

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 28 » января 20 21 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** \_\_\_\_\_  
Технология смесевых энергонасыщенных материалов  
(наименование)

**Форма обучения:** \_\_\_\_\_  
очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** \_\_\_\_\_  
специалитет  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_  
216 (6)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных  
материалов и изделий  
\_\_\_\_\_ (код и наименование направления)

**Направленность:** Химическая технология полимерных композиций, порохов и  
твёрдых ракетных топлив  
\_\_\_\_\_ (наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – формирование комплекса знаний в области химической технологии смесевых энергонасыщенных материалов (ЭМ) и изделий, технологии промышленного производства на их основе зарядов твёрдотопливных ракетных двигателей, газогенераторов различного назначения.

Задачи дисциплины - изучение:

- технологических схем промышленного производства зарядов из смесевых ЭМ;
- способов обеспечения и регулирования эксплуатационных характеристик смесевых ЭМ в процессе производства зарядов.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

1.2 Изучаемые объекты дисциплины:

- требования, предъявляемые к компонентам и ЭМ различного назначения;
- формирование представлений о путях построения рецептур ЭМ с требуемым комплексом эксплуатационных свойств;
- определение параметров технологических процессов получения порохов, твёрдых ракетных топлив (ТРТ), полимерных композиционных материалов (ПКМ) и изделий из них;
- освоение путей обеспечения требуемых технологических (реологических) свойств топливных масс, включая закон их течения при промышленном изготовлении ракетных или газогенераторных зарядов из ЭМ;
- изучение методов обеспечения требуемых физико-химических, физико-механических характеристик при изготовлении, формовании ЭМ в составе заряда ракетного двигателя или газогенератора;
- управление технологическими процессами получения порохов, твёрдых ракетных топлив (ТРТ), полимерных композиционных материалов (ПКМ) и изделий из них, а также отдельных компонентов, прогнозирование и регулирование их эксплуатационными свойствами;
- изучение современных технологических схем промышленного производства зарядов из ЭМ с учётом преимуществ и недостатков существующих технологических комплексов, а также путей технологического совершенствования с учётом научно-технических достижений за рубежом.

### 1.3. Входные требования

не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.5	ИД-1ПК-2.5	Знание основных характеристик компонентов смесевых твердых ракетных топлив и методов их расчета	Знает требования, предъявляемые к энергонасыщенным материалам;	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.5	ИД-2ПК-2.5	Умение предложить технологию и оборудование для конкретной рецептуры твердого ракетного топлива	Умеет выбирать рациональные технологические схемы и оборудование для производства порохов и твердых ракетных топлив;	Экзамен
ПК-2.5	ИД-3ПК-2.5	Владение навыками управления технологическим процессом производства смесевых твердых ракетных топлив.	Владеет навыками управления действующими технологическими процессами производства порохов и твердых ракетных топлив.	Экзамен
ПК-4.1	ИД-1ПК-4.1	Знание оборудования для сопровождения экспериментальных работ по освоению новых технологических процессов производства смесевых ЭМ	Знает основное оборудование, применяемое в производствах порохов и твердых ракетных топлив;	Экзамен
ПК-4.1	ИД-2ПК-4.1	Умение модернизировать и внедрять оборудование в производстве смесевых ЭМ	Умеет рассчитывать производственные мощности, технические характеристики, конструктивные особенности и режимы работы оборудования, правила его эксплуатации	Экзамен
ПК-4.1	ИД-3ПК-4.1	Владение способами оптимизации технологии производства смесевых ЭМ.	Владеет навыками проведения организационно-технических мероприятий по своевременному освоению производственных мощностей, совершенствованию технологии производства	Экзамен

