

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра «Безопасности жизнедеятельности»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Рецензент *доцент кафедры ПСХиБЖ* Заведующий кафедрой, д.т.н., проф.
ФГБОУ ВО ЮУрГАУ, к.т.н. А.И. Сидоров
«23» июня 2016 г. *«24» 06 2016 г.*
А.В. Жданчиков

Ревизия и апробация лабораторной установки для определения
стандартной температуры самовоспламенения жидкости
ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ
ЮУрГУ – 20.04.2016.136 ПЗ МД

Научный руководитель,
к.т.н., доцент *Боровик*
Боровик Светлана Ивановна
«23» июня 2016 г.

Автор диссертации
студент группы МТ-212 *Шагеев*
Шагеев Флорид Фархуллович
«23» июня 2016 г.

Нормоконтролер,
Кудряшов Алексей Валерьевич *Кудряшов*
«25» июня 2016 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)

Факультет «Механико-технологический»
Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»
Направление «Техносфера и безопасность»
Магистерская программа «Пожарная безопасность»

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой БЖД
А.Н. Сидоров
«09» 03 2016 г.

ЗАДАНИЕ
на подготовку магистерской диссертации

Шагеев Флорид Фархуллович
(Ф. И.О. полностью)

Группа МТ-212

1 Тема диссертации: Ревизия и апробация лабораторной установки для определения стандартной температуры самовоспламенения жидкости
утверждена приказом по университету от _____ 2016 г. № _____

2 Срок сдачи магистрантом законченной диссертации 23.06.2016

3 Исходные данные к диссертации Материалы, обратные во время практик

4 Содержание (перечень подлежащих разработке вопросов)

Введение

Глава 1. Пожароопасные свойства веществ и материалов

1.1 Показатели, характеризующие взрывопожароопасные свойства веществ и материалов

1.2 Экспериментальные методы определения стандартной температуры самовоспламенения

1.3 Теоретические методы определения стандартной температуры самовоспламенения

Глава 2. Объекты и методы исследования

Глава 3. Проведение монтажа и пуска-наладки лабораторной установки.

3.1 Характеристика лабораторной установки

3.2 Ревизия, монтаж и наработка установки

Глава 4. Определение СТС экспериментальным и расчетным методами

4.1 Определение СТС экспериментальным методом

4.2 Определение СТС расчетным методом

4.3 Разработка технической документации на лабораторную установку

Заключение

Библиографический список

Приложения

5 Перечень графического материала (с точным указанием обозначенных чертежей, плакатов) (перечень иллюстраций)

1. Цель и задачи работы

2. Взрывоножароопасные свойства веществ и материалов

3. Экспериментальный метод определения СТС

4. Расчетный метод определения СТС

5. Установка для определения СТС

6. Экспериментальные результаты определения СТС

7. Расчетные результаты определения СТС

8. Технология установки для определения СТС

Всего 8 листов из пострадий

6 Дата выдачи задания 09.03.2016

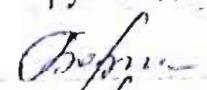
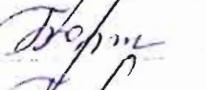
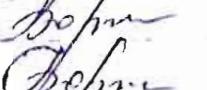
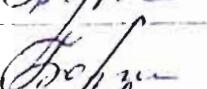
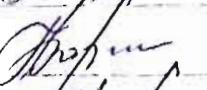
Руководитель

С.Н. Боровик

Задание приведено к исполнению

Ф.Ф. Шатсев

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

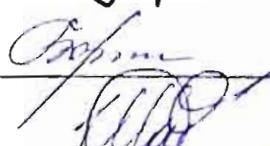
Наименование этапов диссертации	Срок выполнения этапов диссертации	Отметка о выполнении руководителя
Введение	15.03.2016	
Глава 1	05.04.2016	
Глава 2	18.04.2016	
Глава 3	05.05.2016	
Глава 4	10.05.2016	
Заключение	15.05.2016	
Графический материал	20.06.2016	

Заведующий кафедрой



/ А.И. Сидоров /

Руководитель



/ С.И. Боровик /

Магистрант



/ Ф.Ф. Нагеев /

РЕФЕРАТ

Шагеев Ф.Ф. – Челябинск: ЮУрГУ,
МТ-212, 2016. – 52с., 9 ил., 9 таб.,
библиогр., список – 17 наим.

Рассмотрены взрывопожароопасные свойства ГЖ и ЛВЖ, экспериментальные и расчётные методы определения стандартной температуры самовоспламенения. Изучены методики определения стандартной температуры самовоспламенения.

Проведена модернизация прибора для измерения стандартной температуры самовоспламенения, прибор апробирован при определении стандартной температуры самовоспламенения бутилового спирта, гексана и этанола. Проведен сравнительный анализ экспериментальных и расчетных данных, который показал высокую сходимость результатов.

Объектом исследования является прибор для измерения стандартной температуры самовоспламенения легковоспламеняющихся жидкостей.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- изучить показатели, характеризующие взрывопожароопасные свойства легковоспламеняющихся жидкостей;
- изучить теоретические и экспериментальные методы определения взрывопожарных свойств легковоспламеняющихся жидкостей;
- произвести ревизию, монтаж и пусконаладочные работы лабораторной установки;
- определить стандартную температуру самовоспламенения бутилового спирта, гексана и этанола расчетным и экспериментальным методами.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ПОЖАРООПАСНЫЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ	2
1.1 Показатели пожаровзрывоопасности веществ и материалов	2
1.2 Способы определения взрывопожарных показателей жидкостей	9
1.3 Экспериментальные методы	20
1.4 Расчетные методы определения температуры самовоспламенения	25
2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	31
2.1 Объекты исследования	31
2.2 Методы исследования	36
2.2.1 Определение стандартной температуры самовоспламенения экспериментальным методом	36
2.2.2 Расчетный метод определения стандартной температуры самовоспламенения	38
3 ПРОВЕДЕНИЕ МОНТАЖА И ПУСКО-НАГРЕННИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	41
3.1 Ревизия лабораторной установки для определения стандартной температуры самовоспламенения (СТС)	41
3.2 Выбор и калибровка прибора для контроля температуры	43
3.3 Установка вспомогательных устройств для проведения процесса нагрева горючих жидкостей	45
3.4 Апробация прибора при определении стандартной температуры самовоспламенения для легковоспламеняющихся жидкостей	46
4 РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТС ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ	48
4.1 Расчет стандартной температуры самовоспламенения спиртоз	48
4.2 Расчет стандартной температуры самовоспламенения углеводородов	48

4.3 Анализ экспериментальных и расчетных данных определения стандартной температуры самовоспламенения	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	50
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	51

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы: показатели пожаровзрывоопасности веществ и материалов определяют с целью получения исходных данных для разработки систем по обеспечению пожарной безопасности и взрывобезопасности в соответствии с требованиями строительных норм и правил, правил устройства электроустановок, при классификации опасных грузов по, для выбора категории помещений и зданий в соответствии с требованиями норм технологического проектирования.

Разработка установки для определения стандартной температуры самовоспламенения легковоспламеняющихся жидкостей и позволит использовать ее для приобретения практических навыков определения пожароопасных свойств горючих жидкостей студентами, проведения научно-исследовательских работ.

Целью данной работы является проведение ревизии и пусконаладочных работ установки для измерения стандартной температуры самовоспламенения, апробация установки на примере определения стандартной температуры самовоспламенения бутилового спирта, гексана и этанола.

Задачи работы:

- изучить показатели, характеризующие взрывопожароопасные свойства легковоспламеняющихся жидкостей;
- изучить теоретические и экспериментальные методы определения взрывопожарных свойств легковоспламеняющихся жидкостей;
- произвести ревизию, монтаж и пусконаладочные работы лабораторной установки;
- определить стандартную температуру самовоспламенения бутилового спирта, гексана и этанола расчетным и экспериментальным методами.

Объекты исследования: прибор для измерения стандартной температуры самовоспламенения легковоспламеняющихся жидкостей.

Предмет исследования: измерение стандартной температуры самовоспламенения горючих и легковоспламеняющихся жидкостей.

Параметры новизны: проведение модернизации и апробации прибора для измерения стандартной температуры самовоспламенения легковоспламеняющихся жидкостей путем сравнения экспериментальных, расчетных и справочных данных.

Апробация работы: результаты работы докладывались на LV международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству» в ЧГАА, г. Челябинск (февраль 2015 г).

Публикации: по материалам диссертации опубликована одна статья в сборнике трудов научно-практической конференции ЧГАА

Структура и объем диссертации: работа состоит из 4 глав, изложена на 52 страницах, в работе использованы 9 иллюстраций, 9 таблиц, библиографический список состоит из 17 наименований.

1 ПОЖАРООПАСНЫЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

1.1 Показатели пожаровзрывоопасности веществ и материалов

Показатели пожаровзрывоопасности веществ и материалов определяют с целью получения исходных данных для разработки систем по обеспечению пожарной безопасности и взрывобезопасности. В соответствии с требованиями [1, 2], строительных норм и правил, правил устройства электроустановок, при классификации опасных грузов по [3], для выбора категории помещений и зданий в соответствии с требованиями норм технологического проектирования.

В соответствии с [4] при определении пожаровзрывоопасности веществ и материалов различают:

Газы – вещества, давление насыщенных паров которых при температуре 25 °C и давлении 101,3 кПа превышает 101,3 кПа.

Жидкости – вещества, давление насыщенных паров которых при температуре 25 °C и давлении 101,3 кПа меньше 101,3 кПа. К жидкостям относят также твердые плавящиеся вещества, температура плавления или каплепадения которых меньше 50 °C.

Твердые вещества и материалы – индивидуальные вещества и их смесевые композиции с температурой плавления или каплепадения больше 50 °C, а также вещества, не имеющие температуру плавления (например, древесина, ткани и т. п.).

Пыли – диспергированные твердые вещества и материалы с размером частиц менее 850 мкм.

Число показателей, необходимых и достаточных для характеристики пожаровзрывоопасности веществ и материалов в условиях производства, переработки, транспортирования и хранения, определяет разработчик системы обеспечения пожаровзрывобезопасности объекта или разработчик стандарта и технических условий на вещество (материал).

