

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Кафедра Теоретической и промышленной теплотехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Математическое моделирование силового и теплового воздействия на призабойную зону нефтеносного пласта твердотопливными газогенераторами

УДК 621.45.042:622.245.54:622.323:004

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2Б	Матузов Данил Евгеньевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ТПТ	Голдаев Сергей Васильевич	д.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН	Попова Светлана Николаевна	К.Э.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Дашковский Анатолий Григорьевич	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТПТ	Кузнецов Г.В.	д.ф.-м.н., профессор		

Томск – 2016 г.

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Код резу- ль- тата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной</i> инженерной деятельности.
P2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
P3	Демонстрировать <i>личную</i> ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной</i> инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
P4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
P5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
P6	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной</i> инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
P8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием <i>базовых и специальных</i> знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
P9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять <i>комплексные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию <i>с учетом</i> нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.

P10	Проводить <i>комплексные</i> научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением <i>базовых и специальных</i> знаний и <i>современных</i> методов.
P11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами, использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
<i>Специальные профессиональные</i>	
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический _____.
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника _____.
Кафедра Теоретической и промышленной теплотехники _____.

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ТПТ
_____ Кузнецов Г. В.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2Б	Матузову Данилу Евгеньевичу

Тема работы:

**Математическое моделирование силового и теплового
воздействия на призабойную зону нефтеносного пласта
твердотопливными газогенераторами**

Утверждена приказом директора

№ 2540/С от 01.04.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:

10.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

*(наименование объекта исследования или проектирования;
производительность или нагрузка; режим работы
(непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид
сырья или материал изделия; требования к продукту,
изделию или процессу; особые требования к особенностям
функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в
плане безопасности эксплуатации, влияния на
окружающую среду, энергозатратам; экономический
анализ и т. д.).*

Объект исследования - нефтяная скважина,
заполненная водой и твердотопливные
газогенераторы типов АДС и ПГД-БК.

Предмет исследования – зависимости давлений и
температур, возникающих в скважине при работе
генератора на твердом топливе, от времени.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Обзор литературы, физическая и математическая постановка, анализ зависимостей давлений и температур, создаваемых в скважине, от времени, при различных габаритно-массовых характеристиках и глубины погружения газогенератора.
Перечень графического материала	Слайды, включающие в себя цель работы, математическую постановку задачи, результаты численных исследований, основные выводы.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Попова Светлана Николаевна, доц. каф. МЕН
Социальная ответственность	Дашковский Анатолий Григорьевич, доц. каф. ЭБЖ
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Введение, обзор литературы, материалы и методы, результаты, заключение (русский)	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	29.02.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Голдаев Сергей Васильевич	д.ф.-м.н.		29.02.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2Б	Матузов Данил Евгеньевич		29.02.2016

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 61 с., 10 рис., 19 табл., 31 источник, приложения отсутствуют.

Ключевые слова: математическое моделирование, призабойная зона, силовое и тепловое воздействие, газогенераторы, скважина, обсадная колонна, столб воды, шашка,

Объектом исследования является призабойная зона нефтеносного пласта.

Цель работы – выявление преимуществ газогенераторов различного конструктивного исполнения и определение безопасной глубины проведения обработки скважины путем моделирования процессов силового и теплового воздействия на призабойную зону нефтеносного пласта.

Проведено математическое моделирование процессов горения топлива в скважине, заполненной водой при различных глубинах погружения и конструктивных особенностях генераторов.

В результате исследования были получены зависимости давления и температуры, создаваемых в скважине от глубины погружения и конструктивных свойств газогенераторов.

Основные технологические характеристики: программная реализация математической модели выполнена в среде программирования PascalABC.NET

Степень внедрения: планируется использовать результаты в учебном процессе.

Область применения: различные месторождения и объекты добычи нефти с ухудшенными в процессе эксплуатации коллекторскими свойствами.

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в прогнозировании эффективных параметров исполнения газогенераторов и безопасной глубины проведения работ в скважине путем математического моделирования без проведения дорогостоящих операций, таких как бурение и эксплуатация скважин.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1. Характеристика газогенераторов на твердом топливе для силового и теплового воздействия	11
1.1 Генераторы типа АДС	11
1.2 Генераторы типа ПГД-БК	14
2. Физико-математическая постановка задачи функционирования генератора ПГД-БК в скважине	16
2.1 Физическая постановка задачи	16
2.2 Математическая постановка задачи	17
2.3 Текст программы, написанной в программной среде PascalABC.NET	19
3. Результаты и обсуждение численного моделирования функционирования генератора ПГД-БК в скважине	24
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	29
4.1 SWOT-анализ	30
4.2 Экспертная оценка	31
4.3 Календарный план	35
4.4 Бюджет, смета проекта	37
5. Социальная ответственность	41
5.1 Воздействие электромагнитного излучения	42
5.2 Освещение	45
5.3 Микроклимат помещения	46
5.4 Источники шума	48
5.5 Электробезопасность	48
5.6 Пожарная безопасность	50
5.7 Региональная безопасность	51
5.8 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	52