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		8	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	82	82	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	44	44	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	36	36	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	98	98	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18	18	
Общая трудоемкость дисциплины	216	216	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
8-й семестр				
Влияние свойств исходных компонентов на эксплуатационные характеристики смесевых ЭМ.	6	0	6	20
Тема 1. Компоненты и их назначение. Основные сведения о рецептурах ЭМ различного назначения. Тема 2 Влияние компонентов и их содержания на изменения удельного импульса реактивной силы и плотности смесевых твёрдых ракетных топлив. Тема 3. Оценка и воспроизводимость баллистических характеристик ЭМ в процессе их изготовления. Закон скорости горения ЭМ. Способы регулирования скорости горения и ее зависимости от давления и температуры.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Чувствительность компонентов и ЭМ к внешним воздействиям.	6	0	6	10
Тема 4. Влияние внешнего воздействия и параметров исходных компонентов на химическую, термическую стабильность. Тема 5 Безопасность технологического процесса производства изделий из смесевых ЭМ. Тема 6. Характеристики безопасности и стабильности при производстве и эксплуатации смесевых ЭМ и изделий на их основе. Чувствительность ЭМ к механическим воздействиям, огнетепловым импульсам и статическому электричеству.				
Обеспечение требуемых технологических и механических характеристик ЭМ.	14	0	8	30
Тема 7. Зависимость реологических свойств топливных масс смесевых ЭМ от рецептуры и технологических показателей (температура, давление и т.д.). Реологический закон Бэлкли-Гершеля-Освальда де Виля. Коэффициенты динамической и кинематической вязкостей. Тема 8. Влияние формы частиц и фракционного состава твёрдых компонентов на эффективную степень объёмного наполнения. Концентрационная зависимость увеличения вязкости от эффективной степени объёмного наполнения. Тема 9. Влияние молекулярного строения полимерной основы связующего, пластификации и физико- химического взаимодействия компонентов. Тема 10. Зависимость механических характеристик смесевых ЭМ от рецептуры. Физико-механические характеристики (ФМХ) трёхмерносшитых смесевых топлив. Тема 11. Структурно-механические зависимости смесевых ЭМ. Обеспечение ФМХ в процессе их изготовления.				
Технологические основы промышленного производства изделий из смесевых ЭМ.	18	0	16	38
Тема 12. Основные физико-химические процессы в смесевых ЭМ, протекающие при изготовлении зарядов из СТРТ и при их хранении. Тема 13. Технические условия на компоненты. Нормативно-технический паспорт на ЭМ, его разделы. Тема 14. Технологический регламент. Разделы. Технологии периодического и непрерывного смешения ЭМ. Тема 15. Влияние параметров исходного сырья на характеристики ЭМ. Передовые образцы, их				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
назначение. Тема16. Основные технологические схемы и аппараты промышленного производства зарядов ракетных двигателей и газогенераторов. Непрерывный смеситель «СНД-1000», объёмный («С-5М») и планетарный («СП-1Т»).				
Тема17. Подготовка корпусов и защитно-крепящих слоёв.				
Тема18. Пути совершенствования технологий производств зарядов из смесевых ЭМ.				
ИТОГО по 8-му семестру	44	0	36	98
ИТОГО по дисциплине	44	0	36	98

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Термодинамические расчёты рецептур ЭМ.
2	Диаграммы Гиббса «состав-свойство».
3	Экспериментальное определение баллистических характеристик. Графическое определение показателей в законе скорости горения. Влияние дисперсности твёрдых компонентов, катализаторов химических реакций горения на скорость горения; способы стабилизации процесса горения конкретного заряда.
4	Вискозиметрическое определение закона течения топливной массы и коэффициента динамической вязкости.
5	Влияние молекулярной массы и полярности полимерной основы связующего на коэффициент динамической вязкости.
6	Пластификация и фракционный состав твёрдых компонентов, их влияние на технологические свойства ЭМ. Зависимость физико-механических свойств СТРТ от основных параметров рецептуры; влияние степени поперечного молекулярного сшивания полимерной основы связующего на механические свойства; применение катализаторов процесса отверждения зарядов из СТРТ.
7	Основные физико-химические процессы, протекающие при изготовлении зарядов из СТРТ и при их хранении.
8	Обеспечение гарантийных сроков эксплуатации зарядов из СТРТ в составе ракетных комплексов; способы их ввода.
9	Аппараты для приготовления инертного и активного связующих смесевых ТРТ.
10	Состав и расчет смеси приготовления инертного связующего ЭМ производственных условиях.
11	Получение новых смесевых топлив с соблюдением необходимых мер безопасности и определение их характеристик.
12	Теоретический расчет, экспериментальное определение термодинамических и взрывчатых характеристик промежуточных смесей и готовых составов смесевых ЭМ..
13	Расчет оптимального гранулометрического состава порошков наполнителя.
14	Аппараты для приготовления смеси отвердителя

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы практического (семинарского) занятия</b>
15	Состав и расчет смеси отвердителей приготовления ЭМ в производственных условиях.
16	Оценка физико-химических и специальных свойств топлив.
17	Оптимизация технологических процессов получения смесевых топлив.
18	Приёмы безопасного изготовления различных зарядов на основе ЭМ.
19	Помольно-вакуумная установка с гидрофобизацией поверхности частиц окислителя.
20	Получение ультрадисперсного окислителя с использованием «бисерной мельницы».
21	Требования к технической, технологической документации. формирование партии компонентов, их допуск.
22	Методы дефектоскопии на предприятиях отрасли.