системы обеспечения пожаровзрывобезопасности объекта или разработчик стандарта и технических условий на вещество (материал).

1.2 Способы определения взрывопожарных показателей жидкостей

Температура вспышки – наименьшая температура конденсированного вещества, при которой в условиях специальных испытаний над его поверхностью образуются пары, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания; устойчивое горение при этом не возникает.

Вспышка – быстрое сгорание газопаровоздушной смеси над поверхностью горючего вещества, сопровождающееся кратковременным видимым свечением.

Значение температуры вспышки следует применять для характеристики пожарной опасности жидкости, включая эти данные в стандарты и технические условия на вещества; при определении категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с требованиями норм технологического проектирования, при разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности и взрывобезопасности в соответствии с требованиями [1, 2].

Допускается использовать экспериментальные и расчетные значения температуры вспышки.

Сущность экспериментального метода определения температуры вспышки заключается в нагревании определенной массы вещества с заданной скоростью, периодическом зажигании выделяющихся паров и установлении факта наличия или отсутствия вспышки при фиксируемой температуре.

Температура воспламенения – наименьшая температура вещества, при которой в условиях специальных испытаний вещество выделяет горючие пары и газы с такой скоростью, что при воздействии на них источника зажигания наблюдается воспламенение.

Воспламенение – пламенное горение вещества, инициированное источником зажигания и продолжающееся после его удаления.

Значение температуры воспламенения следует применять при определении группы горючести вещества, оценке пожарной опасности оборудования и технологических процессов, связанных с переработкой горючих веществ, при разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности в соответствии с требованиями [1, 2], а также необходимо включать в стандарты и технические условия на жидкости.

Допускается использовать экспериментальные и расчетные значения температуры воспламенения.

Сущность экспериментального метода определения температуры воспламенения заключается в нагревании определенной массы вещества с заданной скоростью, периодическом зажигании выделяющихся паров и установлении факта наличия или отсутствия воспламенения при фиксируемой температуре.

Температура самовоспламенения – наименьшая температура окружающей среды, при которой в условиях специальных испытаний наблюдается самовоспламенение вещества.

Самовоспламенение – резкое увеличение скорости экзотермических объемных реакций, сопровождающееся пламенным горением и/или взрывом.

Значение температуры самовоспламенения следует применять при определении группы взрывоопасной смеси по [5], для выбора типа взрывозащищенного электрооборудования, при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов в соответствии с требованиями [1, 2], а также необходимо включать в стандарты или технические условия на вещества и материалы.

Сущность метода определения температуры самовоспламенения заключается во введении определенной массы вещества в нагретый объем и оценке результатов испытания. Изменяя температуру испытания, находят ее минимальное значение, при котором происходит самовоспламенение вещества.

Нижний (верхний) концентрационный предел распространения пламени – минимальное (максимальное) содержание горючего вещества в однородной смеси с окислительной средой, при котором возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника зажигания.

Значения концентрационных пределов распространения пламени необходимо включать в стандарты или технические условия на газы, легковоспламеняющиеся индивидуальные жидкости и азеотропные смеси жидкостей, на твердые вещества, способные образовывать взрывоопасные пылевоздушные смеси (для пылей определяют только нижний концентрационный предел). Значения концентрационных пределов следует применять при определении категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с требованиями норм технологического проектирования; при расчете взрывобезопасных концентраций газов, паров и пылей внутри технологического оборудования и трубопроводов, при проектировании вентиляционных систем, а также при расчете предельно допустимых взрывобезопасных концентраций газов, паров и пылей в воздухе рабочей зоны с потенциальными источниками зажигания в соответствии с требованиями [2], при разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объекта в соответствии с требованиями [2].

Допускается использовать экспериментальные и расчетные значения концентрационных пределов распространения пламени.

Сущность метода определения концентрационных пределов распространения пламени заключается в зажигании газо-, паро- или пылевоздушной смеси заданной концентрации исследуемого вещества в объеме реакционного сосуда и установлении факта наличия или отсутствия распространения пламени. Изменяя концентрацию горючего в смеси, устанавливают ее минимальное и максимальное значения, при которых происходит распространение пламени.

Температурные пределы распространения пламени – такие температуры вещества, при которых его насыщенный пар образует в окислительной среде

концентрации, равные соответственно нижнему (нижний температурный предел) и верхнему (верхний температурный предел) концентрационным пределам распространения пламени.

Значения температурных пределов распространения пламени следует применять при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности объекта в соответствии с требованиями [1, 2] при расчете пожаровзрывобезопасных температурных режимов работы технологического оборудования; при оценке аварийных ситуаций, связанных с разливом горючих жидкостей, для расчета концентрационных пределов распространения пламени, а также необходимо включать в стандарты или технические условия на горючие жидкости.

Сущность метода определения температурных пределов распространения пламени заключается в термостатировании исследуемой жидкости при заданной температуре в закрытом реакционном сосуде, содержащем воздух, испытании на зажигание паровоздушной смеси и установлении факта наличия или отсутствия распространения пламени. Изменяя температуру испытания, находят такие ее значения (минимальное и максимальное), при которых насыщенный пар образует с воздухом смесь, способную воспламеняться от источника зажигания и распространять пламя в объеме реакционного сосуда.

Температура тления – температура вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций окисления, заканчивающихся возникновением тления.

Тление – беспламенное горение твердого вещества (материала) при сравнительно низких температурах ($400\text{--}600\text{ }^{\circ}\text{C}$), часто сопровождающееся выделением дыма.

Значение температуры тления следует применять при экспертизах причин пожаров, выборе взрывозащищенного электрооборудования и разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технологических

процессов, оценке пожарной опасности полимерных материалов и разработке рецептур материалов, не склонных к тлению.

Сущность метода определения температуры тления заключается в терmostатировании исследуемого вещества (материала), реакционном сосуде при обдуве воздухом и визуальной оценке результатов испытания. Изменяя температуру испытания, находят ее минимальное значение, при котором наблюдается тление вещества (материала).

Условия теплового самовозгорания – экспериментально выявленная зависимость между температурой окружающей среды, количеством вещества (материала) и временем до момента его самовозгорания.

Самовозгорание – резкое увеличение скорости экзотермических процессов в веществе, приводящее к возникновению очага горения.

Результаты оценки условий теплового самовозгорания следует применять при выборе безопасных условий хранения и переработки самовозгорающихся веществ в соответствии с требованиями [2].

Сущность метода определения условий теплового самовозгорания заключается в терmostатировании исследуемого вещества (материала) при заданной температуре в закрытом реакционном сосуде и установлении зависимости между температурой, при которой происходит тепловое самовозгорание образца, его размерами и временем до возникновения горения (тления)

Минимальная энергия зажигания – наименьшая энергия электрического разряда, способная воспламенить наиболее легко воспламеняющуюся смесь горючего вещества с воздухом.

Значение минимальной энергии зажигания следует применять при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасных условий переработки горючих веществ и обеспечения электростатической искробезопасности технологических процессов в соответствии с требованиями [1, 2, 6]. Сущность метода определения минимальной энергии зажигания заключается в зажигании с заданной вероятностью газо-, паро-

или пылевоздушной смеси различной концентрации электрическим разрядом различной энергии и выявлении минимального значения энергии зажигания после обработки экспериментальных данных.

Кислородный индекс – минимальное содержание кислорода в кислородно-азотной смеси, при котором возможно свечеобразное горение материала в условиях специальных испытаний.

Значение кислородного индекса следует применять при разработке полимерных композиций пониженной горючести и контроле горючести полимерных материалов, тканей, целлюлозно-бумажных изделий и других материалов. Кислородный индекс необходимо включать в стандарты или технические условия на твердые вещества (материалы).

Сущность метода определения кислородного индекса заключается в нахождении минимальной концентрации кислорода в потоке кислородно-азотной смеси, при которой наблюдается самостоятельное горение вертикально расположенного образца, зажигаемого сверху.

Способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами – это качественный показатель, характеризующий особую пожарную опасность некоторых веществ.

Данные о способности веществ взрываться и гореть при взаимном контакте необходимо включать в стандарты или технические условия на вещества, а также следует применять при определении категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с требованиями норм технологического проектирования; при выборе безопасных условий проведения технологических процессов и условий совместного хранения и транспортирования веществ и материалов; при выборе или назначении средств пожаротушения.

Сущность метода определения способности взрываться и гореть при взаимном контакте веществ заключается в механическом смешивании исследуемых веществ в заданной пропорции и оценке результатов испытания,

Нормальная скорость распространения пламени – скорость перемещения фронта пламени относительно несгоревшего газа в направлении, перпендикулярном к его поверхности.

Значение нормальной скорости распространения пламени следует применять в расчетах скорости нарастания давления взрыва газо и паровоздушных смесей в закрытом, негерметичном оборудовании и помещениях, критического (гасящего) диаметра при разработке и создании огнепреградителей, площади легкоубрасываемых конструкций, предохранительных мембран и других разгерметизирующих устройств; при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов в соответствии с требованиями [1, 2].

Сущность метода определения нормальной скорости распространения пламени заключается в приготовлении горючей смеси известного состава внутри реакционного сосуда, зажигании смеси в центре точечным источником, регистрации изменения во времени давления в сосуде и обработке экспериментальной зависимости «давление–время» с использованием математической модели процесса горения газа в замкнутом сосуде и процедуры оптимизации. Математическая модель позволяет получить расчетную зависимость «давление–время», оптимизация которой по аналогичной экспериментальной зависимости дает в результате изменение нормальной скорости в процессе развития взрыва для конкретного испытания.

Скорость выгорания – количество жидкости, сгорающей в единицу времени с единицы площади. Скорость выгорания характеризует интенсивность горения жидкости.

Значение скорости выгорания следует применять при расчетных определениях продолжительности горения жидкости в резервуарах, интенсивности тепловыделения и температурного режима пожара, интенсивности подачи огнетушащих веществ.