5.9 Расчет искусственного освещения для помещения	54
Заключение	57
Список используемой литературы	59

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день множество крупных нефтегазовых месторождений Российской Федерации находятся в неблагоприятном состоянии, которое обуславливается большой продолжительностью их эксплуатации. На протяжении многих лет средний коэффициент извлечения нефти по России снижается. На сегодняшний день он равен не более 30% и является одним из самых низких во всем мире [1]. Производительность нефтяной скважины непосредственно зависит от качественного состояния ее призабойной зоны.

Призабойная зона скважины – это та область, где все процессы протекают наиболее интенсивно. Линии токов сходятся в один узел при извлечении жидкости или расходятся – при закачке [2]. Здесь скорости движения жидкости, градиенты давления, потери энергии, фильтрационные сопротивления максимальны. Очень важно сохранить призабойную зону в таком состоянии, чтобы энергия, расходуемая на преодоление фильтрационных сопротивлений, была бы достаточно мала как при отборе жидкости из пласта, так и при нагнетании в пласт [3]. Изначально, само бурение скважины уже вносит изменения в распределение внутренних напряжений в окружающей забой породе. Перфорация обсадной колонны сопровождается кратковременным воздействием на призабойную зону ударных волн различных частот, которые воздействуют на кристаллы, слагающие породу, и вызывают пьезоэлектрический эффект на гранях этих кристаллов [2]. Возникающее электрическое поле, в зависимости от его полярности, интенсивности и продолжительности существования, может либо тормозить, либо способствовать фильтрации, влиять на формирование аномальных жидкостных слоев на границе с поверхностью пор пласта [4]. В процессе добычи нефти вся извлекаемая пластовая жидкость – нефть, вода и газ – проходит через каналы призабойной зоны. Эти процессы происходят при температурах и давлениях, отличных от тех, при которых эти жидкости

(или газы) были первоначально на поверхности или в пласте [2]. В результате, как в фильтре, могут появляться отложения парафина, различных смолистых веществ, а также минеральных солей [5], которые приводят к засорению, нарушают гидродинамическую связь продуктивного пласта со скважиной и снижают ее производительность [1].

Разработаны различные методы для увеличения интенсивности добычи нефти и восстановления коллекторских свойств нефтеносного пласта [6]. Одним из наиболее перспективных способов, является глубокий прогрев призабойной зоны скважины с возможной последующей организацией горения внутри пласта, создаваемым при помощи генераторов из твердого топлива. В данной работе будут рассмотрены газогенераторы двух типов: ПГД-БК и АДС. При использовании этих устройств на призабойную зону оказывается силовое или тепловое воздействие, направленное на увеличение коэффициента извлечения нефти и продление срока эксплуатации скважины [7].

Так как цена на бурение и эксплуатацию скважин очень велика, а глубина залегания нефтеносного пласта может достигать несколько километров, то целесообразно предварительно использовать математическое моделирование для выявления наилучших и безопасных условий воздействия на призабойную зону [8]. Расчетный анализ позволяет выбрать наилучший тип аппарата, определить необходимую сборку зарядов для генераторов давления и комплексных аппаратов, прогнозировать параметры воздействия – изменение давления и температуры в скважине во времени [9]. Знание параметров воздействия позволяет не только обоснованно выбрать тип аппарата и уровень силового воздействия для преодоления зоны ухудшенной проницаемости, но и исключить аварийные ситуации при проведении работ [10].

Разработанная физико-математическая модель в ходе исследования была реализована в среде PascalABC.NET для проведения численных расчетов процессов в скважине при срабатывании генераторов типа ПГД-БК.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ ДЛЯ СИЛОВОГО И ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИЗАБОЙНУЮ ЗОНУ НЕФТЕНОСНОГО ПЛАСТА

1.1 Газогенераторы типа АДС

Известно, что при высокотемпературном прогреве участков пласта протекают процессы газификации и пиролиза [4]. Возможность интенсивного разогрева пласта с выделением большого количества тепла с одновременным образованием из продуктов горения газообразного CO_2 , а также деформирования пород может быть обеспечено при использовании твердотопливного теплогазогенератора в качестве мощнейшего нагревателя с целью увеличения проницаемости и интенсификации добычи нефти и газа [11]. На территории России, а также в странах СНГ широко используются аккумуляторы давления для скважин (АДС). АДС служат для воспламенения пороха при подаче на них электрического напряжения. В промышленном производстве наиболее распространенными являются две модификации: АДС-5, АДС-6 [1]. В зависимости от назначения АДС отличаются геометрическими размерами, величиной поверхности горения и термостойкостью пороха. На рисунке 2.1 приведена схема такого устройства.

