы	28
2.2 Теплообменные процессы	29
2.3 Массообменные (диффузионные) процессы	29
2.4 Химические (реакционные) процессы	29
2.5 Механические процессы	29
3. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ	31
3.1 Схема создания математических моделей	31
3.2 Этапы создания математической модели	33
4. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ	42
4.1 Условия подобия	43
4.2 Основные положения теории подобия	48
4.2.1 Первая теорема подобия	48
4.2.2 Вторая теорема подобия	49
4.2.3 Третья теорема подобия	50

4.2.4	Этапы применения теории подобия	51
4.3	Основные принципы метода анализа размерностей	51
5.	ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ ПОДОБИЕ	55
5.1	Принципы гидродинамического подобия	55
5.2	Приближенное моделирование. Автомодельность	60
5.3	Модифицированные и производные критерии подобия	62
5.4	Применение анализа размерностей в гидродинамике	65
6.	ТЕПЛОВОЕ ПОДОБИЕ	68
6.1	Основные законы теплообмена и теплопередачи	68
6.1.1	Основное уравнение теплопередачи	68
6.1.2	Передача тепла теплопроводностью	68
6.1.2.1	Закон Фурье	68
6.1.2.2	Дифференциальное уравнение теплопроводности (уравнение Фурье)	69
6.1.3	Уравнение охлаждения Ньютона	70
6.1.4	Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена	71
6.2	Подобие при теплопередаче	71
6.2.1	Теплоотдача при движении жидкости	71
6.2.2	Теплоотдача при естественной конвекции	74
6.2.3	Теплоотдача при пленочной конденсации пара	75
6.3	Подобие тепловых процессов в твердом теле	78
7.	ПОДОБИЕ ПРИ МАССООБМЕНЕ	79
7.1	Основные параметры диффузии	79
7.2	Механизм процесса массообмена	84
7.3	Подобие процессов переноса массы в жидких и газообразных средах	86
7.4	Массопередача с твердой фазой	91
8.	АНАЛОГИЯ МЕЖДУ ПЕРЕНОСОМ МАССЫ, ТЕПЛА И МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ (КОЛИЧЕСТВА ДВИЖЕНИЯ)	96

9. КРИТЕРИИ ПОДОБИЯ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКИХ И ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОТОКАХ С МНОГОФАЗНЫМИ СРЕДАМИ	101
10. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ПОДОБИЯ	105
10.1 Осаждение тяжелой фазы под действием гравитационной силы	105
10.2 Осаждение тяжелой фазы под действием центробежной силы	108
10.3 Модель процесса выброса больших масс жидкости из газопровода	109
10.4 Модели процессов теплообмена и теплопередачи	112
11. ПОНЯТИЯ О ЯЧЕЕЧНЫХ И СЕТЧАТЫХ МОДЕЛЯХ	117
11.1 Пример модели ячейки	118
11.2 Пример сетчатой модели	120
12. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ, ИЛЛЮСТРИРУЮЩИЕ ПРИМЕНЕНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ЗАКОНОВ ПРИРОДЫ	126
13. ВАРИАЦИОННЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ	135
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	139