Сущность метода определения скорости выгорания заключается в зажигании образца жидкости в реакционном сосуде, фиксировании потери массы образца за определенный промежуток времени и математической обработке экспериментальных данных.

Коэффициент дымообразования – показатель, характеризующий оптическую плотность дыма, образующегося при пламенном горении или термоокислительной деструкции (тлении) определенного количества твердого вещества (материала) в условиях специальных испытаний.

Значение коэффициента дымообразования следует применять для классификации материалов по дымообразующей способности. Различают три группы материалов:

- с малой дымообразующей способностью – коэффициент дымообразования до $50 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ включ.;
- с умеренной дымообразующей способностью – коэффициент дымообразования св. 50 до $500 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ включ.;
- с высокой дымообразующей способностью – коэффициент дымообразования св. $500 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$.

Значение коэффициента дымообразования необходимо включать в стандарты или технические условия на твердые вещества и материалы.

Сущность метода определения коэффициента дымообразования заключается в определении оптической плотности дыма, образующегося при горении или тлении известного количества испытуемого вещества или материала, распределенного в заданном объеме.

Индекс распространения пламени – условный безразмерный показатель, характеризующий способность веществ воспламеняться, распространять пламя по поверхности и выделять тепло.

Значение индекса распространения пламени следует применять для классификации материалов:

- не распространяющие пламя по поверхности – индекс распространения пламени равен 0;

– медленно распространяющие пламя по поверхности – индекс распространения пламени св. 0 до 20 включительно;

– быстро распространяющие пламя по поверхности – индекс распространения пламени св. 20.

Сущность метода определения индекса распространения пламени заключается в оценке способности материала воспламеняться, выделять тепло и распространять пламя по поверхности при воздействии внешнего теплового потока.

Показатель токсичности продуктов горения – отношение количества материала к единице объема замкнутого пространства, в котором образующиеся при горении материала газообразные продукты вызывают гибель 50 % подопытных животных.

Значение показателя токсичности продуктов горения следует применять для сравнительной оценки полимерных материалов, а также включать в технические условия и стандарты на отделочные и теплоизоляционные материалы.

Классификация материалов по значению показателя токсичности продуктов горения приведена в таблице 1 [2].

Таблица 1 – Классификация материалов по значению показателя токсичности

Класс опасности	H_{CL50} , г·м ⁻³ , при времени экспозиции, мин			
	5	15	30	60
Чрезвычайно опасные	До 25	До 17	До 13	До 10
Высокоопасные	25—70	17—50	13—40	10—30
Умеренноопасные	70—210	50—150	40—120	30—90
Малоопасные	Св. 210	Св. 150	Св. 120	Св. 90

Сущность метода определения показателя токсичности заключается в сжигании исследуемого материала в камере сгорания при заданной плотности теплового потока и выявлении зависимости летального эффекта

газообразных продуктов горения от массы материала, отнесенной к единице объема экспозиционной камеры.

Минимальная флегматизирующая концентрация флегматизатора – наименьшая концентрация флегматизатора в смеси с горючим и окислителем, при которой смесь становится неспособной к распространению пламени при любом соотношении горючего и окислителя.

Значение минимальной флегматизирующей концентрации флегматизатора следует применять при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов методом флегматизации в соответствии с требованиями [1, 2].

Сущность метода определения минимальной флегматизирующей концентрации флегматизатора заключается в определении концентрационных пределов распространения пламени горючего вещества при разбавлении газо-, паро- и пылевоздушной смеси данным флегматизатором и получении «кривой флегматизации».

Пик «кривой флегматизации» соответствует значению минимальной флегматизирующей концентрации флегматизатора.

Минимальное взрывоопасное содержание кислорода – такая концентрация кислорода в горючей смеси, состоящей из горючего вещества, воздуха и флегматизатора, меньше которой распространение пламени в смеси становится невозможным при любой концентрации горючего в смеси, разбавленной данным флегматизатором.

Значение минимального взрывоопасного содержания кислорода следует применять при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов в соответствии с требованиями [1, 2].

Сущность метода определения минимального взрывоопасного содержания кислорода заключается в испытании на воспламенение газо-, паро- или пылевоздушных смесей различного состава, разбавленных данным флегматизатором, до выявления минимальной концентрации кислорода и

максимальной концентрации флегматизатора, при которых еще возможно распространение пламени по смеси.

Максимальное давление взрыва – наибольшее избыточное давление, возникающее при дефлаграционном сгорании газо-, паро- или пылевоздушной смеси в замкнутом сосуде при начальном давлении смеси 101,3 кПа.

Значение максимального давления взрыва следует применять при определении категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с требованиями норм технологического проектирования, при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов в соответствии с требованиями [1, 2].

Сущность метода определения максимального давления взрыва заключается в зажигании газо-, паро- и пылевоздушной смеси заданного состава в объеме реакционного сосуда и регистрации избыточного развивающегося при воспламенении горючей смеси давления. Изменяя концентрацию горючего в смеси, выявляют максимальное значение давления взрыва.

Скорость нарастания давления взрыва – производная давления взрыва по времени на восходящем участке зависимости давления взрыва горючей смеси в замкнутом сосуде от времени.

Значение скорости нарастания давления взрыва следует применять при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов в соответствии с требованиями [1, 2]. Сущность метода определения скорости нарастания давления заключается в экспериментальном определении максимального давления взрыва горючей смеси в замкнутом сосуде, построении графика изменения давления взрыва во времени и расчете средней и максимальной скорости по известным формулам:

1.3 Экспериментальные методы

Для определения температуры самовоспламенения в нагретый сосуд вводят заданную массу исследуемого вещества и визуально оценивают результаты испытания. Варьируя температуру, находят минимальную температуру стенки сосуда, при которой еще происходит самовоспламенение вещества.

Температуру самовоспламенения газов, жидкостей и плавящихся твердых веществ измеряют на установке, схема которой показана на рисунке 1.

Основной частью установки является коническая колба Кн-250, помещенная в воздушный термостат. Внутри камеры расположен нагреватель мощностью 1,5 кВт. Равномерность нагрева стенок колбы обеспечивается циркуляцией воздуха в термостате, создаваемой вентилятором, и применением регулятора температуры, позволяющего плавно изменять подводимую к нагревателю энергию.

Определение температуры самовоспламенения состоит из предварительных и основных испытаний. В предварительных испытаниях определяют наиболее легко воспламеняющееся количество вещества, вводимого в реакционный сосуд. В серии основных испытаний выявляют наименьшую температуру реакционного сосуда, при которой наблюдается самовоспламенение наиболее легко самовоспламеняющегося количества вещества. Температуру самовоспламенения находят для шести - восьми проб исследуемого вещества , различающихся на 0,05 – 2,0 см , и строят график зависимости температуры самовоспламенения от величины пробы вещества.

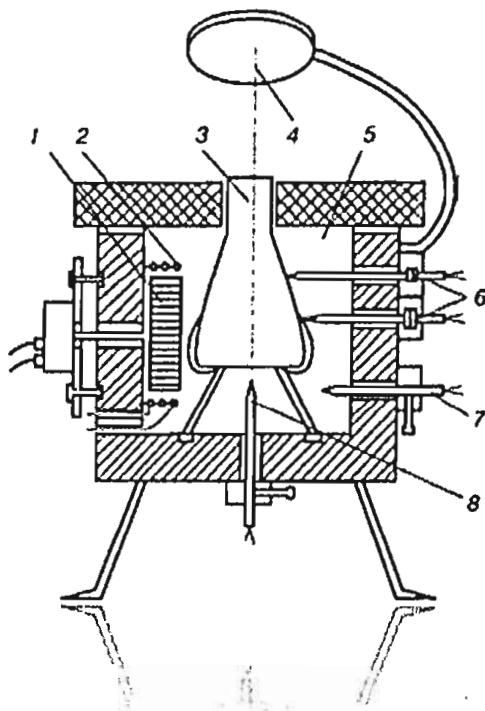


Рисунок 1 – Прибор для измерения стандартной температуры
самовоспламенения СТС:

1 – крыльчатка вентилятора; 2 – спиральный нагреватель; 3 – реакционный
сосуд; 4 – смотровое зеркало; 5 – термостат; 6, 7 и 8 – термопары

Основные испытания (пять проб) на самовоспламенение проводят с
наиболее легкосамовоспламеняющимся количеством вещества при
температуре на 5 °С ниже минимальной температуры самовоспламенения,
полученной в серии предварительных испытаний.

За температуру самовоспламенения исследуемого вещества принимают
среднеарифметическое двух температур, различающихся на 5 °С, при одной
из которых наблюдается самовоспламенение наиболее легко
самовоспламеняющегося количества вещества, а при другой – отказ.

Температуру самовоспламенения твердых веществ измеряют на установке
ОТП (рисунок 1). Для этого устанавливают температуру рабочей камеры
равной температуре разложения вещества или (если она неизвестна) 500 °С.
После установления в рабочей камере стационарного температурного режима
держатель извлекают из рабочей камеры, в контейнер помещают образец и

возвращают держатель в исходное положение. Наблюдают за образцом в рабочей камере через смотровое зеркало.

Если образец самовоспламенится, то следующее испытание проводят с новым образцом при более низкой (например, на 50 °C) температуре. Если же в течение 30 мин образец не самовоспламенился, то опыт прекращают и считают, что получили отказ. Следующее испытание с новым образцом проводят при более высокой температуре. Изменяя температуру в рабочей камере, определяют такую минимальную температуру, при которой возникает пламенное горение образца при двукратном повторении испытаний, а при температуре на 10 °C ниже наблюдаются два отказа. За температуру самовоспламенения принимают среднее арифметическое этих определений [3].

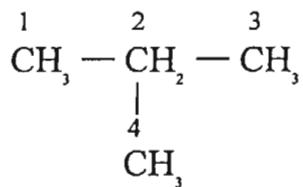
1.4 Расчетные методы определения температуры самовоспламенения

Стандартная температура самовоспламенения T_{cb} , приведенная в справочниках, получена экспериментально по стандартной методике для горючей смеси стехиометрического состава. Установлено, что в пределах гомологического ряда величина T_{cb} является функцией длины углеродной цепи в молекуле. Чем длиннее цепь, тем ниже температура самовоспламенения. Метод расчета T_{cb} основан на эмпирической зависимости T_{cb} от средней длины углеродной цепи.