АДС-5 и АДС-6 применяются в скважинах, диаметр обсадной колонны которых равен не менее 127 мм [10]. Представляют собой цилиндрические пороховые заряды 5, в тело которых в пазы 7 вмонтирована спираль накаливания 4. АДС-5 состоит из пяти сгорающих и одной воспламеняющей шашек. АДС-6 состоит из четырёх сгорающих шашек, причём в каждой шашке имеется центральный канал, и двух воспламеняющих, тоже канальных, шашек. Шашки соединяются с помощью устройства для сборки. Секции шашек разделены между собой втулками 8, чтобы избежать трения зарядов между собой при спуске в скважину. Нижняя торцовая часть гирлянды оснащается поддоном 6, предохраняющим заряд от

ударов. Те же функции выполняет обойма 3 в верхней части. Для спуска в скважину используют специальный кабель 1. Петли стального каната 2 соединяют с кабелем. Для воспламенения зарядов на спираль накаливания по кабелю подается ток силой не менее 1.5 А [12]. В таблице 1.1 приведены технические характеристики АДС-5 и АДС-6.

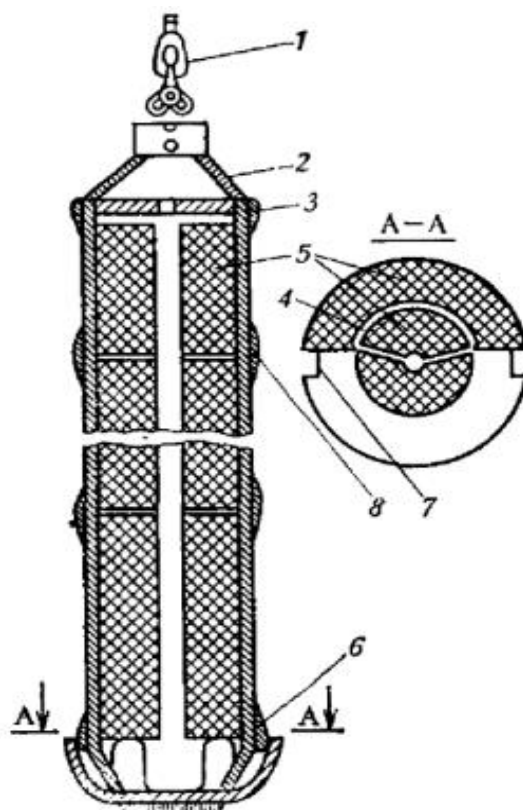


Рисунок 1.1 – Аккумулятор давления для скважин (АДС): 1-кабель; 2-канат; 3-обойма; 4-электроспираль; 5-пороховой заряд; 6-поддон; 7-паз; 8-штулка.

Перед спуском (рисунок 1.2) проводят подготовительные работы. Скважину очищают и заполняют водой [13]. Эксплуатационную колонну проверяют шаблоном, длина, диаметр и вес которого соответствуют АДС. Температура среды в период проведения процесса термогазохимического воздействия у стенки скважины 180-250 °С. В зависимости от массы заряда генерируемые снарядами АДС газы способны создать давление до 100 МПа. Полное время функционирования АДС составляет примерно 300 секунд [14].

