

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 10.11.2023 10:11:40  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
« 01 » июня 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**Разработка пиротехнических составов и изделий**

Специальность

**18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов**

Специализация

**Технология пиротехнических средств**

Квалификация

**Инженер**

Форма обучения

**Очная**

Факультет инженерно-технологический  
Кафедра высокоэнергетических процессов

Санкт-Петербург  
2021

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Зав. кафедрой		Профессор Дудырев А.С.
Ст. преподаватель		Сусла А.П.

Рабочая программа дисциплины «Разработка пиротехнических составов и изделий»  
обсуждена на заседании кафедры высокоэнергетических процессов  
протокол от « 12 » мая 2021 № 7  
Заведующий кафедрой

А.С. Дудырев

Одобрено учебно-методической комиссией инженерно-технологического факультета  
протокол от « 27 » мая 2021 № 7

Председатель

А. П. Сусла

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология энергонасыщенных материалов»		Т.В. Украинцева
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н. Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	05
3. Объем дисциплины .....	05
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	06
4.2. Занятия лекционного типа.....	07
4.3. Занятия семинарского типа.....	11
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	11
4.3.2. Лабораторные занятия.....	12
4.4. Самостоятельная работа.....	12
4.5. Примеры вопросов для контрольного тестирования.....	13
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	14
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	15
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины .....	15
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	16
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	16
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	10
10.2. Программное обеспечение.....	10
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	10
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы .....	17
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	18

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения образовательной программы специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции <sup>1</sup>	Код и наименование индикатора достижения компетенции <sup>2</sup>	Планируемые результаты обучения (дескрипторы) <sup>3</sup>
<b>ПК-5</b> Способен исследовать физико-химические, технологические, взрывчатые и физико-механические свойства различных материалов как компонентов пиротехнических составов	<b>ПК-5.4</b> Владение современными методами исследования для разработки качественных пиротехнических изделий	<b>Знать:</b> основные способы компоновки рецептур, позволяющие достигнуть необходимый пиротехнический эффект (ЗН-1); направления разработки воспламенительных составов конкретного назначения (ЗН-2); <b>Уметь:</b> разрабатывать пиротехнические составы для изделий с заданными тактико-техническими характеристиками (У-1); <b>Владеть:</b> навыками приготовления пиротехнического состава заданного назначения (Н-1).

<sup>1</sup> Содержание и номер компетенции в точности соответствует ФГОС ВО и отображается в матрице компетенций для конкретной дисциплины

<sup>2</sup> Код индикатора присваивается руководителем направления подготовки, отображается в матрице компетенции и доводится разработчиком РПД. Повторение кодов индикаторов для конкретной компетенции, реализуемой разными дисциплинами, не допускается

<sup>3</sup> Дескрипторы переносятся из матрицы компетенций без смены формулировок

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам специализации части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.10.05), изучается на 4 курсе в 8 семестре и на 5 курсе в 9 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Теоретические основы горения и компоненты пиротехнических составов» и «Технология и оборудование пиротехнических производств». Полученные в процессе изучения дисциплины «Разработка пиротехнических составов и изделий» знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплин «Конструирование пиротехнических изделий», «Пироавтоматика», при прохождении производственной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>11/396</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>184</b>
занятия лекционного типа	86
занятия семинарского типа, в т.ч.	86
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	-
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	86 (34)
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	12
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>149</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	тестирование
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>2 экзамена/63</b>