Метод пригоден для расчета T_{cb} алифатических углеводородов, алифатических спиртов и ароматических углеводородов.

Задача состоит в том, чтобы по структурной формуле химического соединения найти для него среднюю длину углеродных цепей.

Углеродная цепь – это цепочка атомов углерода от одного конца молекулы до другого. Длина цепи – это число атомов углерода в такой цепи. Например, в изобутане



три цепи с одинаковой длиной (цепь 1-2-3, 1-2-4 и 3-2-4), длина каждой цепи равна 3. Средняя длина углеродных цепей (ℓ_{cp}) в этом соединении тоже равна 3. Определив среднюю длину цепи, далее по таблицам 7, 8, 9 находят T_{cb} .

В молекуле химического соединения со сложной структурой иногда бывает трудно сразу найти все углеродные цепи. Поэтому для определения числа цепей используют формулу

$$m = \frac{M_p(M_p - 1)}{2}, \quad (10)$$

где M_p – число концевых функциональных групп, таких как: $-\text{CH}_3$, $-\text{OH}$ и бензольных колец.

В изобутане $M_p = 3$, подставляя это значение в формулу (10), получим $m = 3$. Средняя длина углеродной цепи определяется как $\ell_{cp} = \sum \ell \ell_i / m$, где $\ell \ell_i$ – длина углеродной цепи: $\ell_{cp} = 9 : 3 = 3$. Определяем по табл. 7 температуру самовоспламенения, $T_{cv} = 743 \text{ K} = 470^\circ\text{C}$.

Расчет температуры самовоспламенения алифатических спиртов

При определении длины углеродных цепей в молекуле алифатического спирта необходимо учитывать следующее правило. Гидроксильная группа в углеродной цепи увеличивает ее длину на единицу.

Расчет температуры самовоспламенения ароматических соединений

При определении числа цепей и их длины в молекуле ароматического соединения следует иметь в виду следующие правила.

1. Фенил (бензольное кольцо), находящийся внутри углеродной цепи, считается и как концевой.
2. Фенил, находящийся в углеродной цепи, укорачивает ее на единицу.
3. При определении углеродной цепи атомы углерода в бензольном кольце в расчет не принимаются[12].

Таблица 2 – Температура самовоспламенения некоторых предельных углеводородов в зависимости от средней длины углеродной цепи

ℓ_{cp}	T _{cb} , K						
3,0	743	6,0	507	9,0	482	12,0	477
3,1	738	6,1	505	9,1	481	12,1	477
3,2	733	6,2	504	9,2	481	12,2	477
3,3	728	6,3	503	9,3	481	12,3	477
3,4	723	6,4	502	9,4	480	12,4	477
3,5	717	6,5	501	9,5	480	12,5	477
3,6	712	6,6	500	9,6	480	12,6	477
3,7	706	6,7	499	9,7	480	12,7	477
3,8	699	6,8	498	9,8	479	12,8	477
3,9	693	6,9	497	9,9	479	12,9	477
4,0	686	7,0	496	10,0	479	13,0	477
4,1	680	7,1	495	10,1	479	13,1	477
4,2	673	7,2	494	10,2	479	13,2	477
4,3	665	7,3	494	10,3	479	13,3	477
4,4	654	7,4	493	10,4	478	13,4	477
4,5	643	7,5	492	10,5	478	13,5	476
4,6	631	7,6	491	10,6	478	13,6	476
4,7	617	7,7	490	10,7	478	13,7	476
4,8	601	78	489	10,8	478	13,8	476
4,9	581	7,9	489	10,9	478	13,9	476

Продолжение таблицы 2

ℓ_{cp}	T _{cb} , K						
5,0	560	8,0	488	11,0	478	14,0	476
5,1	547	8,1	487	11,1	478	14,1	476
5,2	535	8,2	486	11,2	478	14,2	476
5,3	528	8,3	486	11,3	478	14,3	476
5,4	522	8,4	485	11,4	478	14,4	476
5,5	517	8,5	484	11,5	478	14,5	476
5,6	513	8,6	484	11,6	477	14,6	476
5,7	511	8,7	483	11,7	477	14,7	476
5,8	509	8,8	483	11,8	477	14,8	476
5,9	508	8,9	482	11,9	477	14,9	476
-	-	-	-	-	-	15,0	475

Таблица 3 – Температура самовоспламенения некоторых предельных одноатомных спиртов в зависимости от средней длины углеродной цепи

ℓ_{cp}	T _{св} , K						
2,0	737	4,4	610	6,8	545	9,2	518
2,1	736	4,5	606	6,9	543	9,3	517
2,2	734	4,6	602	7,0	542	9,4	516
2,3	732	4,7	599	7,1	540	9,5	516
2,4	730	4,8	595	7,2	539	9,6	515
2,5	728	4,9	592	7,3	537	9,7	514
2,6	725	5,0	588	7,4	536	9,8	513
2,7	721	5,1	585	7,5	535	9,9	513
2,8	716	5,2	582	7,6	534	10,0	512
2,9	711	5,3	579	7,7	533	10,5	509
3,0	706	5,4	577	7,8	531	11,0	507
3,1	696	5,5	574	7,9	530	11,5	506
3,2	693	5,6	572	8,0	529	12,0	505
3,3	636	5,7	569	8,1	528	12,5	505
3,4	678	5,8	567	8,2	527	13,0	504
3,5	669	5,9	564	8,3	526	13,5	504
3,6	658	6,0	562	8,4	525	14,0	503
3,7	649	6,1	560	8,5	524	14,5	503
3,8	642	6,2	557	8,6	523	15,0	502

Продолжение таблицы 3

ℓ_{cp}	T _{cb} , K						
3,9	634	6,3	555	8,7	522	15,5	502
4,0	628	6,4	553	8,8	521	16,0	501
4,1	623	6,5	551	8,9	520	16,5	501
4,2	619	6,6	549	9,0	519	17,0	500
4,3	614	6,7	547	9,1	519	17,5	500

Таблица 4 – Температура самовоспламенения некоторых ароматических углеводородов в зависимости от средней длины углеродной цепи

ℓ_{cp}	T _c , K	ℓ_{cp}	T _c , K	ℓ_{cp}	T _c , K
-2	843	-	-	-	-
-1,9	842	0,1	810	2,1	702
-1,8	841	0,2	794	2,2	701
-1,7	840	0,3	774	2,3	701
-1,6	840	0,4	753	2,4	700
-1,5	839	0,5	733	2,5	700
-1,4	838	0,6	723	2,6	699
-1,3	837	0,7	718	2,7	699
-1,2	837	0,8	715	2,8	698
-1,1	836	0,9	713	2,9	698
-1	835	1	712	3	697
-0,9	835	1,1	711	3,1	697
-0,8	834	1,2	710	3,2	697
-0,7	833	1,3	709	3,3	697
-0,6	832	1,4	708	3,4	696
-0,5	831	1,5	707	3,5	696
-0,4	830	1,6	706	3,6	696
-0,3	829	1,7	705	3,7	696
-0,2	827	1,8	704	3,8	696
-0,1	824	1,9	703	3,9	696
0	819	2	703	4	695

Рассмотрены взрывопожароопасные свойства ГЖ и ЛВЖ, экспериментальные и расчётные методы определения стандартной температуры самовоспламенения. Изучены методики определения стандартной температуры самовоспламенения.

2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Объекты исследования

Объектом исследования является установка для определения стандартной температуры самовоспламенения.

Лабораторное оборудование должно соответствовать ГОСТ 13920 - 68 для экспериментального определения показателей СТС газов и жидкостей [3].

Установка для определения стандартной температуры самовоспламенения (рисунок 2) включает в себя следующие элементы: термостат; электрическая спираль нагревателя; крыльчатка вентилятора; реакционный сосуд; крышка термостата; зеркало; термоэлектрические преобразователи.

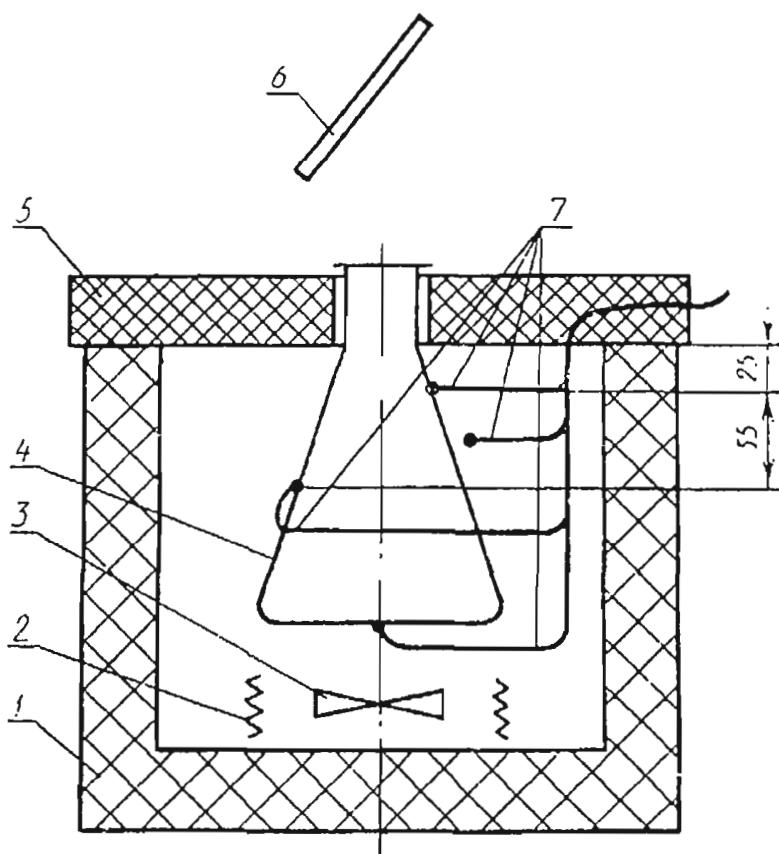


Рисунок 2 – Установка для определения показателей стандартной температуры самовоспламенения жидкостей: 1 – корпус термостата; 2 – электрическая спираль нагревателя; 3 – крыльчатка вентилятора; 4 – реакционный сосуд; 5 – крышка термостата; 6 – зеркало; 7 – термоэлектрические преобразователи.

