

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

Институт ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
 Направление подготовки Теплоэнергетика и теплотехника
 Кафедра теоретической и промышленной теплотехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Экспериментальное исследование процессов зажигания плёнок жидких топлив локальными источниками энергии УДК <u>621.311.6:662.94.001.5</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2Б	Зыгин Михаил Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Захаревич А.В.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Попова С.Н.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Дашковский А.Г.	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 результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р1	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.
Р2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
Р3	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.
Р4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
Р5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
Р6	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>	
Р7	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.
Р8	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.
Р9	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.

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

Институт ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
Направление подготовки Теплоэнергетика и теплотехника
Кафедра теоретической и промышленной теплотехники

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ТПТ
Кузнецов Г.В.
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студент:

Группы	ФИО
5Б2Б	Зыгин Михаил Сргеевич

Тема работы:

Экспериментальное исследование процессов зажигания плёнок жидких топлив локальными источниками энергии

Утверждена приказом ректора (дата, номер)

№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 – Мазут марки М-100 и зимнее дизельное топливо ДТ-З-КЗ-38, находящиеся в непосредственном контакте с одиночной нагретой частицей ограниченной энергоемкости с варьируемой температурой. Предмет исследования – влияние изменения толщин жидких топлив и температуры локального источника энергии на зажигание образцов.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Разработка методики экспериментальных исследований проведения экспериментов;</p> <p>Проведение серии экспериментов с варьированием следующих факторов: толщины пленки жидкого топлива, изменение начальной температуры локального источника энергии;</p> <p>Анализ полученных результатов. Установление задержки скорости испарения от толщины пленки, от температуры локального источника энергии;</p>
--	--

<p>Перечень графического материала</p>	
---	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Попова Светлана Николаевна, доцент каф. МЕН</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Дашковский Анатолий Григорьевич, доцент каф. ЭБЖ</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>26.02.2016</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент</p>	<p>Захаревич А.В.</p>	<p>к.т.н.</p>		<p>26.02.2016</p>

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>5Б2Б</p>	<p>Зыгин Михаил Сергеевич</p>		<p>26.02.2016</p>

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2Б	Зыгин Михаил Сергеевич

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Экспертная оценка сравнения ресурсоэффективности и оценки достоверности полученных результатов</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Составление бюджета НИР</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Анализ критериев ресурсоэффективности</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Альтернативы проведения НИ</i>
3. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2Б	Зыгин Михаил Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2Б	Зыгин Михаил Сергеевич

Институт	Энергетический	Кафедра	ТПТ
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	<p>1. Описание рабочего места на предмет :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Описание места проведения работ по разделу; - проявлений факторов техносферной безопасности; - Объекта воздействия на окружающую среду (экологическая безопасность); - Места возникновения ЧС (в основном опасность пожара);
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке	<p>1. Анализ вредных факторов, проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - предлагаемые средства защиты - описание технических систем, обеспечивающих требования нормативов <p>2. Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей Последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - механические опасности (источники, средства защиты) - термические опасности (источники, средства защиты) - электробезопасность; - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) <p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. <p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - перечень возможных ЧС на объекте; - либо, выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации; <p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - специальные правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия управления охраной труда, ООС, ЧС; <p>Перечень законодательных и нормативных документов в порядке их цитирования по пунктам раздела</p>
Перечень расчётного и графического материала	<p>Расчет искусственного освещения для помещения</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А.Г.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2Б	Зыгин М.С.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 87 с., 13 рис., 16 табл., 42 источника.

Ключевые слова: локальный источник энергии, жидкое топливо, время задержки зажигания, мазут, дизельное топливо.

Объект исследования – Мазут марки М-100 и зимнее дизельное топливо ДТ-З-КЗ-38.

Источником нагрева в экспериментах являлась монолитная стальная частица в форме диска характерного размера диаметром ($d_p = 6 \cdot 10^{-3}$ м) и высотой ($h_p = 3 \cdot 10^{-3}$ м).

Цель работы – экспериментальное исследование условий и характеристик зажигания при нагреве изменяющихся толщин пленок жидких топлив, а именно дизельного топлива и мазута М-100, металлическими локальными источниками характерных размеров.

Личный вклад автора состоит в том, что была составлена методика проведения экспериментальных исследований, а также были проведены серии экспериментальных опытов с последующей обработкой экспериментальных данных и их обобщением.

Проведены экспериментальные исследования по зажиганию пленок жидких топлив локальным источником энергии. Проведен анализ влияния толщины пленки и начальной температуры одиночной нагретой частицы.

Область применения полученных экспериментальных данных возможна в создании фундаментальной теории зажигания локальными источниками энергии.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word^{XP} 2010, диаграммы построены в книге Microsoft Excel^{XP} 2010, рисунки выполнены с помощью программы КОМПАС, редактор формул Math Type 6.0.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	11
ГЛАВА 1. Современные научные представления о зажигании и горении твёрдых и жидких конденсированных веществ	14
1.1 Классическая теория горения	14
1.2 Исследования зажигания жидких и твёрдых конденсированных веществ локальным источником энергии.	18
ГЛАВА 2. Описание экспериментального исследования процессов зажигания плёнок жидких топлив локальным источником энергии	28
2.1 Экспериментальная установка и методика проведения эксперимента	28
ГЛАВА 3. Экспериментальные исследования процессов зажигания плёнок жидких топлив локальным источником энергии	33
3.1 Результаты экспериментов и обсуждение	33
3.2 Оценка погрешностей экспериментальных результатов	43
3.3 Физическая модель зажигания дизельного и мазутного топлив	48
3.5.1. Физическая модель зажигания мазута	48
3.5.2. Физическая модель зажигания дизельного топлива	49
3.5.3. Сравнение физических моделей дизельного топлива и мазута	50
ГЛАВА 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	51
4.1 Хозяйственные цели исследования	51
4.2 Сравнительная оценка вариантов термоэлектрических преобразователей	52
4.3 Календарный план выполнения НИРа	55
4.4 Бюджет научного исследования	58
ГЛАВА 5. Социальная ответственность	64

5.1 Анализ вредных факторов производственной среды	64
5.2.1 Производственный шум	73
5.2.2 Электробезопасность	74
5.2.3 Пожарная безопасность	75
5.3 Охрана окружающей среды	77
5.4 Защита в чрезвычайных ситуациях	79
5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	82
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	83

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время большую актуальность приобретает прогнозирование пожарной опасности твердых и жидких топлив, применяющихся в энергетических установках различного назначения. В современных методиках прогноза часто используют модели, в которых источником нагрева является или масштабный источник высоких температур, или поток высокотемпературных газов. Многочисленные пожары в производственных зданиях возникают из-за воздействия на способные гореть вещества частиц металлов нагретых до высоких температур. Причинами возникновения пожаров на промышленных и гражданских объектах, а так же лесных пожаров вблизи промышленных предприятий или находящихся вблизи лесополосы, зачастую становятся частицы малых размеров. Статистика возникновения пожаров за последние 5 лет (рис.1) составляет тенденцию к тому, чтобы задуматься о мерах безопасности на предприятиях. Статистика составлена на основании данных представленных на официальном сайте МЧС Российской Федерации. Статистика учитывает пожары, которые возникли в результате нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования, а так же в связи с неисправностью производственного оборудования или технологического процесса производства.