### Тематика примерных курсовых проектов/работ

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы курсовых проектов/работ</b>
1	Физико-химические взаимодействия компонентов ЭМ в процессе полимеризации.
2	Применение диаграмм Гиббса «состав-свойства» для проектирования рецептур с требуемыми энергетическими свойствами.
3	Способы регулирования скорости горения ЭМ. Повышение воспроизводимости баллистических характеристик.
4	Расчёт оптимального гранулометрического фракционного состава частиц твёрдых компонентов в ЭМ, способы сохранения его в процессе производства.
5	Структурно-механические характеристики ЭМ. Обеспечение ФМХ в технологии изготовления ЭМ.
6	Направления улучшения реологических характеристик топливных масс смесевых ЭМ.
7	Обеспечение безопасности производства смесевых ЭМ.
8	Непрерывная технология производства зарядов, скреплённых с корпусом ракетного двигателя.
9	Технология производства малогабаритных зарядов с использованием планетарного смесителя.
10	Производство зарядов РДТТ методом свободного литья.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Ермилов А. С. Ракетные твердые топлива. Ракетные двигатели на твердом топливе : учебное пособие / А. С. Ермилов, Э. М. Нуруллаев, Г. В. Куценко. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2016.	20
2	Рогов Н.Г. Смесевые ракетные твёрдые топлива: компоненты, требования, свойства : учебное пособие / Н.Г. Рогов, М.А. Ищенко. - СПб: СПбГТИ(ТУ), 2005.	35

<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	В. В. Мошев, Е. Г. Романова, Р. В. Гафиятуллин. Спецтема. М.: ЦНИИ НТИ, 1981, 268с.	50
2	Талин Д. Д. Основы технологической безопасности производств энергонасыщенных материалов и изделий : учебное пособие / Д. Д. Талин. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2017.	15
3	Ю. С. Клячкин, В. А. Ботов, Е. С. Степанов. Спецтема. Пермь: ИТХ УрО РАН, 1991, 164с.	15
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	«Боеприпасы XXI век», Москва, ЦНИИ ХМ	
2	«Химия и технология энергонасыщенных материалов», Казань, КНИТУ.	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
1	В. В. Мошев, Е. Г. Романова. Спецтема. М.: ЦНИИ НТИ ТЭИ, 1987, 85с.	50
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
1	Высокоэнергетические наполнители твердых ракетных топлив и других высокоэнергетических конденсированных систем. Физико-, термохимические характеристики, получение, применение : справочник / В. М. Зиновьев [и др.]. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2011.	5
2	Высокоэнергетические пластификаторы смесевых и баллиститных твердых ракетных топлив. Физико-термохимические характеристики, получение, применение : справочник / В. М. Зиновьев [и др.]. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010.	5
3	Ермилов А. С. Механика смесевых твердых ракетных топлив / А. С. Ермилов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2005.	18
4	Зиновьев В. М. Современные и перспективные высокоэнергетические компоненты смесевых и баллиститных твердых ракетных топлив / В. М. Зиновьев, Г. В. Куценко, А. С. Ермилов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010.	5

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Талин Д. Д. Основы технологической безопасности производств энергонасыщенных материалов и изделий : учебное пособие / Д. Д. Талин. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2017.	<a href="https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=4047">https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=4047</a>	сеть Интернет; свободный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Ермилов А. С. Ракетные твердые топлива. Ракетные двигатели на твердом топливе / А. С. Ермилов, Э. М. Нуруллаев, Г. В. Куценко. - Пермь: Издательство ПНИПУ, 2016	<a href="https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=3095">https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=3095</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Рогов Н.Г. Смесевые ракетные твёрдые топлива: компоненты, требования, свойства : учебное пособие / Н.Г. Рогов, М.А. Ищенко. - СПб: СПбГИ(ТУ), 2005.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6137">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6137</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Высокоэнергетические наполнители твердых ракетных топлив и других высокоэнергетических конденсированных систем. Физико-, термохимические характеристики, получение, применение : справочник / В. М. Зиновьев [и др.]. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2011.	<a href="https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=391">https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=391</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Высокоэнергетические пластификаторы смесевых и баллистических твердых ракетных топлив. Физико-термохимические характеристики, получение, применение : справочник / В. М. Зиновьев [и др.]. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010	<a href="https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=392">https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=392</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Зиновьев В. М. Современные и перспективные высокоэнергетические компоненты смесевых и баллистических твердых ракетных топлив / В. М. Зиновьев, Г. В. Куценко, А. С. Ермилов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010.	<a href="https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=3200">https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=3200</a>	сеть Интернет; свободный доступ