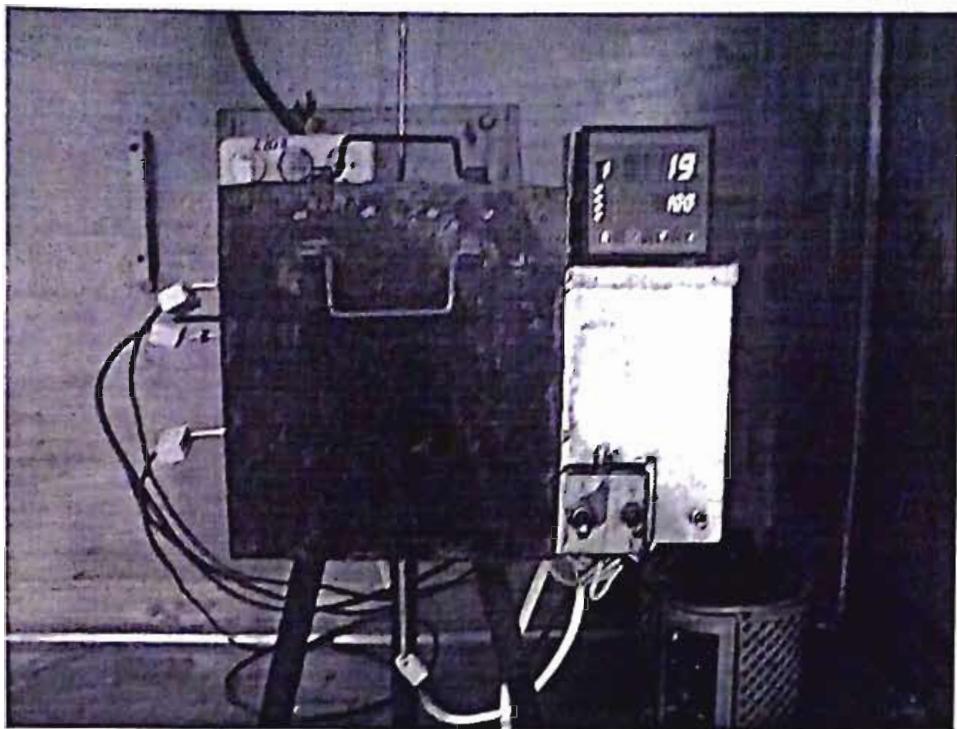


Рисунок 3 – Общий вид прибора для измерения стандартной температуры самовоспламенения (СТС)

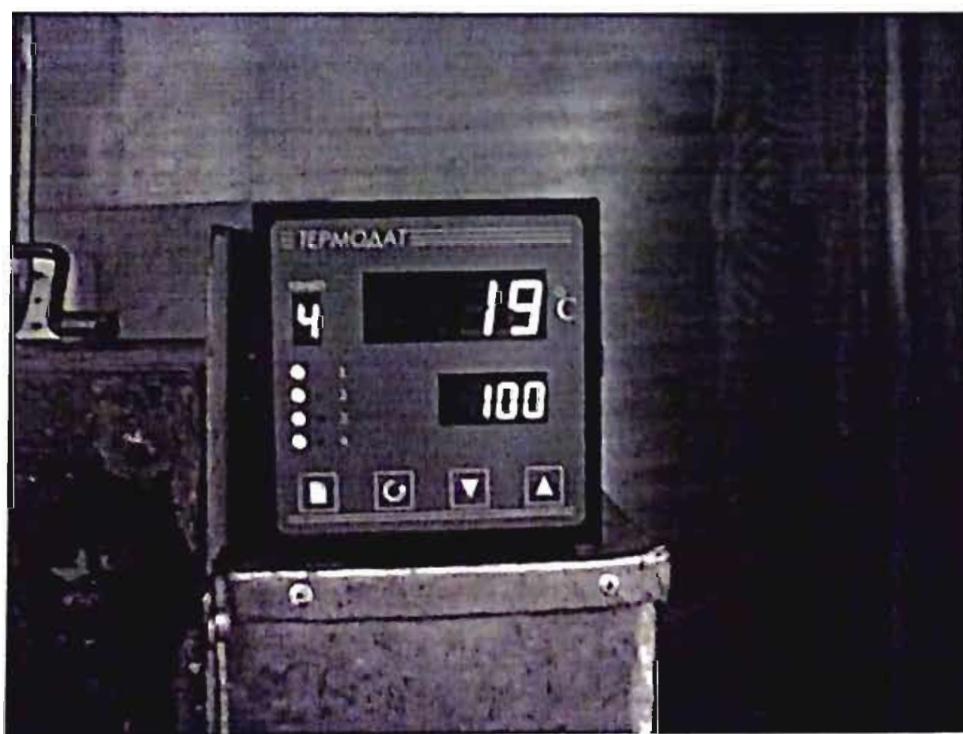


Рисунок 4 – Прибор для фиксации и контроля стандартной температуры самовоспламенения « Термодат – 11М5»

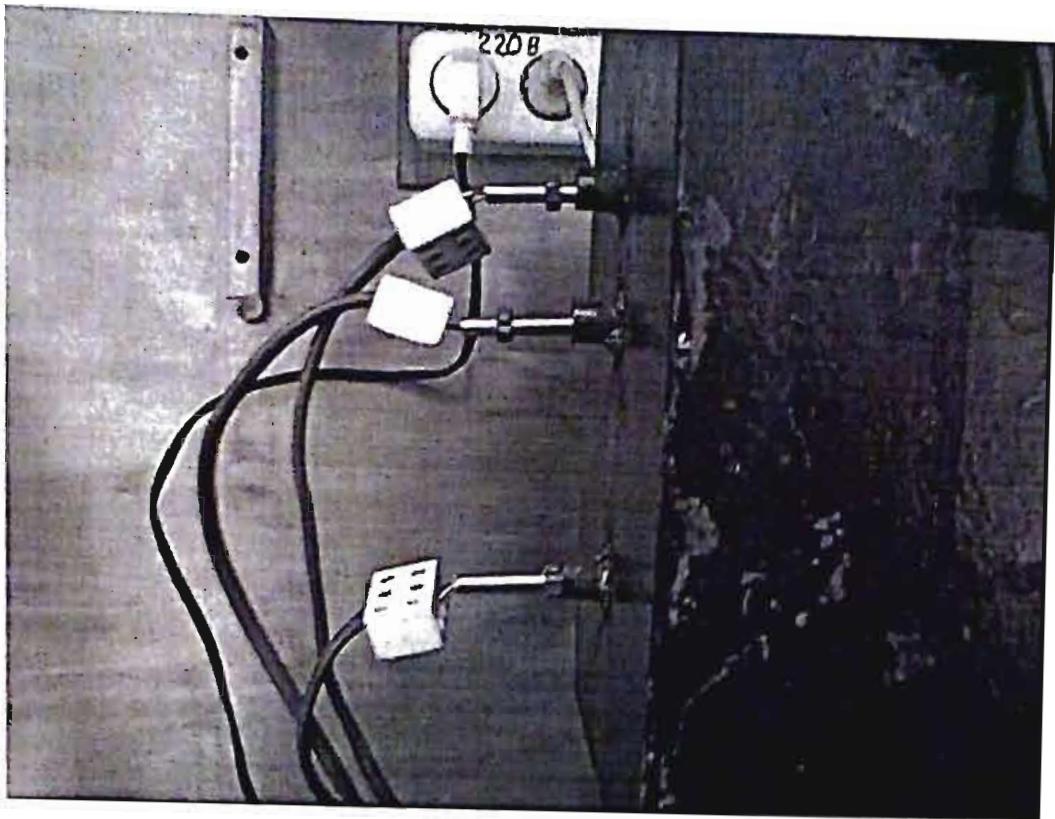


Рисунок 5 – Термопары измеряющие температуру на разных участках реакционного сосуда

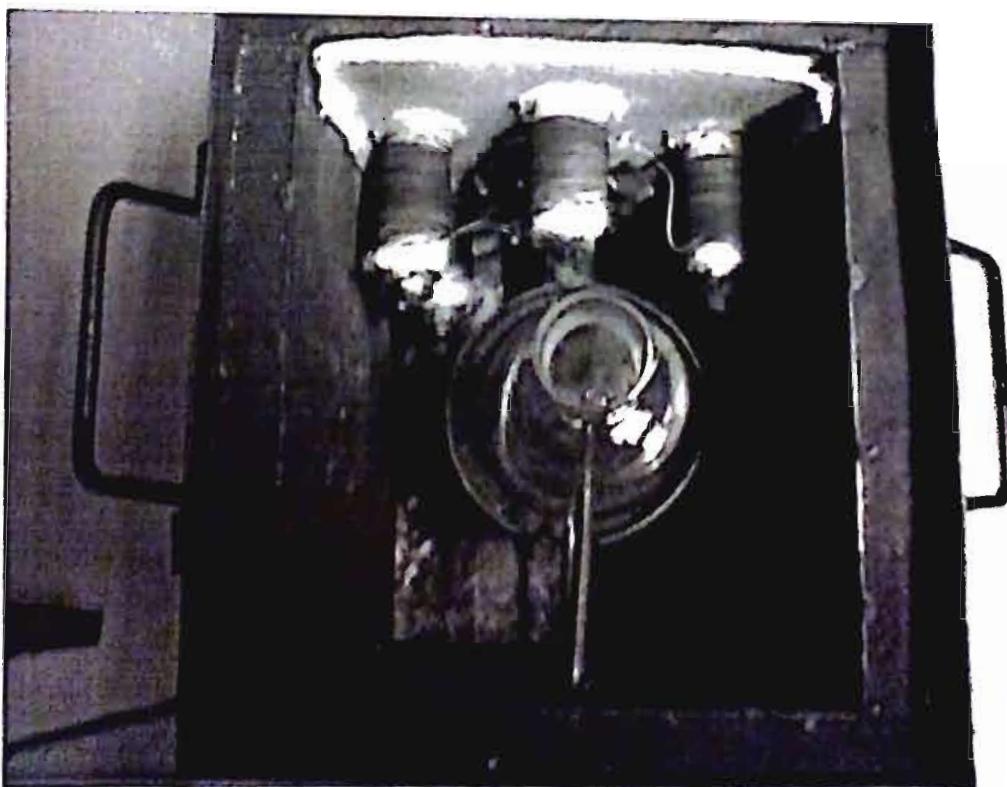


Рисунок 6 – Вид сверху реакционной камеры прибора для измерения стандартной температуры самовоспламенения (СТС)

Реакционный сосуд представлен в виде колбы вместимостью 250 см³ из кварцевого стекла. Химически чистая колба должна использоваться для испытания каждого вещества и проведения основной серии испытаний.