#### 4. Содержание дисциплины.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
4 курс, 8 семестр							
1	Введение	2	-	2	4	ПК-5	ПК-5.4
2	Пламя (низкотемпературная плазма) как эффект, обеспечивающий освещение местности и наблюдения	6	-	6	14	ПК-5	ПК-5.4
3	Разработка осветительных пиротехнических составов	6	-	6	14	ПК-5	ПК-5.4
4	Способы получения окрашенных пламен (цветных пламен)	6	-	6	14	ПК-5	ПК-5.4
5	Трассирующие составы	6	-	6	14	ПК-5	ПК-5.4
6	Составы теплового излучения	6	-	6	14	ПК-5	ПК-5.4
5 курс, 9 семестр							
7	Воспламенительные и зажигательные составы	9	-	9	12	ПК-5	ПК-5.4
8	Разработка составов аэродисперсных систем (аэрозоли)	9	-	9	13	ПК-5	ПК-5.4
9	Пиротехнические составы – источники кислорода	9	-	9	13	ПК-5	ПК-5.4
10	Пиротехнические составы, сгорающие без пламени и газообразных продуктов	9	-	9	13	ПК-5	ПК-5.4
11	Использование пиротехнических составов в качестве топливных зарядов	9	-	9	12	ПК-5	ПК-5.4
12	Самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Получение новых химических соединений	9	-	9	12	ПК-5	ПК-5.4

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
1	<u>Введение</u> - Пиротехнический эффект как результат реакции горения. Возможные виды пиротехнического эффекта: пламя (низкотемпературная плазма), выделение тепла, образование дыма, тумана, выделение газообразных продуктов, в том числе особо чистых, сочетание эффекта газа и тепла для получения реактивной тяги, образование ЭДС, получение химических соединений.	2	
2	<u>Пламя (низкотемпературная плазма) как эффект, обеспечивающий освещение местности и наблюдения</u> - Законы излучения применительно к излучению низкотемпературной плазмы. Формула Планка, закон Стефана-Больцмана, закон смещения Вина, формула Вина, закон Кирхгоффа. Виды излучения пламени: линейный, полосатый, сплошной спектры и природа их появления в пламенах, температура пламени, его нагретость, понятие истинной температуры (реальной) и ее взаимосвязь с радиационной, яркостной, цветовой температурой. Основные факторы, определяющие излучение пламен. Возбуждение атомов, молекул, захват электронов, конденсированные излучатели и их классификация. Химические процессы, протекающие в пламенах, сопровождающиеся излучением видимой области спектра. Хемилюминесценция. Излучение пламен в ИК-области спектра, основные излучатели.	6	ПЛ <sup>4</sup>

<sup>4</sup> **Примеры образовательных технологий, способов и методов обучения** (с сокращениями): традиционная лекция (Л), лекция-визуализация (ЛВ), проблемная лекция (ПЛ), лекция – пресс-конференция (ЛПК), занятие – конференция (ЗК), тренинг (Т), дебаты (Д), мозговой штурм (МШ), мастер-класс (МК), «круглый стол» (КрСт), активизация творческой деятельности (АТД), регламентированная дискуссия (РД), дискуссия типа форум (Ф), деловая и ролевая учебная игра (ДИ, РИ), метод малых групп (МГ), занятия с использованием тренажеров, имитаторов (Тр), компьютерная симуляция (КтСм), использование компьютерных обучающих программ (КОП), интерактивных атласов (ИА), посещение врачебных конференции, консилиумов (ВК), участие в научно-практических конференциях (НПК), съездах, симпозиумах (Сим), учебно-исследовательская работа студента (УИРС), проведение предметных олимпиад (О), подготовка письменных аналитических работ (АР), подготовка и защита рефератов (Р), проектная технология (ПТ), экскурсии (Э), дистанционные образовательные технологии (ДОТ).