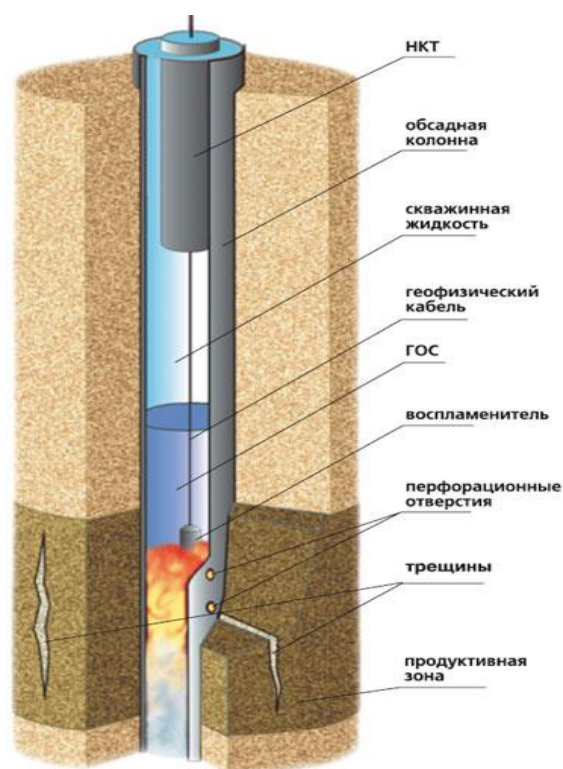


Рисунок 1.2 – Спуск генератора в скважину

Выделяющиеся при горении пороховые газы оказывают тепловое и химическое воздействие на твердые отложения и породу пласта. Углекислый газ, растворяясь в нефти, снижает ее вязкость и поверхностное натяжение нефти на границе с водой. Это способствует повышению продуктивности скважины. АДС-5 и АДС-6 надёжно работают в диапазоне давлений от 3 МПа до 35 МПа в среде воды, нефти, соляной кислоты с концентрацией до 25% [15].

Таблица 1.1 – Техническая характеристика АДС-5 и АДС-6

Способ воспламенения	Электрический
Минимальный ток воспламенения, А	1,5
Наружный диаметр, мм	112
Максимальная длина, мм	12000
Масса одного сгорающего элемента, кг	15
Максимальная масса элементов при спуске, кг	158

1.2. Газогенераторы типа ПГД-БК

Для разрыва нефтеносного пласта силовым воздействием применяются бескорпусные пороховые генераторы давления (ПГД-БК) (рисунок.1.3), создающие давление в скважине до 250 МПа.

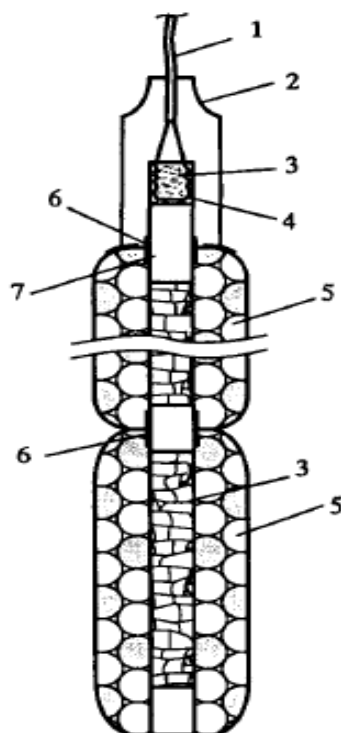


Рисунок 1.3 – Пороховой генератор давления бескорпусной (ПГД-БК):
1-кабель; 2-кабельный наконечник; 3-внутренний заряд; 4-воспламенитель; 5- пороховой заряд; 6-соединительная муфта; 7-соединительная трубка.

Аппараты типа ПГД–БК применяют в обсадных колоннах с проходным диаметром от 112 до 130 мм [16]. Генератор состоит из нескольких пороховых зарядов с массой до 10 кг каждый. Кабельная головка-наконечник 2, соединяется с кабелем 1 и соединительной резьбовой муфтой 6. В верхней части соединительной трубки 7 установлен внутренний заряд 3 и электрический воспламенитель 4, соединенный с электрическим кабелем 1. Вокруг соединительной трубки 7 располагаются пороховые элементы в оболочке 5.

Спуск и подъем генераторов типа ПГД БК производят на бронированном каротажном кабеле со скоростью не более 1 м/с в жидкой среде [17]. После спуска генератора на заданную глубину кабель закрепляют на устье скважины, после чего на электрозапал подается напряжение и начинается горение. Жидкость под действием пороховых газов отодвигается в пласт и вверх по стволу скважины. Поскольку процесс горения заряда кратковременный, а инерционность столба жидкости над зарядом большая, то давление пороховых газов достигает величин, достаточных для разрывов пласта. Импульс давления обеспечивает пульсацию столба жидкости в стволе, что создает подвижки скважинной жидкости в пласт и из пласта с затухающими амплитудами, в результате чего приствольная зона испытывает знакопеременные нагрузки и очищается от продуктов загрязнения [18].

Сгорание порохового заряда фиксируют по рывку кабеля, выбросу жидкости или по звуковому эффекту. При толщине пласта свыше 20 м производят многократное сжигание пороховых зарядов. После проведения операции на кабеле остаются кабельная головка-наконечник 2, соединительная трубка 7 с муфтами 6. Все остальное сгорает. В таблице 1.2 приведены технические характеристики ПГД-БК.

Таблица 1.2 – Техническая характеристика ПГД-БК

Способ воспламенения	Электрический
Наружный диаметр, мм	95
Максимальная длина, мм	18000
Масса генератора не более, кг	120

2. ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГЕНЕРАТОРА ПГД-БК В СКВАЖИНЕ

2.1. Физическая постановка задачи

Рассматривается задача создания давления и температуры в нефтяной скважине с использованием бескорпусного генератора давления с твердотопливными зарядами (рисунок 2.1).

