

УДК 622.276.3  
ББК 33.131  
Г47

*Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Казанского национального исследовательского технологического университета*

*Рецензенты:  
д-р техн. наук М. И. Фарахов  
д-р техн. наук А. Г. Лаптев*

**Гильфанов К. Х.**  
**Г47** Управление энергосберегающими режимами пульсационного дренирования нефтяных скважин : монография / К. Х. Гильфанов, Н. В. Богданова, Р. Н. Гайнуллин; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2021. – 160 с.

ISBN 978-5-7882-3073-3

Выявлены и проанализированы энергосберегающие режимы пульсационной очистки нефтяных скважин. Предложен и реализован метод расчета гидродинамической и тепловой структуры потока, потерь давления в нефтяной скважине в условиях гидродинамической нестационарности при пульсационном воздействии на призабойную зону скважины для оценки энергетических затрат. Определены гидромеханические и энергетические характеристики потока.

Рассчитана на инженеров и научных работников, интересующихся теорией и практикой энергосбережения в нефтегазодобыче, а также теорией управления этими процессами. Может быть использована аспирантами и обучающимися направлений: 27.03.04 «Управление в технических системах», 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», 21.03.01 «Нефтегазовое дело».

Подготовлена на кафедре автоматизированных систем сбора и обработки информации.

**УДК 622.276.3**  
**ББК 33.131**

ISBN 978-5-7882-3073-3

© Гильфанов К. Х., Богданова Н. В.,  
Гайнуллин Р. Н., 2021  
© Казанский национальный исследовательский  
технологический университет, 2021

# СОДЕРЖАНИЕ

Список основных условных обозначений и сокращений .....	5
Сокращения.....	7
Введение.....	8
Глава 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	10
1.1. Современные способы повышения нефтеотдачи пластов и их классификация.....	10
1.2. Гидродинамическое воздействие на призабойную зону пласта .....	12
1.2.1. Гидравлический разрыв пласта .....	13
1.2.2. Периодическое гидродинамическое воздействие .....	15
1.3. Химические способы обработки призабойной зоны.....	22
1.4. Пульсационные методы интенсификации гидромеханических процессов в потоках .....	25
1.5. Пристенное трение в нестационарных условиях .....	29
1.5.1. Анализ нестационарных турбулентных потоков.....	33
1.5.2. Влияние гидродинамической нестационарности на поверхностное трение турбулентного потока во внутренних потоках .....	41
1.5.3. Гидродинамическая устойчивость нестационарных течений.....	48
Выводы по главе 1.....	50
Глава 2. НЕСТАЦИОНАРНОЕ ТЕЧЕНИЕ ЖИДКОСТИ И ТЕПЛООБМЕН В УСЛОВИЯХ ВНУТРЕННЕЙ ЗАДАЧИ .....	52
2.1. Краевые условия .....	52
2.2. Модель течения. Основные уравнения.....	53
2.3. Законы трения и теплообмена .....	55
2.3.1. Законы трения .....	55
2.3.2. Закон теплообмена.....	62
2.4. Интегральные соотношения уравнений пограничного слоя.....	63
2.5. Алгоритм расчета и численный эксперимент.....	75
2.5.1. Алгоритм расчета.....	75
2.5.2. Численный эксперимент.....	78
2.5.3. Расчет среднего трения при пульсации расхода рабочего тела в цилиндрическом канале .....	86
Выводы по главе 2.....	88
Глава 3. РАСЧЕТ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ПРИ ПУЛЬСИРУЮЩЕМ ТЕЧЕНИИ ЖИДКОСТИ В ТРУБАХ .....	89
3.1. Основные параметры неустойчивого пульсирующего течения .....	89
3.2. Коэффициенты затухания пульсаций .....	95
3.3. Коэффициенты гидравлических сопротивлений.....	96
3.4. Пульсационный перепад давления.....	99
3.5. Расход энергии на генерацию пульсаций и перемещение жидкости ...	101
Выводы по главе 3.....	102

Глава 4. ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ТРУБЧАТО-КОЛЬЦЕВОМ КАНАЛЕ.....	103
4.1. Модель течения и расчетная схема .....	103
4.2. Нестационарное течение жидкости в трубе .....	106
4.3. Нестационарное течение жидкости в кольцевом канале .....	111
4.4. Потери давления на трение .....	117
Выводы по главе 4.....	119
Глава 5. ХАРАКТЕРИСТИКИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЖИМОВ ОЧИСТКИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН.....	120
5.1. Колебательные свойства скважины .....	120
5.2. Конструкция пульсационной установки для очистки нефтяной скважины.....	125
5.3. Анализ энергозатрат при пульсационной очистке .....	127
5.4. Критерий энергосберегающего режима очистки .....	128
Глава 6. МОДЕРНИЗАЦИЯ ПУЛЬСАЦИОННЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ОБРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН .....	132
6.1. Характеристика традиционных стандартных методов обработки скважин .....	132
6.2. Мобильная пульсационная установка .....	134
6.3. Результаты опытно-промышленных испытаний установки МПУ .....	137
6.4. Виды пульсационных обработок с применением МПУ .....	140
6.5. Перспективы освоения пульсационных технологий.....	141
Основные результаты и выводы .....	142
Список литературы .....	143