### **6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.02.2022 )

Вид ПО	Наименование ПО
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

#### **6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

#### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Доска	1
Курсовая работа	ноутбук	1
Курсовая работа	Парты	21
Курсовая работа	проектор	1
Курсовая работа	экран	1
Лекция	Доска	1
Практическое занятие	Комплект корпусов и инертных зарядов ракетных двигателей и газогенераторов.	1
Практическое занятие	Макет вихревого смесителя СВП-900.	1
Практическое занятие	Макет планетарного смесителя СП-1Т.	1
Практическое занятие	Макет смесителя с планетарными мешалками	1
Практическое занятие	Макет установки СНД-1000А.	1

#### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Прописан в отдельном документе
--------------------------------

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«Технология смесевых энергонасыщенных материалов»**

***Приложение к рабочей программе дисциплины***

<b>Направление подготовки:</b>	18.05.01 - «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	«Химическая технология полимерных композиций, порохов и твёрдых ракетных топлив»
<b>Квалификация выпускника:</b>	«Специалист»
<b>Выпускающая кафедра</b>	Технология полимерных материалов и порохов
<b>Форма обучения</b>	Очная
<b>Курс: 4</b>	<b>Семестр: 8</b>
<b>Трудоёмкость:</b>	
Кредитов по рабочему учебному плану:	5 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	180 ч
<b>Форма промежуточной аттестации:</b>	
Экзамен: 8 семестр . Курсовая работа: 8 семестр	

Пермь 2021

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

## 1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (8-го семестра учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, защите курсовой работы и сдаче экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. – Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля			
	Текущий	Рубежный	итоговый	
	ТО	КР	Курсовая работа	экзамен
<b>Усвоенные знания</b>				
<b>З.1.</b> Знание основных характеристик компонентов смесевых твердых ракетных топлив и методов их расчета	ТО	КР1-КР2	КУР	ТВ
<b>З.2.</b> Знание оборудования для сопровождения экспериментальных работ по освоению новых технологических процессов производства смесевых ЭМ	ТО	КР3-КР4	КУР	ТВ
<b>Освоенные умения</b>				
<b>У.1.</b> Умение предложить технологию и оборудование для конкретной рецептуры твердого ракетного топлива	ТО	КР3	КУР	ПЗ
<b>У.2.</b> Умение модернизировать и внедрять оборудование в производстве смесевых ЭМ	ТО	КР4	КУР	ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>				
<b>В.1.</b> Владение навыками управления технологическим процессом производства	ТО	КР4		ПЗ

смесевых ЭМ.				
<b>В.2</b> - Владение способами оптимизации технологии производства смесевых ЭМ.	ТО	КР3-КР4		ПЗ

*ТО – коллоквиум (теоретический опрос); Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КУР – защита курсовых работ.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена и защиты курсовой работы, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учёбе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;
- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;
- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путём компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчётов по лабораторным работам, рефератов, Эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;
- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль**

Текущий контроль в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме сдачи результатов выполнения практических заданий и рубежных контрольных работ (после изучения 2, 3 и 4 модулей учебной дисциплины).

### **2.2.1 Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 3 рубежные контрольные работы (КР) (после изучения 2, 3 и 4 модулей учебной дисциплины). Первая КР – по модулю 2 «Чувствительность компонентов и ЭМ к внешним воздействиям», вторая КР – по модулю 3 «Обеспечение требуемых технологических и механических характеристик ЭМ», третья КР – по модулю 4 «Технологические основы промышленного производства изделий из ЭМ».

#### **Типовые задания первой КР:**

1. Влияние внешнего воздействия и параметров исходных компонентов на химическую, термическую стабильность.
2. Безопасность технологического процесса производства изделий из ЭМ.
3. Характеристики стабильности при производстве и эксплуатации ЭМ и изделий на их основе.
4. Чувствительность ЭМ к механическим воздействиям, огнетепловым импульсам и статическому электричеству.

#### **Типовые задания второй КР:**

1. Зависимость реологических свойств топливных масс ЭМ от рецептуры.
2. Зависимость механических характеристик ЭМ от рецептуры. Физико-механические характеристики (ФМХ) трёхмерно сшитых СТРТ.
3. Структурно-механические зависимости ЭМ. Обеспечение ФМХ в процессе их изготовления.