Рисунок – 1. Статистика пожаров за последние 5 лет.

Установление основных закономерностей зажигания жидких конденсированных веществ возможно в результате экспериментальных исследований в условиях, соответствующих реальным режимам зажигания конденсированных веществ (КВ). Процессы зажигания жидких конденсированных веществ известны уже давно, однако до настоящего времени отсутствуют данные об основных закономерностях зажигания пленок жидких топлив при различных толщинах локальными источниками энергии. К тому же имеет важное практическое значение анализ особенностей механизма зажигания данного вида топлива и его соответствие с классической теорией зажигания жидких топлив. В связи с этим, экспериментальное исследование процессов зажигания плёнок жидких топлив локальным источником энергии является актуальной задачей, которая на настоящее время еще не решена.

Экспериментальные результаты по исследованию времени задержки жидких КВ могут быть использованы при оценке пожароопасности и взрывоопасности промышленных и гражданских объектов, оборудования и сооружений при их проектировании и строительстве, а также для разработки

мер по предотвращению возникновения пожаров и взрывов, либо для их подавления.

Цель работы – экспериментальное исследование условий и характеристик зажигания при нагреве изменяющихся толщин пленок жидких топлив, а именно дизельного топлива и мазута М-100, металлическими локальными источниками характерных размеров.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Проведение обзора научной литературы по тематике зажигания жидких конденсированных веществ и конкретно по зажиганию дизельного и мазутного топлив;
2. Разработка методики проведения экспериментов по изучению процесса воспламенения опытных образцов в зависимости от изменения влияющих факторов;
3. Проведение серий экспериментальных исследований по зажиганию образцов жидких топлив локальным источником энергии характерных размеров, при варьировании температуры одиночной частицы и толщины пленки жидкого горючего топлива;
4. Анализ полученных экспериментальных данных для времени задержки зажигания жидких топлив при различных температурах источника теплоты и толщинах пленки;

Оценка влияния толщины пленки и температуры локального источника теплоты параметры зажигания КВ.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ЗАЖИГАНИИ И ГОРЕНИИ ТВЕРДЫХ И ЖИДКИХ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ВЕЩЕСТВ

1.1 Классическая теория горения

Первые работы, которые описывали горение веществ является публикация Лавуазье «О горении вообще» опубликованная в 1777 году и его работ с Лапласом в 1783 году[1]. С момента публикации этих работ наши знания о природе горения продвинулись очень далеко. Были проведены экспериментальные и теоретические исследования с описанием процессов горения и зажигания конденсированных веществ.

Последующие работы были проведены русским физиком В. А. Михельсоном и французскими учеными Малляром и Ле-Шателье. В 1890 году Михельсон дал глубокий анализ нормального горения газов в трубах и теорию пламени на горелке Бунзена и теоретически дал обоснование метода измерения нормальных скоростей пламени с помощью горелки. В работах Ле-Шателье и Малляра были исследованы скорости пламени различных газовых смесях. Их исследования показали, что скорость пламени в основном не превышает 20 м/с. Так же они начали изучать детонацию, причем в работе описывается, что в случае труб с закрытым одним концом происходит очень быстрое воспламенение – мощная детонация, с высокой скоростью распространения пламени, так называемой «эффективной скоростью». Эта эффективная скорость была определена для водородно-кислородных смесей, и она составила более 1000 м/с. Как показали исследования для водородно-воздушной смеси определенная эффективная скорость – более 300 м/с. Работа Ле-Шателье и Малляра не имела цель сделать открытие явления детонации, она была написана в стиле сообщения, и к тому же термин детонирующая смесь был уже использован Малляром в более ранних работах, для смесей рудничного газа с воздухом. В качестве измеряющего

прибора был использован хронограф Дюпре, позволяющий измерять скорости на локальных базах измерения [2].

В 1928 году Бурке и Шуманн исследовали диффузию пламени. Ими было установлено, что в случае когда скорость сгорания реагентов химической реакции во много раз превышает скорость подвода реагентов посредством диффузии, то можно считать, что между окислителем и горючим самопроизвольно устанавливается стехиометрическое соотношение, а максимальная температура в зоне реакции близка к адиабатической температуре горения [3].

В 1920 году советский ученый Семенов Н.Н. разработал теорию теплового взрыва и математически сформулировал тепловую природу самовоспламенения. Теория утверждает наличие критических условий воспламенения, в тот момент, когда интенсивность тепловыделения превышает теплоотвод и приводит к нарушению стационарного процесса, добиться которого в дальнейшем невозможно. При этом он использовал следующие допущения: температура вещества одинакова во всех его точках и концентрации горючих веществ остаются постоянными во времени [4].

В 1938 году Франк-Каменецкий развил и доработал теорию Семенова. Он предположил о том, что горючая смесь неподвижна, температура вещества неравномерна по объему, теплота передается теплопроводностью, а химическая реакция проходит по всему объему неравномерно. В этой теории рассматривалась горючая смесь в объеме сосуда, в котором выделение тепла равно количеству теплоты, передающемуся через стенки сосуда. Сам тепловой взрыв определялся как невозможность существования стационарного процесса при прохождении химической реакции в сосуде [5].

Я. Б. Зельдович вместе с Франком-Каменецким разработали теорию распространения ламинарного пламени, по которой распространение происходит за счет передачи тепла теплопроводностью из зоны горения в

зону свежей смеси. Сгорание слоя горючего вещества приводит к возгоранию следующего, до полного сгорания горючей смеси. Тепло отводимое из зоны реакции к свежей смеси, компенсируется выделением тепла от реакции, что приводит к устойчивому фронту пламени. В результате послойного сгорания вещества, фронт пламени распространяется по смеси, обеспечивая распространение пламени. Позже Зельдович уточнил, что данная теория применима только к простым химическим реакциям, а распространение пламени происходит по цепному механизму [6].

