Астракова Анна Сергеевна. Оптимизационный метод решения обратных задач: диссертация ... кандидата физико-математических наук: 05.13.18 / Астракова Анна Сергеевна;[Место защиты: Институт вычислительных технологий СО РАН].- Новосибирск, 2014.- 157 с.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

На пра.вах рукописи

04201460432

Астракова Анна Сергеевна

ОПТИМИЗАЦИОННЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ

ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ

05.13.18 - «Математическое моделирование,

численные методы и комплексы программ»

Диссертация на соискание учёной степени

кандидата физико-математических наук

научный руководитель доктор физ.-мат. наук, профессор Черный Сергей Григорьевич

Новосибирск - 2014

Оглавление

Введение 5

Глава 1. Прямые и обратные задачи и методы их решения 23

§1.1. Прямая и обратная задача моделирования процесса 23

§1.2. Методы решения обратных задач 25

1.2.1. Прямые методы решения обратных задач 25

1.2.2. Оптимизационные методы решения обратных задач 26

§1.3. Общая постановка задачи многоцелевой оптимизации 31

§ 1.4. Метод решения 31

1.4.1. Общая схема алгоритма решения 32

1.4.2. Операторы и параметры генетического алгоритма 34

1.4.3. Модификация генетического алгоритма 38

1.5. Заключение по главе 1 44

Глава 2. Задача расположения датчиков, фиксирующих максимальные по амплитудам возмущения от источников за минимальное время 45

§2.1. Общая постановка задачи 46

§2.2. Постановки задач и результаты решений 46

2.2.1. Минимальное время обнаружения 46

2.2.2. Фиксация возмущений от всех источников с как можно большей

амплитудой хотя бы одним датчиком конфигурации 60

2.2.3. Фиксация возмущений от каждого источника с как можно большей

амплитудой за минимальное время 64

источника с амплитудой, не меньшей d, за минимальное время ....67

2.2.6. Приближенная фиксация хотя бы одним датчиком всех возмущений с амплитудой, не меньшей d, за минимальное время . 70

2.2.7. Точная или приближенная фиксация по крайней мере двумя

датчиками возмущений от каждого источника с амплитудой, не меньшей d, за минимальное время 74

§2.3. Заключение по главе 2 76

Глава 3. Задача проектирования проточной части гидротурбины с максимальным КПД и минимальными динамическими

нагрузками 77

§3.1. Общая постановка задачи оптимизационного проектирования

проточных частей гидротурбины 77

з

3.1.1. Режимы работы гидротурбины и её универсальная

характеристика 77

3.1.2. Критерии качества работы гидротурбины и ограничения на

различных режимах её работы 79

§3.2. Метод решения прямой задачи 79

§3.3. Формирование пространства допустимых форм проточного тракта....80 §3.4. Критерии качества работы гидротурбины и ограничения 81

3.4.1. Расчет КПД гидротурбины 81

3.4.2. Комбинированная методика определения потерь энергии 82

3.4.3. Локальный критерий эффективности гидротурбины 83

3.4.4. Задание режима, гидродинамическое ограничение, недостаток

сформулированного локально критерия эффективности 84

3.4.5. Глобальный критерий эффективности гидротурбины 85

3.4.6. Критерий минимизации динамического воздействия

прецессирующего вихревого жгута 86

§3.5. Результаты оптимизационного проектирования 90

3.5.1. Эффективность спроектированных геометрий 92

3.5.2. Анализ спроектированной геометрии на интенсивность вихревого

жгута 93

§3.6. Заключение но главе 3 97

Глава 4. Задача определения параметров трещиновато-пористой среды по замеренным временным зависимостям давления и потерь бурового раствора в скважине на основе новой модели

фильтрации 98

§4.1. Модель плоскорадиалыюй фильтрации бурового раствора в

трещиновато-пористую среду с вытеснением поровой жидкости 101

4.1.1. Общие допущения 101

4.1.2. Уравнения пьезопроводности и законы Дарси модели фильтрации

жидкости Гершеля-Балкли в трещиновато-пористую среду 102

4.1.3. Моделирование вытеснения поровой жидкости буровым

раствором 105

§4.2. Численный метод решения прямой задачи фильтрации бурового раствора в трещиновато-пористую среду с вытеснением поровой жидкости 107

4.2.1. Обобщенная запись уравнений пьезопроводности 107

4.2.2. Неявная консервативная конечно-разностная схема для уравнения

пьезопроводности 107

4.2.3. Решение уравнения для границы раздела бурового раствора и

поровой жидкости ПО

§4.3. Верификация численного метода решения прямой задачи и анализ

чувствительности решения 111

4.3.1. Плоскорадиальный фильтрационный поток упругой жидкости... 111

4.3.2. Анализ чувствительности решения уравнений пьезопроводности 113 §4.4. Сравнение поведения решений прямых задач для ньютоновской и