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3	<u>Разработка осветительных пиротехнических составов</u> - Понятие дневного и ночного зрения, относительная видность, пороговая чувствительность человеческого глаза, время адаптации человеческого глаза от условий освещенности, минимальное время горения факела осветительного состава. Требования к светотехническим характеристикам осветительных средств.	6	
4	<u>Способы получения окрашенных пламен (цветных пламен)</u> - Интервалы длин волн синего, зеленого, желтого и красного спектра излучения. Чувствительность человеческого глаза к восприятию излучения различных длин волн в светлое время суток и сумерки. Требования к светотехническим характеристикам составов цветных пламен. Составы синего цвета пламени, составы зеленого цвета пламени, составы желтого цвета пламени, составы красного цвета пламени, составы белого цвета пламени. Использование атомарного и молекулярного излучения для принятия заданной цветности. Вспомогательные добавки, обеспечивающие синтез излучателей в пламени. Методы обеспечения необходимых интервалов температуры пламен, с целью получения устойчивого молекулярного излучения. Влияние разряда на насыщенность цветом в пламени и силу в видимом диапазоне излучения.	6	Ф
5	<u>Трассирующие составы</u> - Назначение, требование к цвету пламени, дымность. Светотехнические характеристики. Особенности практической эксплуатации, вращение и разрезание. Разрабатываются три группы составов: первое, для снаряжения трассеров стрелкового оружия; второе, для снаряжения трассеров артиллерийских боевых припасов и для снаряжения трассеров реактивных снарядов, в которых выполняют роль активного элемента в автоматизированных средствах наведения.	6	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
6	<p><u>Составы теплового излучения</u> - Пламя составов должно излучать энергию преимущественно в невидимом тепловом диапазоне. Видимое излучение существенно ограничивается. Поставленная цель достигается путем синтеза при горении раскаленных источников излучения, дающих в пламени непрерывный спектр приходящийся на невидимый ИК-диапазон.</p> <p>Составы предназначаются для тепловой защиты в военной технике, а также могут быть использованы как ложные тепловые цели.</p>	6	
7	<p><u>Воспламенительные и зажигательные составы</u> - Классификация воспламенительных составов по назначению и способу инициирования. Методы определения основных характеристик.</p> <p>Воспламенительные составы, приводящиеся в действие механическим импульсом: накольные, ударные, терочные.</p> <p>Воспламенительные составы, приводящиеся в действие электрическими импульсами, разогревающимся мостиком накаливания, искровые. Составы воспламеняющиеся с помощью взрывающихся мостиков.</p> <p>Воспламенительные составы для снаряжения воспламенителей твердых и жидких ракетных топлив.</p> <p>Классификация зажигательных составов по целевому назначению. Методы испытаний. Основные характеристики. Твердые горючие смеси, термиты, металлизированные огнесмеси, напалм, супернапалм, индивидуальные горючие вещества, сплав «электрон», способы воспламенения. Зажигательные составы направленного действия. Пиротехнический резак, резка металлов в различных средах, в том числе под водой на больших глубинах.</p> <p>Использование зажигательных составов для сварки проводов и металлов в полевых условиях.</p>	9	Д

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
8	<p><u>Разработка составов аэродисперсных систем (аэрозоли)</u> - Оценка устойчивости аэрозолей. Особенности поглощения света аэрозолем. Взаимодействие частиц аэрозоля с электромагнитным излучением. Основные характеристики аэродисперсных систем. Маскирующие дымовые составы, окрашенные дымы (цветные), противогородовые дымовые составы.</p> <p>Составы аэрозолей, поглощающие лазерное излучение. Специальные аэрозольные составы, возгоняющие токсичные компоненты для защиты растений от поражения грибками, бактериями и насекомыми. Аэрозольные составы для использования в хранилищах против грызунов. Аэрозольные составы специального назначения.</p>	9	
9	<p><u>Пиротехнические составы — источники кислорода</u> - Составы для индивидуальных дыхательных аппаратов (изолирующий противогаз). Составы — источники кислорода для автономных объектов. Составы на основе перекисей и надперекисей металлов. Составы на основе перхлоратов. Особенности воспламенения. Требования к продуктам сгорания. Регенерация выдыхаемого воздуха.</p>	9	
10	<p><u>Пиротехнические составы, сгорающие без пламени и газообразных продуктов</u> - Характеристики. Назначение. Использование эффекта равномерного перемещения фронта горения как своеобразного часового механизма. Пиротехнические составы для снаряжения временных устройств, реле времени, средства пироавтоматики, замедлители.</p> <p>Пиротехнические составы для снаряжения разогревных источников тока. Пиротехнические составы прямого преобразования энергии горения в электрическую. Пиротехнические генераторы электрического тока.</p> <p>Пиротехнические составы, выполняющие функцию пирозамыкателей и выключателей в средствах автоматики автономных объектов.</p>	9	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
11	<p><u>Использование пиротехнических составов в качестве топливных зарядов</u> - Прямоточные воздушнореактивные двигатели твердых топлив. Теплотворная способность твердых топлив. Газопроизводительность. Степень подогрева. Понятие удельного импульса топлива и тяги двигателя. Конструкции двигателей. Гидрореагирующие топлива для двигателей ракето-торпед.</p>	9	
12	<p><u>Самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Получение новых химических соединений</u> - Термодинамика. Взаимодействие металлов с металлоидами и углеродом. Диффузия как основной фактор, определяющий физическое взаимодействие в форме горения. Влияние температуры и размеров заготовки. Особенности конструктивного исполнения реактора. Получение металлокерамических жаростойких элементов и конструкций. Получение высокотвердых (абразивных) материалов в волне горения. Реакторы, особенности их конструкций для создания условий, способствующих протеканию химических реакций взаимодействий в волне горения.</p>	9	МШ

