

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 18 » июля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Технология смесевых энергонасыщенных материалов
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: бакалавриат
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 216 (6)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 18.03.01 Химическая технология
(код и наименование направления)

Направленность: Химическая технология (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель – 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

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 эксплуатационных свойств;
- 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-2.13	ИД-1ПК-2.13	Знание оборудования для сопровождения экспериментальных работ по освоению новых технологических процессов производства смесевых энергонасыщенных материалов.	Знает требования, предъявляемые к взрывчатым веществам, порохам и твердым ракетным топливам	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.13	ИД-2ПК-2.13	Умение предложить технологию и оборудование для конкретной рецептуры твердых ракетных топлив	Умеет выбирать рациональные технологические схемы и оборудование для производства взрывчатых веществ, порохов и твердых ракетных топлив	Экзамен
ПК-2.13	ИД-3ПК-2.13	Владение навыками управления технологическим процессом производства смесевых твердых ракетных топлив.	Владеет навыками управления действующими технологическими процессами производства взрывчатых веществ, порохов и твердых ракетных топлив	Экзамен

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	72	72	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	32	32	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	36	36	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	108	108	
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
6-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
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.				
Чувствительность компонентов и ЭМ к внешним воздействиям.	5	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, огнетепловым импульсам и статическому электричеству.				
Обеспечение требуемых технологических и механических характеристик ЭМ.	11	0	8	35
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.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Технологические основы промышленного производства зарядов из СТРТ	10	0	16	43
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 назначение. Тема 16. Основные технологические схемы и аппараты промышленного производства зарядов ракетных двигателей и газогенераторов. Непрерывный смеситель «СНД-1000», объёмный («С-5М») и планетарный («СП-1Т»). Тема 17. Подготовка корпусов и защитно-крепящих слоёв. Тема 18. Пути совершенствования технологий производств зарядов из смесевых ЭМ.				
ИТОГО по 6-му семестру	32	0	36	108
ИТОГО по дисциплине	32	0	36	108

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Термодинамические расчёты рецептур ЭМ.
2	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.
3	Вискозиметрическое определение закона течения топливной массы и коэффициента динамической вязкости
4	Влияние молекулярной массы и полярности полимерной основы связующего на коэффициент динамической вязкости.
5	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.
6	Основные физико-химические процессы, протекающие при изготовлении зарядов из СТРТ и при их хранении
7	Обеспечение гарантийных сроков эксплуатации зарядов из СТРТ в составе ракетных комплексов

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
8	Аппараты для приготовления инертного и активного связующих смесевых ТРТ.
9	Состав и расчет смеси приготовления инертного связующего ЭМ производственных условиях.
10	Получение новых смесевых топлив с соблюдением необходимых мер безопасности и определение их характеристик
11	Аппараты для приготовления смеси отвердителя
12	Состав и расчет смеси отвердителей приготовления ЭМ в производственных условиях.
13	Оценка физико-химических и специальных свойств топлив.
14	Оптимизация технологических процессов получения смесевых топлив.
15	Приёмы безопасного изготовления различных зарядов на основе ЭМ.
16	Помольно-вакуумная установка с гидрофобизацией поверхности частиц окислителя
17	Получение ультрадисперсного окислителя с использованием «бисерной мельницы».
18	Требования к технической, технологической документации. формирование партии компонентов, их допуск.
19	Методы дефектоскопии на предприятиях отрасли.

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Физико-химические взаимодействия компонентов ЭМ в процессе полимеризации.
2	Применение диаграм 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.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

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 практическим занятиям, 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
1. Основная литература		
1	Твердые топлива реактивных двигателей / Аликин В. Н., Вахрушев А. В., Липанов А. М., Голубчиков В. Б., Ермилов А. С., Серебренников С. Ю. Москва : Машиностроение, 2011. 379 с. 26,83 усл. печ. л.	16
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Ермилов А. С., Нуруллаев Э. М., Куценко Г. В. Ракетные твердые топлива. Ракетные двигатели на твердом топливе : учебное пособие. Пермь : ПНИПУ, 2016. 298 с. 18,75 усл. печ. л.	20

2	Фиошина М. А., Русин Д. Л. Основы химии и технологии порохов и твёрдых ракетных топлив : учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Изд-во РХТУ, 2004. 261 с.	23
2.2. Периодические издания		
1	"Боеприпасы XXI век", Москва, ЦНИИ ХМ	1
2	"Химия и технология энергонасыщенных материалов", Казань, КНИТУ	1
2.3. Нормативно-технические издания		
1	Не используется	1
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
1	В.В. Мошев, Е.Г. Романова. Спецкнига. М.: ЦНИИ НТИ ТЭИ, 1987, 85 с.	30
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
1	Высокоэнергетические наполнители твердых ракетных топлив и других высокоэнергетических конденсированных систем. Физико-, термохимические характеристики, получение, применение : справочник / Зиновьев В. М., Куценко Г. В., Ермилов А. С., Болдавнин И. И. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2011. 152 с.	5
2	Высокоэнергетические пластификаторы смесевых и баллиститных твердых ракетных топлив. Физико-термохимические характеристики, получение, применение : справочник / Зиновьев В. М., Куценко Г. В., Ермилов А. С., Болдавнин И. И. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2010. 152 с.	5
3	Ермилов А. С. Механика смесевых твердых ракетных топлив. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2005. 101 с.	18
4	Зиновьев В. М., Куценко Г. В., Ермилов А. С. Современные и перспективные высокоэнергетические компоненты смесевых и баллиститных твердых ракетных топлив. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2010. 161 с.	2