Известный советский ученый Беляев провел экспериментальные исследования. В результате этих исследований было открыто, что летучие взрывчатые вещества горят в газовом состоянии, и как следствие скорость распространения пламени в таких веществах должна быть определена как скорость распространения пламени в газовой фазе. По результатам был составлен механизм горения таких веществ как нитроглицерин, по которому с повышением температуры вещество нагревалось до температуры кипения, потом после испарения и подогрева происходила реакция горения в объеме, на некотором расстоянии от поверхности вещества. [7]

В 1942 году Зельдович на основании теории распространения ламинарного пламени доработал теорию горения конденсированных веществ. В теории, представления о горении конденсированных систем были основаны на предположениях, что химические реакции протекают с значительной скоростью только при высоких температурах [8]. Зельдович так же внес вклад благодаря разработки теории детонации, параллельно и независимо с Джоном фон Нейманом (США) и Вернером Дерингом (Германия). В этой теории считается, что вещество при распространении детонации нагревается, а через некоторое время в нем начинаются химические реакции. При протекании химических реакций получаемое тепло способствует ускорению движения продуктов реакции и их расширению. Область химических реакций выступает в роли движущей силы ударной

волны и обеспечивает ее устойчивость. Данная модель названа в честь всех трех ученых ZND. [9]

В работе советского ученого Демидова П.Г. описываются показатели (скорость выгорания, скорость выделения тепла, скорость распространения горения, скорость газообмена и дымообразования, теплота сгорания) определяющие пожарную опасность и горение вещества [10]. В данной работе показаны параметры расхода воздуха на горение, виды пламени и отношение веществ к нагреванию. Так же описаны процессы воспламенения газо – и паровоздушной смеси от нагретого тела и искры, температуры воспламенения горючих смесей при вынужденном воспламенении. Описаны теоретические значения температуры вспышки, воспламенения жидкости и газов.

В учебном пособии [11] условия возникновения горения, методы расчета температурных пределов воспламенения, общая характеристика материалов и тепловой баланс процессов. Также описываются особенности горения жидкого и газообразного горючего. Приводятся уравнения для расчета теплового баланса, скоростей реакции, определения температуры парообразования.

Проведенные исследования Сеплярским Б.С. и Гордополовой И.С. [12] выявили время задержки зажигания для конденсированных систем (КС) для тугоплавкого продукта. Также было обосновано что возможно нахождение температуры из соотношений равенств внешнего теплового потока интегральному тепловыделению от химической реакции в гетерогенной системе. Установлено, что при температуре поверхности ниже температуры зажигания прогрев можно считать инертным и он составляет основную часть времени задержки.

Большой вклад в развитие теории горения внесли научные труды Вилюнова Н.В. [13]. Он дал понять, что изучение теории горения является громоздкой задачей, и для её составления необходимо изучить большое количество материала. Поэтому теория зажигания конденсированных веществ превратилась в самостоятельный раздел химической физики развитым математическим аппаратом. В работе Н.В. Вилюнова исследовался только тепловой механизм зажигания, различными путями: кондуктивным, лучистым и конвективным. В данной работе получены результаты для критических характеристик (время зажигания, тепловой импульс, интерполяционные зависимости). Представлены два аналитических метода расчета характеристик зажигания, один из которых является развитием теории Я.Б. Зельдовича[9], а второй является модификацией метода последовательных приближений.

1.2 Исследования зажигания жидких и твердых конденсированных веществ локальным источником энергии.

В работе [14] были изучены возможные сценарии выпадения частиц малой энергоемкости в слой с различной пористостью лесного горючего материала и возможность возникновения лесного пожара или пожара на границе “промышленный объект - лесной массив”. Сформулирована физическая модель исследованного процесса отличающаяся от известных [15,16.] описанием неоднородной структуры приповерхностного слоя лесного горючего материала. Так же [17, 18] были исследованы условия зажигания частиц малой энергоемкости с взаимодействием с ЛГМ при различных условиях. Были исследованы и различные породы лесных горючих материалов [19]. На основании полученных экспериментальных и смоделированных результатов были сформулированы нижние границы

зажигания [17], а так же выявлены механизмы зажигания [20]: а) первый сопровождается выпадением и горением углеродистой частицы, что однозначно приводит к возникновению возгорания; б) выпадение нагретой частицы без сопровождения горением летучих соединений (второй сценарий также приводит к возникновению возгорания при температурах более 1113К).

При исследовании термокинетических параметров твердых и жидких КВ одиночной нагретой до высоких температур частицей [21] была впервые разработана методика экспериментального изучения процессов зажигания. Установлены зависимости времени задержки зажигания веществ от размеров частицы и ее степени нагретости. Была описана физическая модель зажигания веществ (металлизированного, неметаллизированного, мазута, керосина, бензина, дизельного топлива). Были показаны различия между процессами зажигания топлив нагретыми до высоких температур частицами. Исследовано влияние формы нагретой частицы на механизм и процесс воспламенения жидких топлив. Также исследовано зажигание жидких топлив частицами, образующимися в результате сварки металлов.

Условия и характеристики процессов зажигания были исследованы для диспергированных топлив одиночной нагретой до высоких температур керамической частицей [22, 23]. Получены результаты экспериментальных условий и характеристик воспламенения измельченных углей при воздействии на поверхность слоя горючего вещества одиночных нагретых керамических частиц. Установлены зависимости времени задержки зажигания от температуры частиц, падающих с небольшой скоростью на поверхность топлива. Проведено сравнение условий зажигания измельченных углей, жидких топлив, ЛГМ и диспергированной древесины одиночными «горячими» частицами. Сформулирована физическая модель исследуемого процесса. Согласно этой модели, при падении на слой горючего вещества, нагретая частица отдает некоторое количество теплоты, которое передается теплопроводностью и теплоотдачей с боковой и нижней

поверхностей. При нагреве угля происходит газификация, термическое разложение верхнего слоя диспергированного топлива с выделением газообразных веществ, которые являются определяющими при воспламенении. Результаты экспериментов свидетельствуют о том, что при зажигании нагретая частица находится в окружении горящих газов, которые в начальной стадии зажигания сгорают. Таким образом воспламенение начинается в газовой фазе для данного вида топлива.