неньютоновской жидкостей 116

§4.5. Постановка обратной задачи определения параметров трещиновато-пористой среды 117

4.5.1. Данные экспериментальных замеров 117

4.5.2. Оптимизационная постановка обратной задачи 118

4.5.3. Методы решения оптимизационной задачи 118

§4.6. Результаты решения обратной задачи 119

4.6.1. Подбор параметра Д 119

4.6.2. Подбор параметров кт, т0,„ К„ор 119

4.6.3. Подбор параметров kn m0ll) іщ,п г0 121

§4.7. Заключение по главе 4 124

Глава 5. Задача определения параметров прискважинной области

по результатам каротажного зондирования 125

§5.1. Структура прискважинной области 125

§5.2. Высокочастотное индукционное каротажное изопараметрическое

зондирование (ВИКИЗ) 126

§5.3. Математическая модель распространения электромагнитных волн .. 126 §5.4. Постановка оптимизационной задачи определения структуры

прискважинной области 127

§5.5. Верификация численного алгоритма решения обратной задачи 128

5.5.1. Трехслойная модель прискважинной области 128

5.5.2. Четырёхслойная модель прискважинной области 130

§5.6. Заключение по главе 5 132

Заключение 133

Список сокращений 135

Список литературы 136

Приложение А 147

А.1. Распределение функционала для задачи с тремя слоями 147

А.2. Тестирование операторов рекомбинации для задачи с четырьмя

слоями 149

Приложение В 152

**Заключение**

**Основные результаты работы:**

1. Предложена модификация оптимизационного метода решения обрат­ных задач на основе улучшенного генетического алгоритма. Улучшение дос­тигнуто за счет уточнения на основе многочисленных расчетов параметра селекции и построения нового оператора рекомбинации, учитывающего зна­чимость индивидуумов, участвующих в формировании индивидуума после­дующего поколения. Модифицированный метод позволил ускорить отыска­ние глобальных минимумов функционалов, в том числе, в сильно нелиней­ной задаче определения структуры прискважинной области по результатам индукционного каротажа.
2. Для решения задачи оптимального расположения датчиков обнару­жения волн цунами сформулированы новые постановки с оригинальными функционалами и ограничениями, учитывающими как время обнаружения, так и амплитуду улавливаемых возмущений. Для Алеуто-Аляскинской об­ласти возникновения волн цунами найдено расположение трех датчиков, уменьшающее время гарантированного обнаружения волн по сравнению с установленными DART-станциями в два раза. Для Курило-Камчатской ак­ватории найдено минимальное число датчиков, при котором гарантирован­ное время обнаружения возмущений остается одинаковым для постановок с ограничением снизу на порог амплитуды возмущений и без него.
3. Предложены два новых критерия оптимизационного проектирования рабочего колеса гидротурбины. Первый критерий позволяет максимизиро­вать КПД с сохранением характерного поведения его зависимости от режи­ма работы гидротурбины. Второй критерий минимизирует интенсивность прецессирующего вихревого жгута через формирование возрастающего к оси рабочего колеса профиля расходной составляющей скорости за лопастя­ми колеса. Улучшенный этими критериями комплекс оптимизационного проектирования позволил спроектировать рабочее колесо, амплитуды пуль­саций давления которого снижены более чем в 10 раз и КПД которого не меньше, чем у прототипа.
4. Построена наиболее полная на сегодняшний день модель нестацио­нарной фильтрации жидкости Гершеля-Балкли в трещиновато-пористой среде с вытеснением поровой жидкости. До этого были модели либо отдель­но для вязкопластической жидкости (Бингама-Шведова) либо отдельно для степенной жидкости. Для решения существенно усложнившегося нелинейно­го уравнения пьезопроводности с разрывными на границе раздела бурового раствора и поровой жидкости коэффициентами предложена и обоснована консервативная, абсолютно устойчивая схема. Созданная новая численная модель позволила рассчитать фильтрацию бурового раствора для большого значения отношения проницаемости среды к её пористости, который не мог быть рассмотрен при использовании явной условно устойчивой схемы из-за необходимости задания в ней очень маленького шага по времени. За счет более точного описания процесса фильтрации бурового раствора построен­ная модель позволила успешно решить обратную задачу определения пара­метров трещиновато-пористой среды.

На основе предложенных методов созданы программные комплексы решения перечисленных обратных задач, которые внедрены и используются в ОАО «Силовые машины» «ЛМЗ» (г. Санкт-Петербург), ООО «Техноло­гическая Компания Шлюмберже» (г. Новосибирск) и National Oceanic and Atmospheric Administration Center of Tsunami Research (г. Сиэтл, США)