Если температура самовоспламенения исследуемого вещества превышает температуру размягчения стекла колбы, допускается применять аналогичные колбы из металла (это надо отмечать в протоколе испытаний).

Воздушный термостат, обеспечивающий равномерный нагрев колбы до заданной температуры. Колбу следует считать равномерно нагретой и состояние проведения испытания удовлетворительным, если полученные значения температур самовоспламенения соответствуют данным из таблицы 5 [3].

Таблица 5 – Температура самовоспламенения веществ

Вещество	Температура самовоспламенения, °C
н-Гептан	220
Этилен	435
Бензол	560

Примечание. Вещества, используемые для проверки работы термостата, должны иметь чистоту не менее 99,9 %.

Для измерения температуры колбы используют калиброванные термоэлектрические преобразователи (один или несколько) максимальным диаметром рабочего спая не более 0,8 мм. Термоэлектрические преобразователи располагают в выбранных точках в тесном контакте с внешней поверхностью колбы. При использовании нескольких термоэлектрических преобразователей за температуру испытания принимают среднеарифметическое значение наименьшей и наибольшей температур по показаниям термоэлектрических преобразователей. Расхождения между показаниями термоэлектрических преобразователей не должно превышать 1 %.

Для дозирования исследуемых веществ применяют шприцы и пипетки.

Для дозированной подачи жидкостей используют: а) шприц вместимостью от 0,25 до 1 см³ (цена деления не более 0,01 см³) с иглой из нержавеющей стали максимальным диаметром 0,15 мм; б) калиброванную пипетку вместимостью 1 см³, обеспечивающую подачу 1 см³ дистиллированной воды в 35–40 капель.

Для дозированной подачи газов рекомендуется использовать газонепроницаемый стеклянный калиброванный шприц вместимостью 200 см³ (цена деления не более 10 см³), снабженный трехходовым краном (рисунок 9).

Для дозированной подачи паст, готовых красок, мастик т. п. веществ готовят несколько навесок, отличающихся друг от друга на 0,05–0,10 г с погрешностью не более 0,01 г.

Допускается использовать другие дозирующие средства, обеспечивающие требуемые параметры.

Секундомер должен быть с погрешностью измерения не более 1 с для определения периода индукции.

Температуру внутри термостата предварительно регулируют таким образом, чтобы было обеспечено равномерное нагревание колбы до необходимого значения температуры.

Рекомендуемый объем пробы для предварительного испытания жидкостей 0,07 см³, газов 20 см³, паст, мастик и т. п. 0,2 г.

Пробу исследуемого вещества вводят в центр колбы за время не более 2 с. После ввода пробы дозирующее устройство быстро отводят. Во время подачи жидкости следует избегать ее попадания на стенки колбы. При испытании веществ с температурой кипения, близкой или равной комнатной температуре, необходимо принять соответствующие меры, чтобы не произошло изменение агрегатного состояния вещества перед введением его в колбу (например, охладить)[3].

В момент окончания ввода пробы в колбу включают секундомер и наблюдают за содержимым колбы до появления пламени и/или взрыва. В

этот момент секундомер останавливают и регистрируют период индукции самовоспламенения. Если пламя и/или взрыв не наблюдается, секундомер останавливают через 5 мин и испытание прекращают.

После каждого испытания колбу продувают сухим воздухом, после чего она должна принять необходимую температуру испытания. В случае загрязнения колбы твердыми продуктами сгорания ее очищают или заменяют чистой.

2.2 Методы исследования

2.2.1 Определение стандартной температуры самовоспламенения экспериментальным методом

Для определения температуры самовоспламенения горючих газов и жидкостей разработано много методов. Наиболее распространенным из них является метод капли. Метод капли применяют для определения температуры самовоспламенения жидкостей и легкоплавких твердых веществ. В нагретый до определенной температуры сосуд вводят по каплям горючую жидкость. Температура сосуда, при которой произойдет самовоспламенение жидкости, является ее температурой самовоспламенения. Установка предназначена для определения стандартной температуры самовоспламенения газов, жидкостей и легкоплавких твердых веществ (температура плавления до 50 °C) при температуре от 50 °C до 600 °C и атмосферном давлении [3].

Испытания повторяют при различных температурах и с различными объемами проб до достижения минимальной температуры самовоспламенения (что определяют по графику зависимости температуры самовоспламенения от массы пробы, рисунок 7).

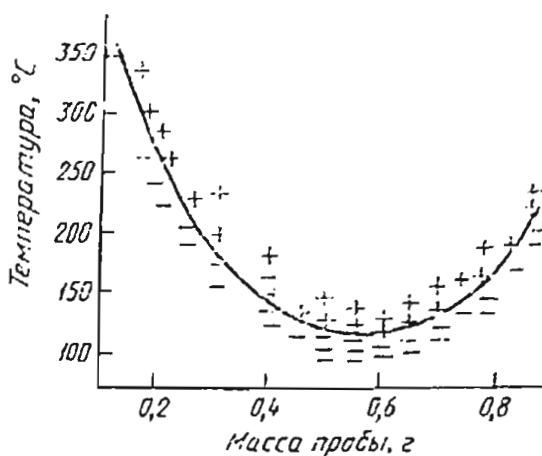


Рисунок 7 – Зависимости температуры самовоспламенения от массы пробы

Основную серию испытаний проводят с наиболее легко самовоспламеняющимся количеством вещества через интервал температуры 2 °С до тех пор, пока не будет определена наименьшая температура, при которой наблюдается самовоспламенение образца, а при температуре на 2 °С ниже при пятикратном повторении испытания самовоспламенение не происходит.

За температуру самовоспламенения исследуемого вещества принимают наименьшую температуру испытаний, при которой наблюдалось самовоспламенение образца. Сходимость метода при доверительной вероятности 95 % не должна превышать 2 %. Воспроизводимость метода при доверительной вероятности 95 % не должна превышать 5 %.

Прибор для определения температуры самовоспламенения следует устанавливать в вытяжном шкафу. Рабочее место оператора должно удовлетворять требованиям электробезопасности и санитарно-гигиеническим требованиям [9].

При проведении эксперимента необходимо установить чистую сухую коническую колбу в прибор так, чтобы прижимные устройства плотно обхватывали дно колбы. Установить термпреобразователи так, чтобы их горячие спаи были плотно прижаты к стенкам конической колбы. Включить вентилятор, расположенный внутри прибора и нагреватель, установить требуемый режим нагрева. При установлении требуемой температуры ввести в колбу требуемое количество вещества и включить секундомер. Наблюдать за поведением вещества внутри колбы с помощью зеркала. При появлении пламени в колбе остановить секундомер и считать, что произошло самовоспламенение. Если пламя не появляется в течение 5 мин – опыт считать «отказом». Необходимо записать время (показания секундомера) и температуру (показания потенциометра). Продуть колбу воздухом. Повторять испытания на самовоспламенение с таким же количеством вещества до тех пор (при различных температурах), пока не определиться такая минимальная температура, при которой происходит самовоспламенение данного количества вещества, а при температуре на 5 °С ниже минимальной, наблюдается «отказ». Найденную температуру принимают за температуру самовоспламенения данного количества вещества [3].

2.2.2 Расчетный метод

Стандартная температура самовоспламенения T_{cb} , приведенная в справочниках, получена экспериментально по стандартной методике для горючей смеси стехиометрического состава. Установлено, что в пределах гомологического ряда величина T_{cb} является функцией длины углеродной цепи в молекуле. Чем длиннее цепь, тем ниже температура самовоспламенения. Метод расчета T_{cb} основан на эмпирической зависимости T_{cb} от средней длины углеродной цепи.

Метод пригоден для расчета T_{cb} алифатических углеводородов, алифатических спиртов и ароматических углеводородов.

Задача состоит в том, чтобы по структурной формуле химического соединения найти для него среднюю длину углеродных цепей.

Углеродная цепь – это цепочка атомов углерода от одного конца молекулы до другого. Длина цепи – это число атомов углерода в такой цепи.

В молекуле химического соединения со сложной структурой иногда бывает трудно сразу найти все углеродные цепи. Поэтому для определения числа цепей используют формулу:

$$m = \frac{M_p(M_p - 1)}{2}, \quad (10)$$

где M_p – число концевых функциональных групп, таких как: $-\text{CH}_3$, $-\text{OH}$ и бензольных колец.

Средняя длина углеродной цепи определяется как $\ell_{cp} = \sum \ell \ell_i / m$, где $\ell \ell_i$ – длина углеродной цепи.

Расчет температуры самовоспламенения алифатических спиртов

При определении длины углеродных цепей в молекуле алифатического спирта необходимо учитывать следующее правило. Гидроксильная группа в углеродной цепи увеличивает ее длину на единицу.

Расчет температуры самовоспламенения ароматических соединений

При определении числа цепей и их длины в молекуле ароматического соединения следует иметь в виду следующие правила.

1. Фенил (бензольное кольцо), находящийся внутри углеродной цепи, считается и как концевой.
2. Фенил, находящийся в углеродной цепи, укорачивает ее на единицу.
3. При определении углеродной цепи атомы углерода в бензольном кольце в расчет не принимаются [11].