При экспериментальных исследованиях условий и характеристик зажигания типичных горючих жидкостей одиночной нагретой до высоких температур керамической частицей [24]. Были получены экспериментальные зависимости времени задержки зажигания от начальной температуры частицы, для керосина и дизельного топлива. По результатам экспериментальных зависимостей были выявлены различия во времени задержки для дизельного топлива и керосина. Для дизельного топлива время воспламенения оказалось меньше на 15%. Также эксперименты показали, что минимальная температура зажигания дизельного топлива меньше на 40К чем у керосина. По результатам видеосъемки и обработки экспериментальных данных была сформулирована физическая модель исследуемого процесса. В результате взаимодействия нагретой частицы с поверхностью жидкого топлива происходит интенсивное парообразование с поглощением теплоты фазового перехода, вследствие чего, между частицей и топливом образуется паровой зазор, который снижает интенсивность теплообмена. Однако при обтекании горячей частицы продукты горючего нагреваются до температуры, при которой начинается процесс горения. Сравнив экспериментальные результаты, полученные для керамической и металлической частиц, можно сделать вывод о том, что металлические частицы представляют существенно большую опасность так как имеют большую теплопроводность и могут запасти большее количество энергии для зажигания топлива.

В 2012 году было изучены [25] макроскопические закономерности зажигания металлизированного конденсированного вещества нагретым до

высоких температур локальным источником ограниченной энергоемкости в рамках модели, учитывающей ее внедрение в приповерхностный слой структурно неоднородного вещества. Моделирование проводилось для смешанного топлива, структурная неоднородность которого обусловлена включениями частиц алюминия. Были произведены сравнительные анализы интегральных характеристик процесса зажигания для гетерогенной и гомогенной среды. Установлена зависимость времени задержки зажигания от начальной температуры и глубины внедрения локального источника энергии в приповерхностный слой смешанной композиции. Показано, что условия взаимодействия локальных источников нагрева с твердыми металлизированными КВ (особенно в области относительно низких температур источников) достаточно существенно влияют на интегральные характеристики зажигания. Разработана модель и получены результаты теоретических исследований, их можно применять для оптимизации процессов зажигания.

При изучении зажигания модельных смешанных топливных композиций одиночной, нагретой до высоких температур, стальной частицей [26]. Разработана методика исследования закономерностей зажигания конденсированных веществ одиночной частицей. Получены зависимости времени задержки зажигания от начальной температуры частицы. Приведены результаты исследований механизма зажигания металлизированных и неметаллизированных конденсированных веществ. Показано, что наличие металлических примесей заметно увеличивает время задержки зажигания. Это обусловлено ростом эффективной теплопроводности композиции при равных условиях по сравнению с неметаллизированным топливом. Результаты экспериментальных исследований являются определенной эмпирической базой для развития моделей зажигания как гомогенных, так и гетерогенных топлив.

Моделирование процесса зажигания жидкого топлива (бензин) нагретой металлической частицей [27] в рамках газофазной модели воспламенения,

учитывающей процессы диффузии, теплопроводности, конвекции паров горючего в среде окислителя и испарения, частичное погружение источника нагрева в жидкость, установило, что на процесс зажигания влияет образование парового зазора и величина погружения нагретой частицы в жидкое углеводородное топливо.

Были проведены исследования зажигания бензина одиночной нагретой до высоких температур частицей [28]. Исследования проводились для бензина с октановым числом 92. В данной работе впервые были проведены экспериментальные исследования и выделен механизм зажигания бензина одиночной «горячей» металлической частицей, что позволило выделить основные закономерности этого процесса. Выявлено, что зажигание бензина происходит при взаимодействии смеси его паров с воздухом и нагретой частицей при концентрациях паров, соответствующих условиям испарения бензина при комнатной температуре. Если температура частицы ниже критической, то воспламенение не происходило.

При изучении зажигания дистиллятных топлив на примере керосина и дизельного топлив [29] были представлены методика и результаты исследования. В данной работе была сформулирована физическая модель для зажигания топлив одиночной нагретой до высоких температур частицей. Приведены зависимости времени зажигания от начальных температур стальной частицы. Опыты проводились для топлив толщиной 3-5 мм. По результатам исследования был сделан вывод о том, что время задержки зажигания керосина меньше чем для летнего дизельного топлива. Изменение толщины пленки топлива так же влияло на время задержки зажигания (τ_3). При её увеличении росла и величина τ_3 .

Численные исследования процесса зажигания материалов поливинилнитрата углеродистыми частицами [30]. Моделирование процесса зажигания «КВ-одиночная нагретая частица» дали результаты, в которых при высокой температуре частицы и газов время задержки зажигания меньше,

чем при конвективном или радиационном теплообмене с газовой средой. При низких температурах время задержки воспламенения существенно больше. В работе сделаны выводы о том, что высока вероятность реализации механизмов зажигания КВ нагретыми металлическими частицами при воздействии гетерогенной среды на конденсированные вещества, причем в достаточно широком диапазоне. А также о возможности существенного снижения времени задержки воспламенения порохов в системах при добавлении в воспламенительные составы не газифицирующихся при высоких температурах компонентов в малых концентрациях.

Разработана теория тепломассопереноса при зажигании жидких КВ и парогазовых смесей одиночной нагретой частицей [31] на базе математической модели, впервые учитывающей совместное протекание основного процесса тепломассопереноса с фазовым переходом и химической реакцией. Модель была составлена для теплопереноса в твердой, газовой и жидкой фазах, учитывались так же испарение горючего топлива, диффузионно-конвективный массоперенос горючих паров в среде окислителя. Учитывался теплоотвод от источника энергии, формирование парового зазора между жидкостью и одиночной нагретой частицей, частичное или полное погружение частицы в топливо, химические реакции окисления паров горючего в воздухе с выделением энергии, кристаллизация локального источника энергии при его охлаждении.

Проведены численные и экспериментальные исследования процессов зажигания распространенного жидкого КВ [32] при погружении в него одиночной нагретой частицей. Исследования проводились в рамках модели, учитывались группы взаимосвязанных физико-химических процессов с фазовыми превращениями. Установлены верхние границы погружения одиночной нагретой частицы, при которых возгорание жидкого КВ не происходит. Экспериментально и численно показано, что возгорание жидкого КВ невозможно при полном погружении в него типичного

источника ограниченной энергоемкости – разогретой до высоких температур металлической частицы. Установлено, что при затоплении частицы происходит интенсивное испарение жидкости. Однако, температура вдуваемых паров КВ и изолированного слоем жидкости окислителя недостаточна для ускорения реакции окисления. При дальнейшем погружении затопленного локального источника его температура снижается, скорость испарения уменьшается и замедляется вдув паров КВ в газовую область. Как следствие, происходит медленное остывание и погружение источника энергии. Можно заключить, что если зажигание не произошло при выпадении на поверхность горючей или легковоспламеняющейся жидкости разогретой до высоких температур частицы и последующем ее частичном погружении, то условия воспламенения не будут достигнуты при полном затоплении локального источника энергии.