### 4.3. Занятия семинарского типа.

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

Учебным планом не предусмотрены.

### 4.3.2. Лабораторные работы

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
		всего	в том числе на практическую подготовку	
1	Определение светотехнических характеристик пиротехнических пламен.	6	2	
2	Определение цветового тона и частоты света пиротехнических пламен.	6	2	
3	Определение силы излучения пиротехнических составов в ИК диапазоне.	7	4	
4	Определение эффективности действия термитных составов.	7	4	
5	Определение мощности воспламенительных составов.	6	4	
6	Разработка осветительных пиротехнических составов на основе металлических горючих и кислородсодержащих окислителей.	12	4	
7	Разработка цветопламенных пиротехнических составов на основе металлических горючих, окислителей и специальных добавок, окрашивающих пламенна в красные, зеленые и синие цвета.	12	4	
8	Разработка синтетических пиротехнических пламен.	10	4	
9	Трассирующие составы для артиллерийских систем на основе пиротехнических составов	10	4	
10	Разработка составов теплового излучения на основе углеродсодержащих компонентов.	10	4	

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Использование ресурсов сети Интернет для поиска нового программного обеспечения,	16	Контрольное тестирование
2	Новые разработки в области пиротехнических средств	16	Контрольное тестирование
3	Особенности структуры и температуры пламени, получаемого при горении ПС, органических	17	Контрольное тестирование
4	Расчет освещенности, величины светового потока, удельной светосуммы, световой отдачи и	17	Контрольное тестирование
5	Виды поглощения излучения внутри пламени, взаимодействие фотонов, соударение частиц,	17	Контрольное тестирование
6	Обоснуйте необходимость использования красного цвета пламени в трассирующих	17	Контрольное тестирование
7	Специальные пиротехнические средства: составы для резки металлов	17	Контрольное тестирование
8	Получения необходимого или заданного пиротехнического эффекта используя	16	Контрольное тестирование
9	Современные направления развития СВС синтеза	16	Контрольное тестирование

#### 4.5 Примеры вопросов для контрольного тестирования

- Осветительные составы. Назовите основные излучатели в пламени
  - атомы
  - молекулы
  - электроны
  - раскаленные источники
- Назовите диапазон видимого излучения
  - 200 – 400 нм
  - 400 – 600 нм
  - 400 – 700 нм
- Назовите диапазон излучения синего цвета
  - 300 – 400 нм
  - 400 – 500 нм
  - 500 – 600 нм
- Назовите диапазон зеленого цвета
  - 300 – 400 нм
  - 400 – 500 нм
  - 500 – 550 нм
- Назовите диапазон желтого цвета
  - 400 – 500 нм
  - 500 – 600 нм
  - 550 – 600 нм
- Назовите диапазон красного цвета
  - 550 – 650 нм
  - 600 – 700 нм
  - 700 – 800 нм
- Назовите диапазон ближнего ИК излучения
  - 1 – 2 мкм