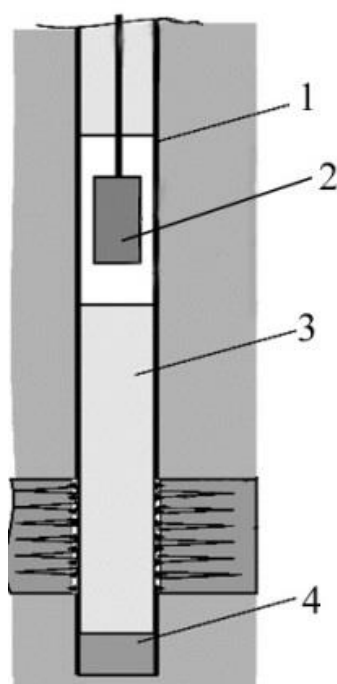


Рисунок 2.1 – Область решения: 1 – твердые стенки; 2 – источник тепловыделения (газогенератор); 3 – жидкость; 4- забой.

Область решения данной задачи - пространство скважины, которая заполнена водой и ограничена по бокам стенками обсадной колонны бесконечной толщины. Снизу находится забой скважины, а сверху – устье. Начальное давление равно гидростатическому, создаваемому столбом жидкости на глубине h . После воспламенения топлива начинает образовываться газовый пузырь и жидкость, находящаяся выше генератора, движется к устью скважины и может выбрасываться через него. Другая часть

(между генератором и забоем) задавливается частично в пласт через перфорационные каналы, если произойдет разрыв пласта. Зона горения представляет собой цилиндр, ограниченный стенками скважины и двумя поверхностями раздела «жидкость – газ», перпендикулярными оси обсадной колонны. Верхняя граница свободная. Нижняя граница – неподвижная стенка, непроницаемая для жидкости (забой скважины). Массообмен между продуктами сгорания и водой не учитывается, т.к. поверхность контакта газа с жидкостью мала и время работы ПГД-БК составляет 1..2 с.

2.2 Математическая постановка задачи

Математическая модель, описывающая изменение параметров в области, занятой продуктами горения, представлена системой обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), представляющих собой балансные соотношения для массы и энергии газового пузыря, которые дополняются выражениями, моделирующими вклад того или иного эффекта.

Изменение толщины свода шашки со временем (линейная скорость горения топлива) принимается в виде:

$$\frac{de_f}{dt} = u_f = a + bp^v, \quad (2.1)$$

где a , b , p , v – коэффициенты аппроксимации, u_f – линейная скорость горения.

Закон сохранения массы газов:

$$\frac{dM_g}{dt} = G_g - G_r \cdot e_w(\Pi), \quad (2.2)$$

где G_g – приход газов, $G_r = 0$ – расход газов.

$$G_g = \rho_f \cdot u_f \cdot S_f,$$

где $e_w(\Pi) = 0$ (единичная функция равна нулю, т.к. принято условие, что обсадная колонна скважины не имеет отверстий, следовательно, расход газов не учитывается), ρ_f – плотность топлива.

Изменение объема, занимаемого газами:

$$\frac{dW_g}{dt} = S_c \cdot w_g = S_c \frac{P_g - P_h}{\rho_w \cdot a_w}, \quad (2.3)$$

где S_c – площадь сечения скважины, ρ_f - плотность воды, a_w - скорость звука в воде.

Закон сохранения энергии:

$$\frac{dT_g}{dt} = \frac{c_p T_p G_g}{c_v M_g} - \frac{p_g}{c_v M_g} \frac{dW}{dt} - \frac{c_v T_g}{c_v M_g} \cdot \frac{dM_g}{dt}, \quad (2.4)$$

где $c_p T_p G_g$ – приход энергии, c_v, c_p – удельные массовые теплоемкости продуктов сгорания при постоянном объеме и давлении; скорость звука в воде, $p_g dW_g / dt$ - работа изменения объема, p_g - давление газов, T_g - температура газов, M_g - масса газов.

Уравнение состояния идеального газа в дифференциальной форме:

$$\frac{dp_g}{dt} = \frac{R_g T_g}{W_g} \cdot \frac{dM_g}{dt} + \frac{R_g M_g}{W_g} \cdot \frac{dT_g}{dt} - \frac{p_g}{W_g} \frac{dW_g}{dt}, \quad (2.5)$$

где R_g – удельная газовая постоянная.