Смоделированы и сформулированы физические и химические аспекты зажигания жидких топлив источниками нагрева одиночных нагретой частицей [33]. Исследования выполнялись для стальных и алюминиевых частиц. Установлены времена задержки зажигания от начальной температуры источника нагрева, а также выявлено, что наименьшие времена задержки зажигания наблюдались при наличии идеального контакта между горючим жидким веществом и частицей металла с высокой плотностью и низким коэффициентом температуропроводности.

Численные исследования процесса тепломассопереноса при зажигании гелеобразных и жидких топлив локальным источником энергии [34]. Проведён сравнительный анализ условий и режимов зажигания гелеобразного и жидкого топлив. В результате исследований выявлены значительные различия расположения зоны локализации ведущей реакции окисления в рассматриваемых системах. Выявлено, что при воспламенении гелеобразного топлива значения времени задержки зажигания гораздо ниже по сравнению с жидким топливом. При этом предельные значения основных

параметров (температура, размеры) локального источника энергии выше. Установлено, что (в отличие от жидкого топлива) зона ведущей реакции окисления продуктов испарения горючего формируется в окрестности поверхности контакта гелеобразного топлива с одиночной частицей. Варьирование значений основных параметров источника нагрева (температуры и размеров) не приводит к изменению положения зоны реакции окисления в отличие от жидких топлив, при зажигании которых выявлены три режима зажигания с различной локализацией зоны воспламенения.

Выполнены численные исследования тепломассопереноса при газофазном зажигании полимерного материала одиночной нагретой частицей [35]. Построена математическая модель процесса учитывающая взаимосвязанные физикохимические процессы (диффузионно-конвективный тепломассоперенос и окисление в газовой фазе). В результате исследований определены зависимости времени задержки зажигания полимера от начальной температуры источника энергии. Выявлены режимы зажигания, характеризующие изменение положения зоны локализации ведущей реакции окисления в газовой фазе. Установлено, что локальные источники ограниченного теплосодержания с высокой вероятностью могут инициировать процесс горения полимерного материала.

Сформулирована физическая модель процесса зажигания одиночной нагретой до высоких температур стальной частицей [36] пленки жидкого горючего вещества (керосин). Установлены зависимости времени задержки зажигания от начальной температуры частицы. Также выявлено, что механизм процесса зажигания существенно отличается от аналогичных механизмов для твердых и газообразных веществ.

Экспериментально исследованы существенные отличия характеристик зажигания типичного жидкого дистиллятного топлива (керосина) при

различных методиках нагрева [37]. Получены зависимости времени задержки зажигания топлива от температуры источника нагрева. Которые показывают влияние условий теплопередачи на характеристики процесса зажигания жидких дистиллятных топлив. Анализируя и обобщая результаты проведенных экспериментальных исследований можно сделать вывод о существенных отличиях условий теплопередачи при зажигании жидких топлив массивным источником нагрева и малой по размерам одиночной нагретой частицей. Соответственно, и определенные в экспериментах термокинетические параметры зажигания жидкого топлива будут существенно отличаться. Полученные результаты послужат базой для дальнейшего развития моделей зажигания горючих жидкостей в части детализации процессов тепломассопереноса в малой окрестности. Результаты проведенных экспериментов показали целесообразность развития традиционных моделей зажигания КВ в части детализации процессов теплопередачи в зону химической реакции.

При исследованиях были получены результаты влияния времени задержки зажигания дизельного топлива [38] от начальной температуры металлической частицы. Так же было установлено, что при температуре одиночной нагретой частицы свыше 1320 К происходит устойчивое зажигание дизельного топлива. Был проведен сравнительный анализ механизмов зажигания дизельного топлива и механизма воспламенения бензина, который показал существенные различия.

Исследованы макроскопические закономерности процесса зажигания неоднородного металлизированного твердого топлива одиночной нагретой до высоких температур частицей [39], при учете зависимости теплофизических свойств материалов и веществ. Установлено, что при учете зависимости теплофизических свойств материалов и веществ от температуры отклонение значений времени задержки зажигания в сравнении с результатами решения задачи для случая постоянных теплофизических

характеристик составляет 15,8 %, при температуре локального источника энергии 900 К

Представлена упрощённая модель численного расчёта условий зажигания горючих и легковоспламеняющихся жидкостей [40]. Модель представлена для зажигания горючих материалов типа: бензин, керосин, дизельное топливо, мазут, а локальным источником энергии являлась стальная частица.

Проведена оценка пожарной опасности мазута [41]. Установлено, что в случае падения пористой частицы топливо начинает воспламеняться при более низких температурах, чем при падении монолитной металлической частицы, поскольку данная частица обладает большей площадью соприкосновения и меньшей скоростью осаждения в горючее. Выявлено, что существует высокая вероятность загорания мазута при выпадении на его поверхность одиночной нагретой до высоких температур стальных частиц различных форм и структур, образующихся при проведении ремонтных.

ГЛАВА 2. ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ЗАЖИГАНИЯ ПЛЁНОК ЖИДКИХ ТОПЛИВ ЛОКАЛЬНЫМ ИСТОЧНИКОМ ЭНЕРГИИ.

2.1 Экспериментальная установка и методика проведения эксперимента

Конденсированное вещество (к-вещество) – обобщенное понятие, которое объединяет большой класс жидких и твердых веществ, способных к экзотермическому реагированию

Под общим термином «воспламенение к-вещества» обычно понимают два предельных режима протекания экзотермических самоускоряющихся реакций – самовоспламенение и зажигание. При определенных критических условиях можно наблюдать переход от самовоспламенения к зажиганию (и наоборот).

Мазут – это жидкий продукт темного цвета, топливо полученное благодаря выделению из нефти или продуктов ее вторичной переработки бензиновых, керосиновых и газойлевых фракций. Свойства мазута : плотность 0,89-1 г/см³ (при 20°С), вязкость 8-80 мм²/с (при 100°С), температура застывания 10-40°С, содержание серы 0,5- 3,5 %, золы до 0,3 %.