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Ермилов А. С., Нуруллаев Э. М., Куценко Г. В. Ракетные твердые топлива. Ракетные двигатели на твердом топливе : учебное пособие. Пермь : ПНИПУ, 2016. 298 с.	https://elib.pstu.ru/docview/3095	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Фиошина М. А., Русин Д. Л. Основы химии и технологии порохов и твёрдых ракетных топлив : учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Изд-во РХТУ, 2004. 261 с.	https://elib.pstu.ru/docview/3282	локальная сеть; авторизованный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	технология производства смесевых твердых ракетных топлив : учебное пособие / Э. Р. Ногачева, А. Г. Ногачев, В. Б. Епифанов, Е. И. Сыч. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2021. — 126 с.	https://www.iprbookshop.ru/118953.html	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Кодолов, В. И. Композиционные полимерные материалы в ракетных двигателях твердого топлива / В. И. Кодолов, В. В. Кодолова-Чухонцева, М. Р. Королева. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 176 с.	https://e.lanbook.com/book/271283	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Технология производства смесевых твердых ракетных топлив : учебное пособие / Ногачева, Э. Р., Ногачев, А. Г., Епифанов, В. Б., Сыч, Е. И. Технология производства смесевых твердых ракетных топлив. Самара : Самарский государственный технический университет,	https://www.iprbookshop.ru/118953.html	сеть Интернет; авторизованный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Зиновьев В. М., Куценко Г. В., Ермилов А. С. Современные и перспективные высокоэнергетические компоненты смесевых и баллистических твердых ракетных топлив. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2010. 161 с.	https://elibr.pstu.ru/docview/3200	локальная сеть; авторизованный 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 27.03.2022)
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	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

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 ракетного двигателя и газогенератора.	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

Описан в отдельном документе

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

**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Аэрокосмический факультет

(наименование факультета)

Технология полимерных материалов и порохов

(наименование кафедры, ведущей дисциплину)

Приложение к рабочей программе дисциплины

(наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки:

18.03.01 - «Химическая технология»

(код и наименование)

Технология смесевых энергонасыщенных материалов

**Направленность
образовательной программы:**

«Химическая технология полимерных
материалов и энергетических
конденсированных систем»

(наименование профиля/специализации)

Уровень высшего образования:

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Форма обучения:

заочная

(очно-заочная / заочная)

Пермь 2023

Данное приложение является неотъемлемой частью рабочей программы дисциплины (РПД) «Химия и технология энергонасыщенных материалов» и включает дополнения новых пунктов, связанные со спецификой заочной формы обучения, остальные пункты и таблицы РПД очной формы обучения применяются без изменений.

Таблица 3.1 – Объём и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость, ч	
		всего	Номер семестра
			7
1	2	3	4
1	Аудиторная (контактная работа)	26	26
	- лекции (Л)	10	10
	- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	12	12
	- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4
2	Самостоятельная работа студентов (СРС)	181	181
	- изучение теоретического материала	40	40
	- подготовка к практическим занятиям	46	46
	- подготовка отчетов по практическим занятиям	45	45
	- выполнение контрольной работы	50	50
3	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине: экзамен	9	9
4	Трудоёмкость дисциплины, всего:	216	216
	в часах (ч) в зачётных единицах (ЗЕ)	6	6

4.1. Контрольная работа (домашняя)

Тематика контрольных работ:

- влияние внешнего воздействия и параметров исходных компонентов смесевых твердых ракетных топлив (СТРТ) на химическую, термическую стабильность состава топлива;
- безопасность технологического процесса производства изделий из СТРТ;
- характеристики стабильности при производстве и эксплуатации СТРТ и изделий на их основе;
- чувствительность СТРТ к механическим воздействиям, огнетепловым импульсам и статическому электричеству;
- зависимость реологических свойств топливных масс СТРТ от рецептуры;
- зависимость механических характеристик СТРТ от рецептуры. Физико-механические характеристики (ФМХ) трёхмерно сшитых СТРТ;
- основные физико-химические процессы в СТРТ, протекающие при изготовлении зарядов и при их хранении;

- технология периодического смещения СТРТ;
- технология непрерывного смещения СТРТ;
- основные технологические схемы и аппараты промышленного производства зарядов ракетных двигателей и газогенераторов.

Указания по подготовке контрольной работе.

Для подготовки контрольной работы преподаватель на первом занятии выдает студенту задание из представленного перечня. Контрольная работа выполняется самостоятельно **в соответствии с Методическими рекомендациями по самостоятельной работе.**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное 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

Направление подготовки:	18.03.01 - «Химическая технология»
Направленность (профиль) образовательной программы: конденсиро	«Химическая технология полимерных материалов и энергетических
Квалификация выпускника:	«Бакалавр»
Выпускающая кафедра	Технология полимерных материалов и порохов
Форма обучения	Заочная
Курс: 4	Семестр: 7
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	6 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	216 ч
Форма промежуточной аттестации:	
Экзамен: 8 семестр . Курсовая работа: 8 семестр	

Пермь 2023