- б) 1 – 5 мкм  
в) 0,8 – 1,5 мкм
8. Назовите диапазон длинноволнового ИК излучения  
а) более 500 мкм  
б) 50 – 100 мкм  
в) 10 – 20 мкм
9. Назовите добавки, увеличивающие излучение в ИК области  
а) CaO  
б) MgF<sub>2</sub>  
в) нафталин  
г) парафин
10. Выберите лучший загуститель для получения зажигательных составов типа «Напалм»:  
а) стеариновая кислота  
б) повитиновая кислота  
в) полиизобутилен
11. С какой целью используют термические составы  
а) сварка рельс  
б) сварка проводов  
в) поджиг древесины
12. Назовите добавки, увеличивающие излучение в ИК области  
а) CaO  
б) MgF<sub>2</sub>  
в) нафталин  
г) парафин
13. Назовите компоненты, используемые в составах, генерирующих чистый азот:  
а) азид свинца  
б) нитрат аммония  
в) азид натрия
14. Выберите предпочтительные окислители для пиротехнических составов – источников кислорода:  
а) оксиды металлов  
б) пироксиды металлов  
в) хлораты металлов  
г) перхлораты металлов
15. Выберите оптимальный способ постановки активных аэрозолей, препятствующих выпадению градов:  
а) распыление реагента с самолета  
б) использования специальной горелки  
в) применение артиллерийского снаряда  
г) использование реактивного снаряда
16. Пиротехнические патроны для снаряжения изолирующих противгазов. Возможные способы воспламенения:  
а) воздействие химических реагентов кислота, щелочь,  
б) использование огневого импульса  
в) применения пускового реагента для зажигания составов – вода
17. Способы постановки цветных дымов:  
а) диспергирование красителей взрывом  
б) использование форсунок  
в) возгонка термовозгоночной пиротехнической смесью

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.**

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <https://media.technolog.edu.ru>

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются теоретическими вопросами (для проверки знаний).

При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

### **Вариант № 1**

1. Световые характеристики пламенных составов
2. Составы аэрозолей
3. Зажигательные составы

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно»<sup>5</sup>.

## **7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.**

### **а) печатные издания:**

1. Пиротехника: учебник/Н.М. Варёных [и др.]. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2015. – 470с.

2. Основные процессы и аппараты пиротехнической технологии : справочник / В. П. Чулков [и др.] ; под ред. Н. М. Вареных. – Сергиев Посад. : Весь Сергиев Посад, 2009. - 528 с.

3. Расчет безопасных условий переработки баллиститных порохов по шнековой технологии : метод. указания / В. С. Сахин, В. В. Петров, Е. А. Веретенни; СПбГТИ(ТУ). Каф. химии и технологии высокомолекуляр. соединений. - СПб., 2009. - 20 с.

4. Цыпин, В. Г. Основы химии и технологии баллиститных порохов и ракетных топлив : учеб. пособие / В. Г. Цыпин, В. М. Яблоков; СПбГТИ(ТУ). Каф. химии и технологии высокомолекуляр. соединений. - СПб., 2019 – 61 с.

5. Общедоступная пиротехника : учеб. пособие / Н. М. Вареных. – Сергиев Посад. : Русская пиротехника, 2008. – 288 с.

<sup>5</sup> Для промежуточной аттестации в форме зачёта – «зачёт».