Дизельное топливо, жидкий продукт прозрачного цвета, топливо полученное из керосиново-газойлевых фракций прямой перегонкой нефти. Плотность зимнего дизельного топлива не превышает 840 кг/м³. Температура вспышки 30°С, вязкость 1400-4500 мм²/с (при 40°С), плотность 0,8-0,855 г/см³ (при 15°С), температура застывания -38°С, содержание серы 0,355 %, золы до 0,01 %.

Объект исследования – Мазут марки М-100 и зимнее дизельное топливо ДТ-З-КЗ-38, находящиеся в непосредственном контакте с одиночной нагретой частицей ограниченной энергоемкости с варьируемой температурой.

Экспериментальные исследования были проведены на установке, принципиальная схема которой представлена на рисунке 2.1.

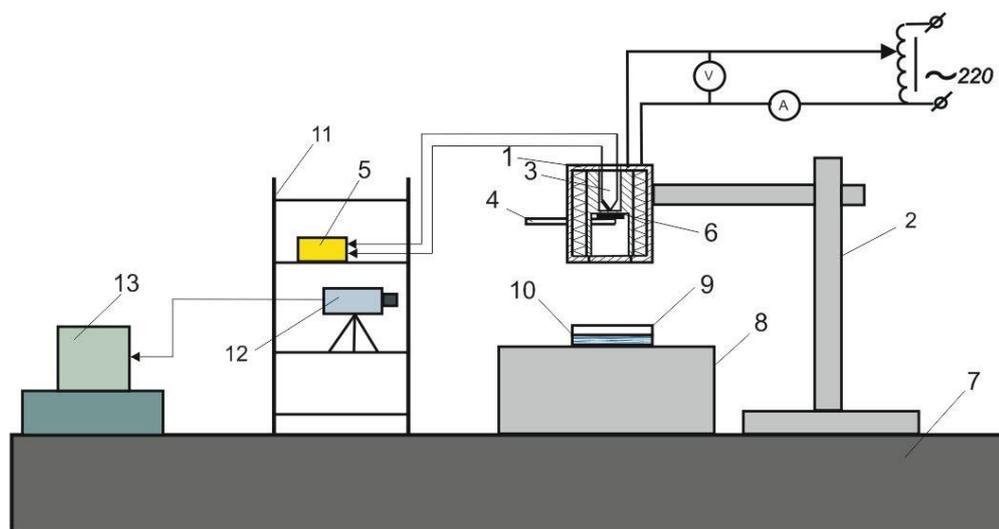


Рис. 2.1. Принципиальная схема экспериментальной установки:

1 – нагревательный прибор, 2 – штатив, 3 – хромель-алюмелевая термопара, 4 – керамический стержень, 5 – устройство контроля температуры УКТ38-Щ4-ТП, 6 – стальная частица, 7 – рабочая поверхность, 8 – огнестойкая площадка, 9 – стеклянная чашка Петри, 10 – дизельное топливо, 11 – стеллаж металлический, 12 – высокоскоростная видеокамера, 13 – персональный компьютер.

Нагрев частицы осуществлялся в нагревательном приборе 1, до параметров при которых проводились эксперименты по определению времени задержки воспламенения дизельного топлива и мазута. Опыты выполнялись при нормальных климатических условиях. Моделировались условия разлива жидкого топлива по твердой поверхности. В качестве которой, использовалась стеклянная чашка Петри диаметром $d_v=10 \times 10^{-2}$ м и высотой $h_v=1.5 \times 10^{-2}$ м. Нагретая стальная частица при падении в жидкое топливо находилась в твердом состоянии и не деформировалась.

Выполнялась видеосъемка исследуемого процесса высокоскоростной камерой Phantom v411 с программным обеспечением «ТемаAutomotive». После обработки видеок кадров определялось время задержки зажигания (τ_{ign}) с момента контакта «частица – жидкое топливо» и появления пламени. Проводилась серия (6-8) опытов для каждой толщины пленки жидкого топлива (h) с фиксированной начальной температурой стальной частицы (T_p). Значение температуры нагреваемой одиночной частицы фиксировалось устройством измерения и контроля температуры, первичным преобразователем которого являлась хромель-алюмелевая термопара 3. Нижняя часть хромель-алюмелевой термопары крепилась к металлической пластине, позволяя достаточно точно измерять ее температуру. Устройство измерения и контроля температуры представляло собой прибор УТК-Щ38-ТП, предназначенный для контроля температур, давления, влажности или других физических величин в нескольких зонах одновременно (до 8-ми) и сигнализации о выходе любого из регулируемых параметров за пределы, и также для регистрации измеренных параметров на ЭВМ. Функциональные возможности прибора следующие:

1. Контроль температур или другой физических величин (давления, влажности и т. п.) В нескольких зонах одновременно (до 8-ми);
2. Восемь входов для подключения датчиков:
 - термопреобразователей сопротивления ТСМ и ТСП 50/100, РТ100;
 - термопары ТНН, ТЖК, ТПП(S), ТХК, ТХА, ТПП(R);
 - датчиков с выходным сигналом тока 0(4)...20 мА, 0...5 мА или напряжения 0...1 В.
3. Сигнализация о выходе любой из регулируемых величин за поставленные пределы;
4. Сигнализация при обрыве или коротком замыкании датчика;
5. Два выходных реле для включения аварийной сигнализации или аварийного отключения установки;

6. Оpoznавание измеряемых величин и заданных уставок на двух встроенных индикаторах;
7. Программирование кнопками на лицевой панели прибора;
8. Сохранение параметров при отключении питания;
9. Регистрация контролируемых параметров на ЭВМ через адаптер сети АС2 по интерфейсу RS-232.

При достижении заданной температуры срабатывал автоматический выключатель питания нагревательного прибора. После нагрева частицы до заданной температуры она падала в жидкое топливо, её падение записывалось на камеру. В процессе разработки методики эксперимента были выбраны следующие размеры толщины образцов:

Для дизельного топлива:

1. 3,5мм;
2. 4 мм;
3. 5 мм;
4. 6 мм.

Для мазутного топлива М-100:

1. 1 мм;
2. 2 мм;
3. 3 мм;
4. 4 мм;
5. 5 мм;
6. 6 мм;
7. 7 мм.

Момент соприкосновения частицы с жидким топливом и последующий процесс зажигания фиксировался системой видеосъемки, так как визуальных наблюдений за процессом воспламенения оказалось бы недостаточно в плане точности и достоверности, а также для объективного описания механизмов и процессов зажигания.