Для удобства проведения численных расчетов, величины в системе ОДУ были переведены в безразмерные, путем введения масштабных величин [19]:

$$z_1 = e_f / e_{f0}; \quad z_2 = M_g / M_{g0}; \quad z_3 = W_g / W_{g0}; \quad z_4 = T_g / T_{g0};$$

$$z_5 = p_g / p_0$$

с заданными начальными условиями:

$t:=0$: $z[1]:=0$; $z[2]:=0.01$; $z[3]:=0.03$; $z[4]:=1$;
 $z[5]:=1$, где $z[1]$ – безразмерная толщина сгоревшего свода,
 $z[2]$ – безразмерная масса газов, $z[3]$ – безразмерный объем газов, $z[4]$ –
 безразмерная температура газов, $z[5]$ – безразмерное давление газов.

Поставленная задача относится к задаче Коши. Система нелинейных ОДУ интегрируется методом Рунге-Кутты четвертого порядка точности [20].

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2Б	Матузов Данил Евгеньевич

Институт	Энергетический	Кафедра	теоретической и промышленной теплотехники
Уровень образования	бакалавриат	Направление	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов, амортизационные отчисления, заработная плата научного руководителя.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы амортизации, нормы премии по счету заработной платы.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Ставка по отчислениям во внебюджетные фонды.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Экспертная оценка языков программирования
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Составление бюджета НИР
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Анализ критериев ресурсоэффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Календарный план

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН	Попова Светлана Николаевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2Б	Матузов Данил Евгеньевич		

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов является оценка коммерческой ценности разработки. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Коммерческая привлекательность научного исследования определяется превышением технических параметров над предыдущими разработками и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы: будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью работы является проектирование и создание конкурентоспособной разработки, технологии, отвечающей современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования;
- определение возможных альтернатив проведения научного исследования, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательской работы;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Тема: Математическое моделирование силового и теплового воздействия на призабойную зону нефтеносного пласта твердотопливными газогенераторами.

6.1 SWOT – анализ

Внутренние сильные стороны

- Автоматический расчет упростит и ускорит выбор оборудования;
- Использование программы для расчетов оборудования энергетических предприятий;
- Получения новых, неопубликованных результатов;
- Малая стоимость оборудования для разработки программного обеспечения.

Внутренние слабые стороны

- Ограниченная целевая аудитория;
- Малый объем выпускаемого оборудования в связи с его узкой специализацией.

Внешние угрозы

- Появление конкурентов в связи с развитием компьютерных технологий;
- Появление новых типов воздухоподогревателей и их комплектующих, требующих полного изменения алгоритма расчета.

Исследование и разработка алгоритма расчета позволит подобрать оптимальные конструктивные параметры твердотопливных газогенераторов и рассчитать безопасную глубину погружения генератора в скважину, поэтому основными клиентами будут являться нефтедобывающие компании.

Конкурентами являются исследователи, работающие в области разработки программного обеспечения.

Поставщиками программного обеспечения для написания программ и обработки результатов являются корпорация Microsoft и другие компании, предоставляющие среды программирования.

Результатами научного исследования могут заинтересоваться исследователи и компании, работающие в нефтегазодобывающих отраслях.

Аудиторией влияния на программное обеспечение является администрация Томского Политехнического Университета.

Конечным продуктом является компьютерная программа, в которой предварительно необходимо задать конструктивные параметры и глубину погружения газогенератора в скважину, позволяющие автоматически проанализировать изменение исследуемых параметров в зависимости от изменения исходных данных.

Обеспеченность, потребность в основных средствах

Основным средством является ЭВМ.

Оборотный капитал

Оборотный капитал отсутствует

Для разработки качественного программного продукта выбор среды моделирования является одним из важнейших шагов. Именно от этого выбора будет зависеть качество конечного продукта, быстрота работы и т.д. Поэтому произведем сравнительный анализ нескольких сред моделирования.

4.2 Экспертная оценка

Формулируется задача: найти аналитическую модель аттестации языка программирования, основывающуюся на его характеристиках.

Модель экспертной оценки строится по следующим параметрам:

1. Распространенность
2. Простота написания
3. Актуальность

4. Размер программного кода
5. Простота проверки ошибок кода

Эксперты оценили характеристики товаров по 10 - ти бальной шкале (10 - max). Далее они оценили важность каждого критерия по 5 бальной шкале (b_j). Все данные представлены в таблицах 4.1 – 4.6.