Рассмотрены объект и методы исследования. Объектом исследования является установка для определения стандартной температуры самовоспламенения (СТС), метод капли применяют для определения температуры самовоспламенения жидкостей и легкоплавких твердых

веществ. В нагретый до определенной температуры сосуд вводят по каплям горючую жидкость. Температура сосуда, при которой произойдет самовоспламенение жидкости, является ее температурой самовоспламенения.

3 ПРОВЕДЕНИЕ МОНТАЖА И ПУСКО-НАЛАДКИ ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Лабораторные методы испытаний веществ и материалов на пожароопасность позволяют получать результаты, на основании которых можно разработать комплекс надежных и защитных мероприятий и неизбежно, либо существенно снизить риски возникновения чрезвычайных ситуаций.

Выбранная для модернизации установка позволяет определить стандартную температуру самовоспламенения горючих и легковоспламеняющихся жидкостей.

3.1 Ревизия лабораторной установки для определения стандартной температуры самовоспламенения (СТС)

При проведении ревизии оборудования выявлено, что установка включает в себя термостат, электрическую спираль нагревателя, крыльчатку вентилятора, реакционный сосуд, крышку термостата. На установке отсутствуют зеркало для наблюдения за процессом, термоэлектрические преобразователи; теплоизоляция термостата требует замены, электропроводка прибора имеет местные повреждения изоляционной поверхности, крыльчатка вентилятора при работе вибрирует, подставка под колбу внутри печи не соответствует размерам, опорные стоки прибора не обеспечивают его устойчивость, отсутствуют штепсельные вилки для подключения к электросети.

Таблица 6 – Технические характеристики установки

Название параметра	Показатель
Параметры электрической спирали	
Электрическое напряжение , В	220
Мощность, кВт	1,5
Параметры вентилятора	
Угловая скорость вращения вала, рад/с	300
Диаметр крыльчатки,мм	100
Температура нагрева стенок конической колбы, °С	600
Время достижения температуры 600 °С, мин	30
Количество обслуживающего персонала	1
Размеры рабочего пространства прибора, мм	
ширина	230
высота	170
длина	200
Габаритные размеры установки, мм	
ширина	860
высота	1900
длина	1000
Масса установки, кг	150

Для измерения температуры колбы ранее используются калиброванные термоэлектрические преобразователи.

Термоэлектрические преобразователи располагали в выбранных точках в тесном контакте с внешней поверхностью колбы. При использовании нескольких термоэлектрических преобразователей за температуру испытания принимали среднеарифметическое значение наименьшей и наибольшей температур по показаниям термоэлектрических преобразователей. Расхождения между показаниями термоэлектрических преобразователей не должно было превышать 1 %.

Вместо старых самописцев фиксирующих температуру в рабочей камере печи установлены новые термопары (ХА хромель – алюмель – 100 °С...1 350 °С) и термодат, который одновременно показывает температуру, полученную от всех четырех термопар.

3.2 Выбор и калибровка прибора для контроля температуры

Для контроля температуры нагрева установлен термодат – Термодат-11М5/1УВ/ЗР – прибор для измерения и регулирования температуры.

Регулирование осуществляется по двухпозиционному (on/off) закону. Прибор прост в настройке, обладает рядом удобных сервисных функций. Термодат-11М5 может иметь два, три или четыре выхода (реле) в зависимости от модели. Один вход предназначен для подключения термопар и термосопротивлений. Каждый выход может управлять нагревателем или охладителем или использоваться для аварийной сигнализации. Прибор может быть снабжен интерфейсом для связи с компьютером. Установки температуры и параметры прибора могут быть просмотрены и изменены с компьютера.

Установите Термодат-11М5 и включите его. После короткой процедуры самотестирования прибор готов к работе. Измеренная температура выводится на верхний индикатор, температура регулирования (установка) – на нижний. На отдельном индикаторе слева отображается номер канала (выхода). Если датчик не подключен или неисправен, то вместо значения

температуры на верхний индикатор выводится «_ _ _ _». На дисплее отображается номер выхода, измеренное значение температуры и заданная температура для этого выхода. Через две секунды появляется информация по следующему выходу и далее по кругу. Измерение температуры производится прибором с более высокой скоростью, чем индикация. Можно остановить автоматический перебор каналов на дисплее. При этом прибор по-прежнему будет вести измерение и регулирование на всех выходах. Через одну минуту прибор вернётся к автоматическому перебору каналов. Одиночные индикаторы 1...4 на передней панели прибора отвечают за работу выходов. Нижний индикатор с надписью «Авария» загорается, когда возникает аварийная ситуация.

Для исключения расхождения показания термопар проведена калибровка температуры (таблица 7) на примере определения стандартной температуры самовоспламенения дизельного топлива.

Таблица 7 – Калибровка термопар ХК

Температура, °C	Термопары			
	1	2	3	4
100	120	120	100	110
150	170	170	150	160
200	220	220	200	210
250	270	270	250	260
300	320	320	300	310
350	370	370	350	360
400	420	420	400	410
450	470	470	450	460

3.3 Установка вспомогательных устройств для проведения процесса нагрева горючих жидкостей

В процессе модернизации и ревизии были заменены внутренние теплоизолирующие прокладки состоящие из асбестового волокна размером 230 мм. на 200 мм (рисунок 8, 9). Перемотана и обновлена спираль нагревательного элемента, изменена подставка колбы. Проведена замена электропроводки на новую и мотора вентилятора. Установлено зеркало и изменен элемент фиксирующий его.

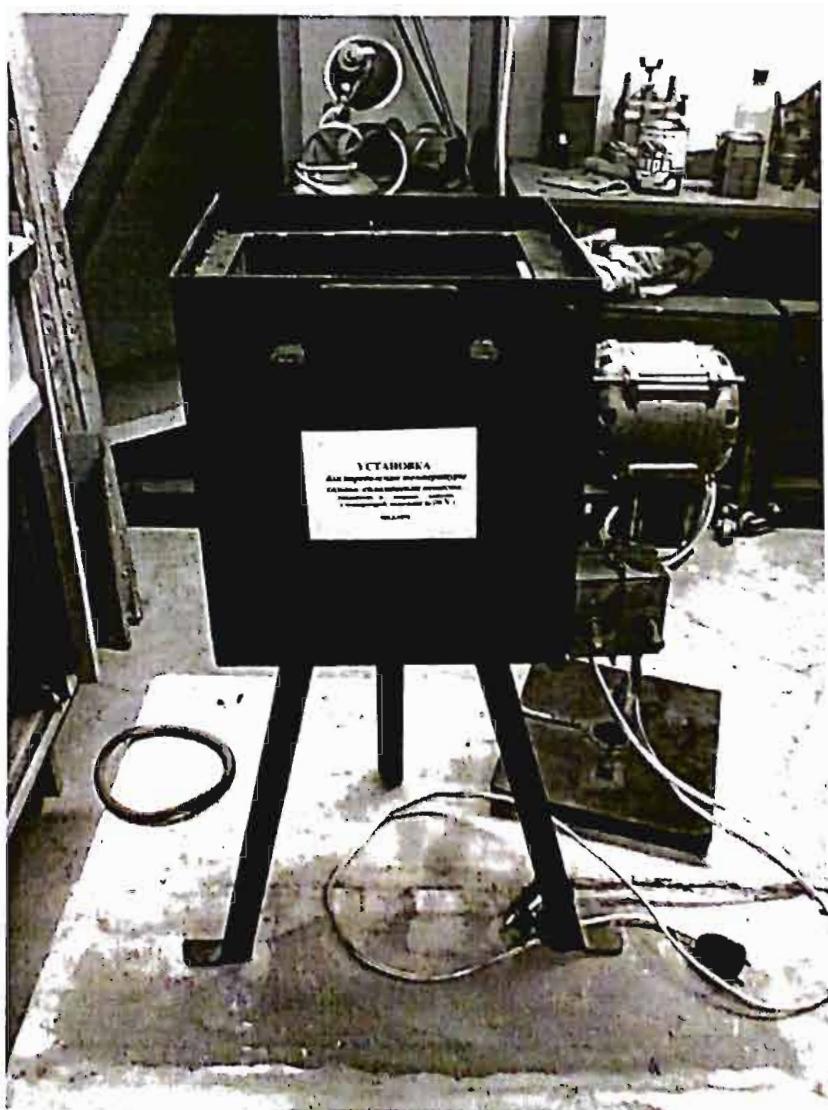


Рисунок 8 – Вид до модернизации прибор для измерения стандартной температуры самовоспламенения (СТС)