6. Краткий курс пиротехники : учеб. пособие / Н. М. Вареных. – Сергиев Посад. : Русская пиротехника, 2008. – 304 с.
7. Мадякин, Ф.П. Компоненты гетерогенных горючих систем : учеб. пособие / Ф. П. Мадякин, Н. А. Силин. – М. : ЦНИИНТИ, 1984. - 299 с.
8. Шидловский, А. А. Основы пиротехники : учеб. пособие / А. А. Шидловский. - М. : Машиностроение, 1973. – 320 с.
9. Бахман, Н.Н. Горение гетерогенных конденсированных систем : учеб. пособие / Н. Н. Бахман, А. Ф. Беляев. - М. : Наука, 1967. – 226 с.
10. Беляев, А.Ф. Горение, детонация и работа взрыва конденсированных систем : учеб. пособие / А. Ф. Беляев. – М. : Наука, 1968. - 255 с.
11. Сохраняемость пиротехнических средств. Обзор. / В. Д. Борисов [и др.]. - М. : ЦНИИИТИКПК, 1989. - 72с.
12. Шидловский, А. А. Пиротехника в народном хозяйстве : учеб. пособие / А. А. Шидловский, А. И. Сидоров, Н. А. Силин. – М. : Машиностроение, 1978. – 236 с.
13. Дубнов, Л. В. Промышленные взрывчатые вещества : учеб. пособие / Л. В. Дубнов, Н. С. Бахаревич, А. И. Романов. - М. : Недра, 1988. - 358 с.

**б) электронные учебные издания<sup>6</sup>:**

14. Павлов, Б. Д. Цвет и его измерение : учебное пособие / Б. Д. Павлов, А. С. Дудырев, Е. П. Коваленко, А. П. Сусла ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра высокоэнергетических процессов.- Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2018. - 48 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <http://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 11.05.2021). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
15. Коваленко, Е. П. Льдообразующие составы и конструкции на их основе : учебное пособие / Е. П. Коваленко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра высокоэнергетических процессов.- Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2013. - 25 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <http://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 11.05.2021). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

**8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.**

- Учебный план, РПД и учебно-методические материалы. – Режим доступа: <http://media.technolog.edu.ru>
- Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент). – Режим доступа: <http://www.rupto.ru/>
- Федеральный институт промышленной собственности. – Режим доступа: [http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content\\_ru/ru](http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru)
- European Patent Office. – Режим доступа: <https://www.epo.org/index.html>
- Электронно-библиотечные системы:
- «Электронный читальный зал – БиблиоТех». – Режим доступа: <https://technolog.bibliotech.ru/>;
- «Лань». – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/books/>.

---

<sup>6</sup> В т.ч. и методические пособия

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Все виды занятий по дисциплине «Разработка пиротехнических составов и изделий» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТП СПбГТИ(ТУ) 020-2011. КС УКВД. Виды учебных занятий. Лабораторные работы. Общие требования к организации и проведению занятий.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея знания по уже изученному материалу.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

### **10.2. Программное обеспечение<sup>7</sup>.**

Microsoft Office (Microsoft Excel);

Libre Office (LibreOffice Calc)

MathCad

PугоTherm

### **10.3. Базы данных и информационные справочные системы.**

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

## **11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы<sup>8</sup>.**

Для ведения лекционных занятий используется аудитория, оборудованная мультимедиа проектором с ноутбуком, на 40 посадочных мест. Помещения для практических и лабораторных занятий оснащены мебелью, учебно-наглядными пособиями, справочной литературой, имеются

- Вытяжные шкафы,
- Горны для сжигания,
- Барокамера для исследования процессов горения при разряжении (вакууме),
- Дымовая камера,

<sup>7</sup> В разделе отображаются комплекты лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для обеспечения дисциплины

<sup>8</sup> В разделе отображается состав помещений, которые представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой по дисциплине, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

- Секундомер-таймер СТЦ-1,
- Электронные весы ЕК-600i и ЕК-200i,
- Микроскоп W-AD,
- монитор ТМ 1500 PS,
- Пресс П-10,
- Анализатор А20-С/220 с виброприводом,
- Цифровой многоканальный самописец с программным обеспечением для обработки информации с выводом на компьютер,
- Мельница роторная ножевая РМ-120, Вибрационная конусная мельница-дробилка ВКМД-6,
- Истиратель вибрационный ИВ-1,  
Питатель электровибрационный герметизированный ПГ-1,  
Полуавтоматический прибор ПСХ-11,
- Видеокамера ТК-1280Е,  
Испытательная машина FM-1000,
- Частотомер ЧЗ-33,
- Осциллограф К-121,
- Гидравлический пресс К-44-III,
- Вакуумный термостат SPT-200,
- Морозильник Nord ДМ-156-010,
- Осциллограф четырёхканальный АСК-3117,
- Холодильная установка Sanyo MDF-192,
- Частотомер ЧЗ-35А,
- Прибор комбинированный цифровой Щ 301-1,
- Индуктивный высокочастотный преобразователь ИВП-2,
- Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-106,
- Осциллограф светолучевой Н-117,
- дериватограф

