

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Профиль: 01.04.17 Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества

Школа: Исследовательская школа физики высокоэнергетических процессов

### Научно-квалификационная работа

Тема научно-квалификационной работы
Экспериментальное исследование процессов зажигания и горения гелеобразных топлив УДК 662.75:621.454.2.001.5

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
A7-13	Нигаи Александр Герасимович		

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор НОЦ И.Н. Бутакова	Стрижак Павел Александрович	д.ф-м.н., профессор		

Руководитель школы

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Директор ИШФВП	Гоголев Алексей Сергеевич	к.ф-м.н		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Глушков Дмитрий Олегович	к.ф-м.н		

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы

В условиях относительно низких температур окружающей среды и самого топлива перспективным направлением развития ракетно-космической техники и энергогенерирующих установок является создание компактных воспламенительных устройств топливных композиций.

Данный проект направлен на решение актуальной на международном уровне научной проблемы, связанной с устойчивым зажиганием перспективных гелеобразных топлив при относительно низкой температуре (200–250 К) окружающей среды. Отличие данной проблемы от проблем зажигания, например, широко распространенных твердых и жидких конденсированных веществ заключается в протекании в течение индукционного периода большой группы взаимосвязанных процессов инертного прогрева, плавления, испарения, термического разложения, формирования парогазовой смеси, окисления при достаточно нестандартных условиях – относительно низкой температуре окружающей среды. Решение сформулированной проблемы будет способствовать расширению представлений современной теории горения конденсированных веществ.

Из анализа информации в международных периодических изданиях следует, что на сегодняшний день не проводились систематические комплексные исследования процессов тепломассопереноса и химического реагирования при зажигании гелеобразных топлив при начальных температурах 200–250 К, включающие этапы приготовления топливных композиций, изучения их свойств, закономерностей и характеристик инициирования горения, математических моделей и подходов для теоретического описания исследуемого процесса. Как правило, можно условно выделить три направления исследований: разработка составов гелеобразных топлив и изучение их реологических характеристик, в том числе в процессе хранения; изучение гидродинамики процесса распыления

гелеобразного топлива; экспериментальное исследование зажигания гелеобразного топлива. Поэтому новизна и научная значимость решения сформулированной выше научной проблемы состоит в проведении цикла экспериментальных и теоретических исследований для разработки нового подхода в рамках моделей механики сплошной среды и теории химической кинетики к математическому описанию взаимосвязанных физико-химических процессов в условиях устойчивого инициирования горения гелеобразных топлив при относительно низких температурах окружающей среды. Идея исследования заключается в разработке на основании результатов экспериментальных и теоретических исследований универсальной прогностической математической модели взаимосвязанных процессов, протекающих при зажигании топлива, отличающейся от известных учетом инертного прогрева топлива, фазовых превращений в прогретой области приповерхностного слоя, формирования горючей газовой смеси (в том числе в инертной среде), экзотермического реагирования.

## **Цель работы**

Целью работы является разработка способа приготовления гелеобразных топлив, составов и физико-механических свойств топливных пеллет, исследование механизмов и характеристик зажигания гелеобразных топлив.

Для достижения поставленной цели решены следующих задачи:

1. Сделан выбор компонентов и разработаны методики приготовления для получения гелеобразных топлив.
2. Исследованы характеристики гелеобразных топлив.
3. Смонтированы экспериментальные стенды.
4. Выполнены экспериментальные исследования процессов зажигания и горения гелеобразных топлив.
5. Установлены механизмы и характеристики зажигания гелеобразных топлив.

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

В первой главе выполнен детальный анализ современного состояния научных исследований и достижений в области гелеобразных топлив. Определены основные направления исследований, проблемы и нерешенные задачи в данной области. Рассмотрены основные признаки отличающие гелеобразные топлива от жидких и твердых.

Во второй главе приведено детальное описание разработанных методик разработки и подготовки гелеобразных топлив, исследования реологических характеристик гелеобразных топлив и исследование физико-механических характеристик гелеобразных топлив.

В третьей главе описаны экспериментальные стенды, приведены результаты исследования основных закономерностей и характеристик процессов зажигания частиц гелеобразного топлива: 1) маслонеполненных; 2) с добавлением частиц угля; 3) маслонеполненные с добавлением частиц угля. Предложена физическая модель механизма зажигания гелеобразных топлив. Описано влияние начальной температуры топлива на характеристики

зажигания и установлены значения времен задержки зажигания капель гелеобразного топлива.