Таблица 4.1 – Список языка программирования

Язык программирования
Delphi
C++
PascalABC.NET
Visual Basic

Таблица 4.2 – Оценка конкурентоспособности экспертом №1

Фирма производитель	Простота	Универсаль- ность	Распростра- ненность	Технические характеристик	Скорость ра- боты	Сумма
Delphi	8/1,6	7/1,4	8/0,8	9/2,25	7/1,75	7,8
C++	8/1,6	9/1,8	7/0,7	8/2	8/2	8,1
PascalABC.NET	9/1,8	9/1,8	8/0,8	8/2	7/1,75	8,15
Visual Basic	7/1,4	8/1,6	7/0,7	6/1,5	8/2	7,2
Важность (b_i) [1-5]	4	4	2	5	5	20
Вес (W_i)	0,2	0,2	0,1	0,25	0,25	-

Для каждого завода изготовителя в столбцах с факторами конкурентоспособности поставлены оценки от 1 до 10, показывающие степень удовлетворения потребностям заказчика.

b_i – важность критерия – в этой строке необходимо было поставить цифру от 1 до 5 (5 – максимальная важность для заказчика).

W_i – весовой коэффициент – в этой строке рассчитан весовой коэффициент каждого фактора конкурентоспособности как отношение важности критерия к сумме важностей всех факторов $\frac{b_i}{b_{\Sigma}}$.

Суммарный весовой коэффициент равен единице – значит расчёт произведён верно. Таким образом, весовой коэффициент W_i показывает долю важности каждого из факторов конкурентоспособности.

Таблица 4.3 – Оценка конкурентоспособности экспертом №2

Фирма производитель	Простота	Универсаль- ность	Распространен- ность	Технические характеристики	Скорость работы	Сумма
Delphi	7/1,4	7/1,4	8/0,8	9/2,25	7/1,75	7,6
C++	9/1,8	9/1,8	6/0,6	8/2	8/2	8,2
PascalABC.NET	9/1,8	10/2	8/0,8	8/2	7/1,75	8,35
Visual Basic	6/1,2	9/1,8	6/0,6	7/1,75	8/2	7,35
Важность (b_i) [1-5]	4	4	2	5	5	20
Вес (W_i)	0,2	0,2	0,1	0,25	0,25	-

Таблица 4.4 – Оценка конкурентоспособности экспертом № 3

Фирма производитель	Простота	Универсаль- ность	Распространен- ность	Технические характеристики	Скорость работы	Сумма
Delphi	8/1,6	7/1,4	7/0,7	8/2	7/1,47	7,17

C++	8/1,6	9/1,8	6/0,6	7/1,75	7/1,75	7,5
PascalABC.NET	8/1,6	10/2	8/0,8	8/2	7/1,75	8,15
Visual Basic	8/1,6	8/1,6	7/0,7	7/1,75	8/2	7,01
Важность (b_i) [1-5]	4	4	2	5	5	20
Вес (W_i)	0,2	0,2	0,1	0,25	0,25	-

Таблица 4.5 – Оценка конкурентоспособности экспертом №4

Фирма производитель	Простота	Универсаль- ность	Распространен- ность	Технические характеристики	Скорость работы	Сумма
Delphi	7/1,4	8/1,6	7/0,7	9/2,25	7/1,75	6,94
C++	8/1,6	7/1,4	6/0,6	9/2,25	8/2	7,85
PascalABC.NET	9/1,8	9/1,8	7/0,7	8/2	7/1,75	8,05
Visual Basic	9/1,8	9/1,8	6/0,6	8/2	9/2,25	8,45
Важность (b_i) [1-5]	4	4	2	5	5	20
Вес (W_i)	0,2	0,2	0,1	0,25	0,25	-

Таблица 4.6 – Итоговые экспертные оценки

Фирма производитель	Эксперт № 1	Эксперт №2	Эксперт №3	Эксперт №4	Средняя оценка
Delphi	7,8	7,6	7,17	6,94	7,38
C++	8,1	8,2	7,5	7,85	7,91
PascalABC.NET	8,5	8,35	8,15	8,05	8,26
Visual Basic	7,2	7,35	7,01	8,45	7,50

В итоге, по результатам четырех независимых экспертных оценок, самый худший результат получила программа Visual Basic, а высший средний бал по предоставленным критериям отбора получила среда моделирования PascalABC.NET

4.3 Календарный план исследовательской работы

Таблица 4.7 – Перечень работ с количеством необходимых дней

Код работы	Наименование работы	$t_{\min i}$, день	$t_{\max i}$, день	U, человек	$t_{\text{ожид}}$, день
а	Составление и утверждение технического задания	1	1	1	1
б	Оформление технического задания	1	1	1	1
в	Подбор теоретической информации	4	8	1	5
г	Разработка программного обеспечения	3	4	1	5
д	Математическое моделирование	3	5	1	3
е	Проведение вычислений	4	5	1	3
ж	Анализ результатов	3	5	1	4
	Разработка экономической части				
з	SWOT - анализ	1	1	1	1
и	Экспертная оценка	1	1	1	1
к	Календарный план	1	1	1	1
л	Расчет стоимости	1	1	1	1
м	Анализ ресурсоэффективности	1	1	1	1
	Расчет БЖД				
н	Обеспечение пожарной безопасности	1	1	1	1
о	Обеспечение электро-безопасности	1	1	1	1
п	Обеспечение микроклимата рабочего места	1	1	1	1
р	Оформление	3	4	1	3