Вместимость аудиторий 20 посадочных мест. Также на кафедре имеется компьютерный класс с 5 ПК Intel Celeron, с сетевыми фильтрами, 3 ПК Intel Pentium, сетевой концентратор, Монитор 23,5 Philips – 5 шт., монитор АОС 15 - 2 шт). Доступ по локальной сети к единой информационной системе, сайту библиотеки СПбГТИ(ТУ) с системой электронного поиска, электронными библиотеками, доступ к сайту «Роспатента», "Росстата", "Ростехнадзора", Internet. Программное обеспечение: ОС WINDOWS, LIBRE OFFICE. Помещение оснащено мебелью, учебно-наглядными пособиями, справочной литературой.

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Разработка пиротехнических составов»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

Индекс компетенции	Содержание <sup>9</sup>	Этап формирования <sup>10</sup>
ПК-5	Способен исследовать физико-химические, технологические, взрывчатые и физико-механические свойства различных материалов как компонентов пиротехнических составов	промежуточный

<sup>9</sup> **Жирным шрифтом** выделяется та часть компетенции, которая формируется в ходе изучения данной дисциплины (если компетенция осваивается полностью, то фрагменты не выделяются).

<sup>10</sup> Этап формирования компетенции выбирается по п. 2 РПД и учебному плану (начальный – если нет предшествующих дисциплин, итоговый – если нет последующих дисциплин (или компетенция не формируется в ходе практики или ГИА), промежуточный - все другие)

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-5.4 Владение современными методами исследования для разработки качественных пиротехнических изделий.	Правильно выбирает основные способы компоновки рецептур, позволяющие достигнуть необходимый пиротехнический эффект (ЗН-1)	Правильные ответы на вопросы №1-19 к экзамену	Путается в рецептурах основных пиротехнических составов различного назначения	Разрабатывает пиротехнические составы под заданные тактико-технические характеристики с небольшими подсказками преподавателя	Корректирует штатные пиротехнические составы и разрабатывает новые для получения необходимого пиротехнического эффекта
	Приводит примеры направления разработки воспламенительных составов конкретного назначения. (ЗН-2)	Правильные ответы на вопросы №20-28 к экзамену	С ошибками рассказывает о принципах разработки воспламенительных составов для изделий конкретного назначения	Перечисляет способы разработки воспламенительных составов для различных изделий с небольшими неточностями	Рассказывает методики разработки воспламенительных составов с учетом тактико-технических характеристик конечного изделия
	Разрабатывает пиротехнические составы для изделий с заданными тактико-техническими характеристиками (У-1)	Правильные ответы на вопросы №29-60 к экзамену	Некорректно подбирает рецептуру составов, получая слабо выраженный пиротехнический эффект	Плохо оперирует специальными добавками, позволяющие значительно улучшить характеристики изделия	Предлагает применение различных компонентов и поясняет пути совершенствования работы изделия
	Готовит пиротехнические составы заданного назначения.(Н-1)	Результаты лабораторных работ	Некачественно готовит пиротехнические составы, что приводит к их неравномерной работе	Готовит пиротехнические составы с небольшой помощью преподавателя	Изготавливает многокомпонентные пиротехнические композиции, подтверждает их характеристики от образца к образцу

**3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации**  
**Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента**  
**по компетенции ПК-5:**