#### **Типовые задания третьей КР:**

1. Основные физико-химические процессы в ЭМ, протекающие при изготовлении зарядов из СТРТ и при их хранении.
2. Технология периодического смещения ЭМ.
3. Технология непрерывного смещения ЭМ.
4. Основные технологические схемы и аппараты промышленного производства зарядов ракетных двигателей и газогенераторов.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

#### **2.3.1. Курсовая работа**

##### **Типовые задания курсовых работ;**

1. Физико-химические взаимодействия компонентов ЭМ в процессе полимеризации.
2. Применение диаграмм Гиббса «состав-свойства» для проектирования

- рецептур с требуемыми энергетическими свойствами.
3. Способы регулирования скорости горения ЭМ. Повышение воспроизводимости баллистических характеристик.
  4. Расчёт оптимального гранулометрического фракционного состава частиц твёрдых компонентов в ЭМ, способы сохранения его в процессе производства.
  5. Структурно-механические характеристики ЭМ. Обеспечение ФМХ в технологии изготовления ЭМ.
  6. Направления улучшения реологических характеристик топливных масс ЭМ.
  7. Обеспечение безопасности производства ЭМ.
  8. Непрерывная технология производства зарядов, скреплённых с корпусом ракетного двигателя.
  9. Технология производства малогабаритных зарядов с использованием планетарного смесителя.
  10. Производство зарядов РДТТ методом свободного литья.

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная защита курсовой работы и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3.2. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине**

#### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

##### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Основные сведения о компонентах, рецептурах и энергетических характеристиках ЭМ.
2. Термодинамические расчёты энергетических характеристик. Применение диаграмм Гиббса «состав-свойства». Оценка энергетических характеристик от разброса содержания компонентов состава ЭМ.
3. Влияние рецептуры на баллистические характеристики ЭМ.
4. Баллистические свойства ЭМ. Закон скорости горения.
5. Технологические (реологические) свойства топливных масс.
6. Реологический закон Бэлкли-Гершеля-Освальда де Виля. Коэффициенты динамической и кинематической вязкостей.

7. Влияние молекулярного строения полимерной основы связующего, пластификации на реологию ЭМ.

8. Влияние формы частиц и фракционного состава твёрдых компонентов на эффективную степень объёмного наполнения. Концентрационная зависимость увеличения вязкости от эффективной степени объёмного наполнения.

9. Зависимость механических характеристик ЭМ от рецептуры.

10. Физико-механические характеристики трёхмерно сшитых ЭМ. Структурно-механические зависимости. Уравнения и графики, описывающие одноосное растяжение.

11. Огибающие разрушения по Смиту, энергию и огибающие точек механического разрушения СТРТ как наполненных эластомеров.

12. Характеристики безопасности и стабильности при эксплуатации ЭМ и изделий на их основе.

13. Расчёт коэффициентов тротилового эквивалента ЭМ, содержащих высокоэнергетические компоненты.

14. Основные физико-химические процессы в ЭМ, протекающие при изготовлении зарядов из СТРТ и при их хранении.

15. Нормативно-технологическая документация в производстве ЭМ.

16. Технологии периодического и непрерывного смешения ЭМ.

17. Влияние параметров исходного сырья на характеристики ЭМ при изготовлении.

18. Основные технологические схемы и аппараты промышленного производства зарядов ракетных двигателей и газогенераторов.

19. Непрерывный смеситель «СНД-1000», объёмный («С-5М») и планетарный («СП-1Т»).

20. Подготовка корпусов и защитно-крепящих слоёв.

21. Пути совершенствования технологий производств зарядов из ЭМ.

#### **Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Описать общую технологическую схему получения ЭМ планетарным способом. Привести примеры приготовления смеси связующего и смеси отвердителей ЭМ, их режимы.

2. Как готовятся порошкообразные компоненты (режимы приготовления), какое используется оборудование.

3. Что представляет из себя помольно-вакуумная установка с гидрофобизацией поверхности частиц окислителя. Характеристики получаемого окислителя.

4. Способы усовершенствования технологии производств зарядов из ЭМ.

#### **Типовые вопросы и практические задания для контроля приобретенных владений:**

1. Объяснить влияние физико-механических характеристик связующего на уровень основных характеристик ЭМ.
2. Провести обоснование выбора непрерывной технологии ЭМ на основе высокомолекулярного каучука в качестве связующего.
3. Приготовить разнообразные ЭМ с соблюдением необходимых мер безопасности и определить их основные характеристики.
4. По какой технологии можно переработать ЭМ на основе нитраминов.

*Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.