Таблица 4.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
	2	Оформление технического задания	Студент

Подбор и исследование раннее проведенных работ	3	Подбор теоретической информации (литература)	Студент
Теоретические исследования	4	Разработка программного обеспечения	Студент
	5	Математическое моделирование	Студент
	6	Проведение вычислений	Студент
	7	Анализ результатов	Руководитель, студент
Разработка экономической части	8	SWOT - анализ	Студент
	9	Экспертная оценка	Студент
	10	Календарный план	Студент
	11	Расчет стоимости	Студент
	12	Анализ ресурсоэффективности	Студент
Расчет БЖД	13	Обеспечение пожарной безопасности	Студент
	14	Обеспечение электробезопасности	Студент
	15	Обеспечение микроклимата рабочего места	Студент
Оформление работы	16	Оформление	Студент

Таблица 4.9 – Календарный план исследовательской работы

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{кi} кал. дн	Продолжительность выполнения работ							
				Март						Апрель	
				1	2	3-9	10-15	16-21	22-31	1-11	12-17
1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель	1	+							
2	Оформление технического задания	Студент	1		+						
3	Подбор теоретической информации (литература)	Студент	7			+					
4	Разработка программного обеспечения	Студент	6				+				
5	Математическое моделирование	Студент	6					+			
6	Проведение вычислений	Студент	10						+		
7	SWOT - анализ	Студент	1			+					
8	Экспертная оценка	Студент	1			+					
9	Календарный план	Студент	1				+				
10	Расчет стоимости	Студент	1						+		
11	Анализ ресурсоэффективности	Студент	1						+		
12	Обеспечение пожарной безопасности	Студент	1								+
13	Обеспечение электро-безопасности	Студент	1								+
14	Обеспечение микроклимата рабочего места	Студент	1								+
15	Анализ результатов	Студент	4							+	
16	Оформление	Студент	6								+

4.4 Бюджет на исследовательскую работу

В таблице 4.10 представлено подробное описание расходов на материалы:

Таблица 4.10 – Расходы на материалы

Расходы	Ед. измерения	Цена	Кол-во	Итого
Канцтовары	-	-	-	930
Заправка картриджа	шт	500	1	400
Электроэнергия	кВт·ч	2,93	44,1	130
Итого:				1 460

Таблица 4.11 – Канцтовары

Наименование:	Цена
Бумага	400
Ручки	80
Флешка	450
Итого:	930

Таблица 4.12 – Потребления электроэнергии

Источник потребления	Мощность, кВт/ч	Кол-во часов	Итого:
Персональный компьютер	0,2	250	40
Освещение	0,05	80	4
Принтер и МФУ	0,05	2	0,1
Итого:			44,1

Таблица 4.13 – Амортизация

Объект	Норма в год	Стоимость	Величина в год	Кол-во часов	Сумма в час	Время работы, ч.	Стоимость амортизации
Персональный компьютер	20	40000	8000	1800	4,44	250	1110
Принтер и МФУ	20	7000	1400	350	4,00	2	8,00
Итого:							1118

$$\text{Норма амортизации} = \frac{1}{\text{срок службы}} \cdot 100;$$

$$\text{Величина амортизации в год} = \frac{\text{Стоимость оборудования} \cdot \text{норма амортизации}}{100};$$

$$\text{Сумма амортизации в час} = \frac{\text{величина амортизации в год}}{\text{количество часов работы в год}};$$

$$\text{Стоимость амортизации} = \text{время работы} \cdot \text{сумма амортизации в час.}$$

Зарплата и отчисление на соц. нужды:

Оплата работы руководителя ВКР почасовая. Норма времени на руководство ВКР бакалавра составляет 22 часа. В соответствии с временным положением о порядке нормирования труда научно-педагогических работников, тариф на почасовую оплату работы профессора составляет 300 руб./час, значит расходы на оплату труда определяются как:

$$C_{з.п.} = 22 \cdot 300 = 6600 \text{ руб.}$$

$$\text{Отчисления на социальные нужды } S_{с.н.} = 6600 \cdot 0,3 = 1980 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты составят: $C_{\text{сум.}} = 6600 + 1980 = 8580$ руб.

В итоге получим:

Таблица 4.14 – Смета проекта

Наименование	Единичные расчеты			Суммарные затраты			
	Материалы	Зарплата	Аморти- зация	Материалы	Зарплата и соц.отчисле- ния	Амортиза- ция	Сумма
Разработка программного обеспечения	1460	8580	-	1460	8580	1118	11158