1. Способы определения светотехнических характеристик.
2. Приведите расчетные формулы, используемые для объективной оценки излучательной способности пламён.
3. Какой вид излучения пламён является наиболее интенсивным, а именно: атомарное, молекулярное или излучение конденсированных веществ.
4. Опишите способ подготовки компонентов, предшествующий их формованию, в заготовке изделий, полученных методом СВС.
5. Назовите спектральный диапазон и доминирующую длину волны синего и зеленого цвета.
6. Назовите спектральный диапазон и доминирующую длину волны красного и желтого цвета
7. Получение окрашенных пламен. Способы возбуждения молекул.
8. Терморегулируемый высокотемпературный синтез.
9. Атомарное излучение пламени.
10. Хемилюминесценция.
11. Составы на основе перекисей и надперекисей металлов.
12. Составы на основе перхлоратов.
13. Виды излучений пламени.
14. Химические процессы, протекающие в пламени.
15. Возможные способы получения синей окраски пламени.
16. Возможные способы получения зеленой окраски пламени.
17. Получение окрашенных пламен желтого и красного цвета.
18. Назовите основные физико-химические принципы образования аэродисперсных систем.
19. Пиротехнический эффект и его виды.
20. Способы оценки эффективности воспламенительных составов.
21. Способы оценки эффективности зажигательных составов.
22. Перечислите возможные области применения пиротехнических составов, обладающих свойством беспламенного и безгазового горения.
23. Воспламенительные составы, классификация.
24. Принципы компоновки рецептур ВС, инициируемых от огневого импульса.
25. Принципы компоновки рецептур ВС, инициируемых мостиками накаливания.
26. ВС, инициируемые механическим воздействием.
27. Воспламенительные составы для ТРТ.
28. Принцип действия воспламенителей со взрывающимся мостиком накаливания.
29. Какие из известных Вам способов постановки аэрозолей являются предпочтительными и в каких условиях практического применения.
30. Чем отличаются по составу исходные компоненты пиротехнические источники кислорода, применяемые в системах жизнеобеспечения крупных обитаемых объектов и пиротехнические источники кислорода индивидуальных дыхательных аппаратов.
31. Сформулируйте основные принципы компоновки рецептур пиротехнических твердых топлив для прямоточных воздушно-реактивных двигателей.
32. Назовите основные компоненты и их роль в специальных гидрореагирующих топливах.

33. Дымы, туманы, аэрозоли.
34. Разработка осветительных составов.
35. Особенности восприятия света человеческим глазом. Требования к светотехническим характеристикам осветительных средств.
36. Разработка осветительных составов на основе  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ . Достоинства и недостатки.
37. Осветительные составы на основе перхлората натрия. Преимущества и недостатки
38. Составы синего цвета пламени.
39. Трассирующие составы.
40. Составы ИК-излучения.
41. Составы ложных тепловых целей.
42. Основные характеристики аэродисперсных систем.
43. Маскирующие и сигнальные дымы.
44. Противоградовые составы.
45. Составы для пиронагревателей.
46. Важнейшие характеристики составов для временных устройств.
47. Выбор компонентов для топливных композиций.
48. Твердые топлива для ПВРД.
49. Пламя, плазма, аэрозоль, туман и дым как виды пиротехнических эффектов.
50. Фотоосветительные составы. Особенности конструирования изделий.
51. Влияние геометрических и массовых параметров на светотехнические характеристики изделий.
52. Группы составов для снаряжения трассеров различного вида вооружения.
53. Трассирующие составы для пуль стрелкового оружия.
54. Способы постановки активных дымов.
55. Составы для индивидуальных дыхательных аппаратов.
56. Составы — источники кислорода для автономных объектов
57. Разогревные источники тока.
58. Технологические особенности производства пиронагревателей
59. Прямоточные воздушно-реактивные двигатели ТТ, конструкция, достоинства и не-достатки (ПВРД ТТ).
60. Гидрореагирующее топливо

При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 45 мин.

#### **5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб ГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Шкала оценивания на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»). При этом «удовлетворительно» соотносится с пороговым уровнем сформированности компетенции.