После соприкосновения металлической частицы с жидкого топлива происходило зажигание последнего, либо происходило окисление частицы без зажигания, в зависимости от температуры и размеров частиц. Время задержки зажигания фиксировалось с момента соприкосновения стальной частицы с исследуемым жидким топливом до момента появления пламени. Значение времён задержки зажигания определялись после обработки видеок кадров.

ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕССУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Данная работа посвящена исследованию времени задержки зажигания пленок горючих топлив. В финансовой её части освещены затраты на исследования и оценку хозяйственной деятельности. Освещены возможные инвесторы.

Таким образом, целью работы является исследование зажигания пленок жидких топлив методом экспериментального исследования.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- 1) оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования;
- 2) планирование научно-исследовательской работы;
- 3) Нахождения источников инвестиций в разработку и изучение результатов полученных опытов;

4.1 Хозяйственные цели исследования

Тема данной работы – экспериментальное исследование процессов зажигания плёнок жидких топлив локальным источником энергии.

Внешняя среда:

- 1) спрос, характер спроса

Данное исследование возможно использовать как в зажигательной техники при оценках качества и скорости зажигания продуктов, так и при оценке хранения пожароопасных топлив:

а) коммерческие организации, заинтересованные в минимизации своих расходов:

- предприятия, занимающиеся производством зажигательной техники
- компании, в эксплуатации которых находятся резервуары для хранения жидких пожароопасных топлив.

- предприятия, в эксплуатации которых находятся оборудование работающее с жидкими пожароопасными топливами

б) государственные структуры:

- ОАО “ТГК-1”
- ПАО “КВАДРА”
- ООО “Сибирская генерирующая компания”

2) конкуренты

На данный момент наличие конкурентов не выявлено.

3) Поставщики

Поставщиками оборудования для проведения экспериментального исследования являются компании: Samsung, НП ООО «Энергоприбор».

4) аудитория влияния

Аудиторией влияния на экспериментальное оборудование является администрация Томского Политехнического Университета.

Внутренняя среда:

1) экспериментальное исследование

Результатами исследования являются: влияние начальной температуры и размеров локального источника ограниченной энергоемкости на время задержки и время горения для различных горючих веществ (мазута, дизеля).

2) обеспеченность, потребность в основных средствах

Основными средствами является: экспериментальная установка, исследуемый материал, ПВЭМ.

3) оборотный капитал

Оборотный капитал отсутствует

4.2 Сравнительная оценка вариантов термоэлектрических преобразователей

Для проведения экспериментального исследования и получения достоверных результатов необходимо обеспечить максимальную точность и

наименьшую погрешность измерений. Для этого необходимо подобрать оборудование, которое имеет максимальную точность измерения.

Для точного измерения температуры частицы и получения достоверных значений, необходимо выбрать подходящий тип термоэлектрических преобразователей (термопар). Поэтому произведем сравнительный анализ четырех типов термоэлектрических преобразователей:

- 1) медь-копелевые — ТМК — Тип М;
- 2) хромель-константановые ТХКн — Тип Е;
- 3) хромель-копелевые — ТХК — Тип L;
- 4) хромель-алюмелевые — ТХА — Тип К.

Модель экспертной оценки строится по следующим параметрам:

- 1) температурный диапазон (длительно);
- 2) температурный диапазон (кратковременно);
- 3) класс точности 1;
- 4) класс точности 2.

Эксперты оценили характеристики устройств по десятибалльной шкале. Далее они оценили важность каждого критерия по 5 балльной шкале (bj). Все данные представлены в таблицах 4.1 и 4.2.

Таблица 4.1 – Оценка конкурентоспособности первым экспертом

Тип термоэлектрического преобразователя	Температурный диапазон (длительно)	Температурный диапазон (кратковременно)	Класс точности 1	Класс точности 2	Сумма
ТМК – Тип М	10/2.1	8/1,68	7/0,735	8/2.104	9.249
ТХКн – Тип Е	7/1.47	7/1,47	4/0.42	8/2.104	6.253
ТХК – Тип L	5/1,05	5/1.05	2/0,21	4/1.052	3,888
ТХА – Тип К	10/2.1	9/1,89	10/1.05	9/2.367	9,511

Важность (b_i) [1-5]	4	4	2	5	19
Вес (W_i)	0,26	0,26	0,133	0,333	1

Таблица 4.2 – Оценка конкурентоспособности вторым экспертом

Тип термоэлектрического преобразователя	Температурный диапазон (длительно)	Температурный диапазон (кратковременно)	Класс точности 1	Класс точности 2	Сумма
ТКМ – Тип М	9/1,89	5/1,05	6/0,63	7/1,841	7,778
ТХК _Н – Тип Е	8/1,68	5/1,05	7/0,735	7/1,841	6,357
ТХК – Тип L	5/1,05	4/0,84	3/0,315	5/1,315	4,309
ТХА – Тип К	9/1,89	7/1,47	10/1,05	9/2,367	9,144
Важность (b_i) [1-5]	4	4	2	5	19
Вес (W_i)	0,26	0,26	0,133	0,333	1

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 $b_i/b_{\text{сум}}$.

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

Далее необходимо умножить полученные весовые коэффициенты на оценку эксперта (от 1 до 10) и сумма полученных значений даст итоговую

оценку эксперта по каждому поставщику. Итоговые экспертные оценки представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Итоговые экспертные оценки

Тип термоэлектрического преобразователя	Первый эксперт	Второй эксперт	Средняя оценка
ТКМ – Тип М	9,249	7,778	8,514
ТХКн – Тип Е	6,253	6,357	6,305
ТХК – Тип L	3,888	4,309	4,099
ТХА – Тип К	9,511	9,144	9,328

В итоге, по результатам четырех независимых экспертных оценок, самый худший результат получил термоэлектрический преобразователь ТХК – Тип L , а высший средний бал по предоставленным критериям отбора получил термоэлектрический преобразователь ТХА – Тип К.

4.3 Календарный план выполнения НИРа

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения исследований по данной работе создана рабочая группа, состоящая из руководителя и студента. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Был составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.4. В таблице 4.5 представлен календарный план выполнения работ.