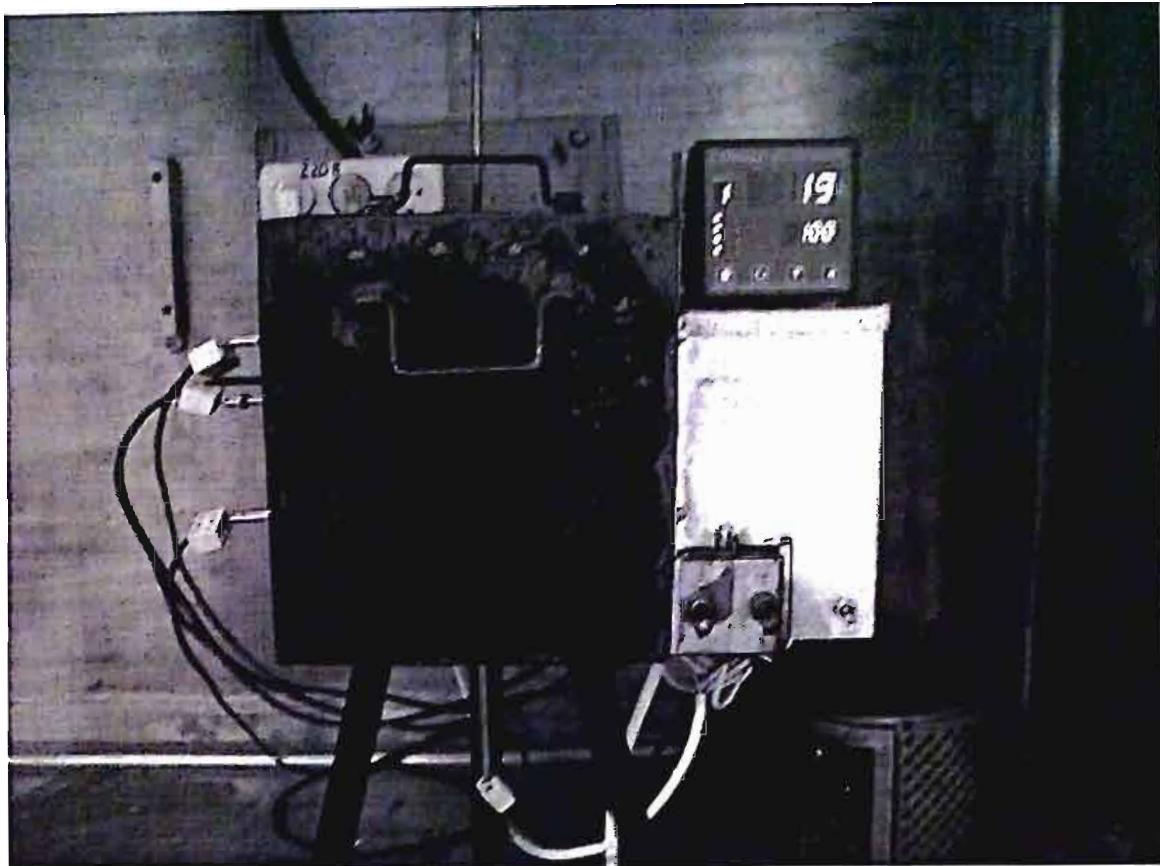


Рисунок 9 – Модернизированный прибор для измерения стандартной температуры самовоспламенения (СТС)

3.4 Апробация прибора при определении стандартной температуры самовоспламенения для легковоспламеняющихся жидкостей

При определении стандартной температуры самовоспламенения дизельного топлива установили чистую сухую коническую колбу в прибор так, чтобы прижимные устройства плотно обхватывали дно колбы. Установили теромпреобразователи так, чтобы их горячие спи и были плотно прижаты к стенкам конической колбы. Включили вентилятор, нагреватель и установите требуемый режим нагрева. При установлении требуемой температуры ввели в колбу требуемое количество вещества и включили секундомер. Наблюдали за поведением вещества внутри колбы с помощью зеркала. При появлении пламени в колбе остановили секундомер и считаем, что произошло самовоспламенение.

Если пламя не появляется в течение 5 мин – опыт считаем «отказом». Записали время (показания секундомера) и температуру (показания потенциометра). Продули колбу воздухом. Повторяем испытания на самовоспламенение с таким же количеством вещества до тех пор (при различных температурах), пока не найдем такую минимальную температуру , при которой происходит самовоспламенение данного количества вещества, а при температуре на 5°С ниже минимальной , наблюдается «отказ». Найденную температуру принимаем за температуру самовоспламенения данного количества вещества.

Определение температуры самовоспламенения проводите по ГОСТ 13920-68 «Нефтепродукты. Метод определения температуры самовоспламенения паров в воздухе».

Результаты определения стандартной температуры самовоспламенения дизельного топлива разных марок представлены в таблице 8.

Таблица 8 – экспериментальные и справочные данные стандартной температуры самовоспламенения дизельного топлива

Марка дизельного топлива	СТС, °С (справочная)	СТС, °С (фактическая)
ДТЛ(Лукойл)	300	290
ДТЗ (Башнефть)	310	320

Была рассмотрена имеющаяся установка и предложены мероприятия по её модернизации. В результате модернизации контроль температуры стал осуществляться с помощью термодатта, позволяющего более точно фиксировать значения температуры. Результаты калибровки температуры на примере определения СТС дизельного топлива показали, что фактическая и справочная стандартная температура самовоспламенения отличаются на 10 °С, что свидетельствует о сходимости экспериментальных и справочных данных.

4 РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТС ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ

4.1 Определение стандартной температуры самовоспламенения бутилового спирта [11].

Число концевых групп (M_p) = 2. Общее число углеродных цепей = 5.

Средняя длина углеродной цепи составляет

$$l_{cp} = \frac{5}{1} = 5.$$

По таблице 3 находим температуру самовоспламенения.

Стандартная температура самовоспламенения составляет 588 К (315 °C).

4.2 Расчет стандартной температуры самовоспламенения гексана и этанола.

Число концевых групп для гексана = 2. Общее число углеродных цепей = 6.

Средняя длина углеродной цепи составляет

$$l_{cp} = \frac{6}{1} = 6$$

По таблице 2 находим температуру самовоспламенения.

Стандартная температура самовоспламенения составляет 507 К (234 °C).

Число концевых групп для этанола = 2. Общее число углеродных цепей = 3.

Средняя длина углеродной цепи равна 3. Стандартная температура самовоспламенения составляет 706 К (433 °C).

Этанол



$$m = \frac{M_p(M_p - 1)}{2} = \frac{2 \cdot (2 - 1)}{2} = 1.$$

$$M_p = 2(2-1) \backslash 2 = 1$$

$$Lcp 3 \backslash 1 = 3 \text{ (706 K)}$$

$$706 - 273 = 433 \text{ (этанол)}$$

4.3 Анализ экспериментальных и расчетных данных определения стандартной температуры самовоспламенения

Сравнительный анализ экспериментального и расчетного методов стандартной температуры самовоспламенения показал, что расхождения между результатами не превышает 10 %. В таблице 9 представлены экспериментальные, расчетные и справочные данные

Таблица 9 – экспериментальные, расчетные и справочные данные стандартной температуры самовоспламенения

Вещества	Расчетные	Экспериментальные	Справочные
Бутиловый спирт	315	320	312
Гексан	234	240	233
Этанол	433	440	404

Проведен расчет стандартной температуры самовоспламенения для легковоспламеняющихся жидкостей – бутилового спирта, гексана и этанола. Расхождения между результатами не превышает 10 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрены взрывопожароопасные свойства ГЖ и ЛВЖ, экспериментальные и расчётные методы определения стандартной температуры самовоспламенения. Изучены методики определения стандартной температуры самовоспламенения.

Рассмотрены объект и метод исследования. Объектом исследования является установка для определения стандартной температуры самовоспламенения (СТС), метод капли применяют для определения температуры самовоспламенения жидкостей и легкоплавких твердых веществ. В нагретый до определенной температуры сосуд вводят по каплям горючую жидкость. Температура сосуда, при которой произойдет самовоспламенение жидкости, является ее температурой самовоспламенения.

Была рассмотрена имеющаяся установка и предложены мероприятия по её модернизации. В результате модернизации контроль температуры стал осуществляться с помощью термодатта, позволяющего более точно фиксировать значения температуры. Результаты калибровки температуры на примере определения СТС дизельного топлива показали, что фактическая и справочная стандартная температура самовоспламенения отличаются на 10 °С, что свидетельствует о сходимости экспериментальных и справочных данных.

Расчетным методом была определена стандартная температура самовоспламенения жидкостей, эта температура совпадает со стандартной температурой самовоспламенения жидкостей полученной экспериментальным путем, что свидетельствует о правильности методики определения стандартной температурой самовоспламенения жидкостей.

Экспериментальная установка может быть использована для проведения: учебного процесса, лабораторных работ, научно-исследовательских работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие для студентов ВУЗов/ под ред. д.т.н., проф. А.И. Сидорова. –М.: Кнорус, 2016. – 522 с.
2. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие к практическим занятиям /Л.М.Киселева, Б.Г.Пластиинин, Г.С.Пожбелко и др.; Под ред. Л.М.Киселевой. – Челябинск: Изд-во ЧГТУ, 1997. – Ч.III. – 95 с.
3. Боровик, С.И. Пожарная безопасность: учебное пособие к практическим занятиям / Боровик, С.И; Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. – 160 с.
4. ГОСТ 13920-68. «Нефтепродукты. Метод определения температуры самовоспламенения паров в воздухе».
5. ГОСТ Р 12.3.047-98. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
6. ГОСТ 12.1.044-89. (ИСО 4589-84) ССБТ Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
7. ГОСТ 12.1.041-83. ССБТ Пожаровзрывобезопасность горючих пылей. Общие требования.
8. Корольченко, А. Я. Основы пожарной безопасности предприятия. Полный курс пожарно-технического минимума: учеб.пособие / А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко М.: Пожнаука, 2008.-313 с.
9. Основы взрывопожаробезопасности учеб. Пособие. -2-е изд., испр., перераб. и доп. / В.А Акатьев. - М.: Издательство РГСУ, 2008. - 552 с.
10. Основы техники безопасности в электроустановках: учеб. пособие для вузов / П.А. Долин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.:Энергоатомиздат, 1984. – 448 с., ил.
11. Пожаровзрывобезопасность: Конспект лекций / В.Г. Зеленкин, С.И. Боровик - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2010. – 160 с.

12. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч.-2-е изд., перераб. и доп / А.Я. Корольченко, Д.А. Корольченко.. – М.: Асс. «Пожнаука», 2004. – Ч.1. – 713 с.
13. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч.-2-е изд., перераб. и доп / А.Я. Корольченко, Д.А. Корольченко.. – М.: Асс. «Пожнаука», 2004. – Ч.2. – 774 с
14. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) / Перераб. и доп. с изм. – М.: Главгосэнергонадзор России, 2008. – 608 с.
15. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справочное издание: в 2-х книгах / А. Н. Баратов, А. Я. Корольченко, Г. Н. Кравчук [и др]. – М.: Химия, 1990. – Книга 1 – 496 с., – Книга 2 - 384 с.
16. Собурь, С. В. Пожарная безопасность предприятия: Курс пожарно-технического минимума: учебно-справ. пособие / С. В. Собурь; Всемир. акад. наук комплекс. безопасности и др. М.: Пожкнига, 2008. - 491 с.
17. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».