Таблица 4.4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ ра б	Содержание работ	Должность исполнителя	T_{ki} , кал.д н
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы	1
	2	Оформление технического задания	Студент	1
Подбор и исследование ранние проведенных работ	3	Подбор теоретической информации (литература)	Студент	6
Экспериментальные исследования	4	Проведение опытов	Студент	6
	5	Проведение опытов	Студент	6
	6	Проведение опытов	Студент	6
	7	Проведение опытов	Студент	10
	8	Анализ результатов	Студент	4
Разработка экономической части	9	SWOT - анализ	Студент	1
	10	Экспертная оценка	Студент	1
	11	Календарный план	Студент	1
	12	Расчет стоимости	Студент	1
	13	Анализ ресурсоэффективности	Студент	1
Расчет БЖД	14	Обеспечение пожарной безопасности	Студент	1
	15	Обеспечение микроклимата рабочего места	Студент	1
Оформление работы	16	Оформление	Студент	4

Таблица 4.5 – Календарный план

4.4 Бюджет научного исследования

Смета ВКР представлена в таблице 4.6

Таблица 4.6 – Смета проекта

Наименование	Единичные расчеты						Суммарные затраты			
	Материалы		Зарплата		Амортизация		Материалы	Зарплата + соц. Отчисления	Амортизация	Сумма
	Тариф	Кол-во	Тариф	Кол-во	Тариф	Часов				
Проведение эксперимента льного исследования	32175,5	1	8580	1	-	-	32175,5	8580	439,4	41234,9

В таблице 4.7 представлено подробное описание расходов на материалы.

Таблица 4.7 – Расходы на материалы

Расходы	Ед. измерения	Цена	Кол-во	Итого
Канцтовары	-	-	-	710
Заправка картриджа	шт	580	1	580
Топливо(мазут, дизель)	л.	100	2	200
Электроэнергия	кВт·ч	4,25	7246	30795,5
				32175,5

В таблице 4.8 представленные расходы на канцтовары.

Таблица 4.8 – Канцтовары

Наименование:	Цена
Бумага	230
Ручки	80
Флеш-накопитель	400
	710

Расходы на электроэнергию представлена в таблице 4.9.

Таблица 4.9 - Затраты на электроэнергию

Источник потребления	Мощность потребления, кВт.	Количество часов работы	Общий расход, кВт/ч
Освещение	$0,008*4*9=0,288$	$32*12=389$	112
Компьютер	$0,4*2=0,8$	$35*12=1152$	334
Нагревательный прибор	5	$57*6=462$	1700
Видео камера	5	$57*6=462$	1700
Фотоаппарат	5	$57*6=462$	1700
Источник света	5	$57*6=462$	1700
Принтер	0,05	1	0,05

Зарплата и отчисление на соц. нужды:

Зарплата руководителя ВКР бакалавра может быть определена по условию часовой оплаты. Норма времени на руководство ВКР бакалавра составляет 22 часа, в соответствии с положением о порядке нормирования труда научно-педагогических работников. Тариф на почасовую оплату составляет 300 р./час для доцента. Поэтому расходы на оплату труда составят $22 \times 300 = 6600$ руб. Отчисление на социальные нужды $6600 \times 0,3 = 1980$ руб. Суммарные затраты на вознаграждение работников составляют $6600 + 1980 = 8580$ руб.

Таблица 4.10 - Амортизация

	Компьютер	Нагревательный прибор	Видео камера	Фотоаппарат	Принтер
Количество	2	1	2	1	1
Норма в год, %	20	20	20	20	20
Первичная стоимость	79980	16074	131678	63743	4795
Величина в год, руб.	3999	804	6584	3188	240
Количество работы оборудования в год, ч	$242*8+5*7=1971$	$62*8=544$	$161*8=1288$	$186*8=1488$	$50*8=400$
Амортизация в	2,03	1,48	5,11	2,14	0,6

час, руб/час					
Количество часов работы в проекте	1152	462	462	462	1
Сам	2337,3	682,8	2361,6	989,8	0,6
Итого: (Σ Сам)	6372,1				

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Рассчитаем интегральный финансовый показатель для двух исполнений. В первом варианте стоимость исполнения берем из расчетов, таблица 4.6, а во втором варианте принимаем стоимость исполнения равной 60000. Второе исполнение принимается для другого вида термоэлектрических преобразователей. В следствие того что принимается другой вид термопары, изменяется и количество потребляемой энергии. Максимальное значение стоимость исполнения научно-исследовательского проекта – 80000.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{41234,9}{80000} = 0,52$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{60000}{20000} = 0,75$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы 4.11.

Таблица 4.11 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2
1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	5	5
2. Точность вычислений	0,3	4	5
3. Энергосбережение	0,20	4	5
4. Надежность	0,25	5	5
5. Время выполнения решения поставленной задачи	0,05	4	4
Итого	1		

$$I_{p-исп.1} = 5*0,2 + 4*0,3 + 4*0,05 + 4*0,2 + 5*0,25 = 3,065,$$

$$I_{p-исп.2} = 5*0,2 + 5*0,3 + 4*0,05 + 5*0,2 + 5*0,25 = 4,95.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$)

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}} = \frac{3,065}{0,52} = 7,23$$

$$I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}} = \frac{4,95}{0,75} = 6,6$$

С целью определения наиболее целесообразного варианта из предложенных сравним интегральные показатели эффективности вариантов

исполнения разработки и определим сравнительную эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} = \frac{7,23}{6,6} = 1,10$$

Сравнительная эффективность разработки представлена в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,5197	0,75
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,065	4,95
3	Интегральный показатель эффективности	7,23	6,6
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,10	

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило понять, что более эффективным вариантом решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является выполнение работы по первому исполнению.

По окончании анализа финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования: продукт является высокотехнологичной продукцией, востребованной в сфере промышленности, не имея при этом существенных конкурентов.

Также определены возможные альтернативы проведения научного исследования: с помощью сравнительного анализа и экспертных оценок было проведено сравнение различных термоэлектрических преобразователей по ряду признаков (температурный диапазон (длительно), температурный

диапазон (кратковременно), класс точности 1, класс точности 2) и установлено, что наиболее подходящим для рассматриваемого исследования является термоэлектрический преобразователь ТХА – Тип К.

Проведена оценка объема необходимых работ, составлен календарный план их проведения и распределены обязанности участников проекта: участниками являются 2 человека: руководитель и студент. Все мероприятия займут 46 дней и будут проводиться с 1 мая до 15 июня при запланированной производительности.

Проведено определение социальной, ресурсной (ресурсосберегающей), бюджетной, финансовой и экономической эффективности разработки: были определены интегральные показатели для различных вариантов исполнения проекта и, с целью определения наиболее целесообразного варианта, определена сравнительная эффективность проекта. При сравнении данных параметров было установлено, что первое исполнение является более эффективным с позиции финансовой и ресурсной эффективности.