

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

« 03 » мая 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Экспериментальные методы исследования физико-химических характеристик композиционных материалов и конструкций авиационной техники

\_\_\_\_\_  
(наименование)

**Форма обучения:** \_\_\_\_\_ очная

\_\_\_\_\_  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** \_\_\_\_\_ магистратура

\_\_\_\_\_  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_ 144 (4)

\_\_\_\_\_  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

\_\_\_\_\_  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Перспективные технологии создания конструкций газотурбинных двигателей и мотогондол из композиционных материалов

\_\_\_\_\_  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель - формирование комплекса знаний в области физико-химических основ, принципов и методик исследований, привитие навыков и умений выбора методов анализа и диагностики структуры, элементного состава, свойств композиционных материалов, создания новых материалов, принципами исследования закономерностей перспективных композиционных материалов.

Задачи:

- формирование знаний основных физико-химических и теплофизических процессов, проходящих в полимерных материалах и современных методов исследований их структуры и свойств;
- формирование умений выбора методик исследований структуры теплофизических и физико-химических характеристик неметаллических композиционных материалов в соответствии с конкретными производственными и проектными задачами, интерпретировать результаты анализов;
- формирование навыков определения физико-химических и теплофизических характеристик ПКМ;
- формирование навыков по пробоподготовке, подбора оптимальных условий проведения анализа и интерпретации результатов испытания материалов методами ДСК, ДМА, ТМА, ТГА по ГОСТ и ASTM

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Физико-химические и теплофизические характеристики композиционных материалов; методы анализа композиционных материалов: дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК), термомеханический анализ (ТМА), термогравиметрический анализ (ТГА), динамический механический анализ (ДМА), рентгеноструктурный анализ, микроскопия, реология полимеров.

### 1.3. Входные требования

Изучение курса основывается на знаниях и умениях, полученными магистрантами в процессе изучения таких дисциплин как «Химия», «Химия полимеров» и «Физическая химия».

## 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 -1.1     | ИД-1ПК-1.1        | Знает физико-химические процессы, проходящие в полимерных материалах. Знает основы анализа физико-химического состояния полимерных композитов, а также физико-химических характеристик для оценки состояния полимерного материала | Знает основные механические характеристики композиционных материалов и экспериментальные методы их определения; современные методы исследований материалов | Тест            |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)   | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения   | Средства оценки                |
|-------------|-------------------|---|--|--------------------------------|
| ПК -1.1     | ИД-2ПК-1.1        | Умеет подбирать методики исследований структуры, физико-химических свойств неметаллических композиционных материалов в соответствии с поставленной задачей, интерпретировать результаты анализов.                             | Умеет подбирать методики лабораторных исследований неметаллических композиционных материалов в соответствии с поставленной задачей и проводить испытания по заданным методикам, обрабатывать и анализировать результаты, в т.ч. статистическими методами | Отчёт по практическому занятию |
| ПК -1.1     | ИД-3ПК-1.1        | Владеет навыками определения физико-химических характеристик полимерных композитов:<br>- ДМА-анализ<br>- ДСК-анализ<br>- ТГА-анализ<br>Анализ результатов, применимость на практике при разработке технологического процесса. | Владеет навыками инженерного сопровождения проведения физико-химических анализов на соответствие качества материалов действующим стандартам, техническим условиям, технологической документации  | Отчёт по практическому занятию |

### 3. Объем и виды учебной работы

| Вид учебной работы   | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |  |
|--|-------------|------------------------------------|--|
|  |             | Номер семестра                     |  |
|  |             | 3                                  |  |
| 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)  | 72          | 72                                 |  |
| 2. Промежуточная аттестация  |             |                                    |  |
| Экзамен  |             |                                    |  |
| Дифференцированный зачет   |             |                                    |  |
| Зачет  | 9           | 9                                  |  |
| Курсовой проект (КП)   |             |                                    |  |
| Курсовая работа (КР)   |             |                                    |  |
| Общая трудоемкость дисциплины  | 144         | 144                                |  |

#### 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  |
| 3-й семестр   |   |    |    |  |
| Введение  | 2   | 0  | 0  | 0  |
| Общие вопросы теории термического анализа   |   |    |    |  |
| Дифракционные и микроскопические методы исследования образцов из ПКМ  | 12  | 0  | 14 | 26   |
| Классификация физических, физико-химических методов анализа и их сравнительная характеристика. Рентгеноструктурный анализ материалов. Источник рентгеновского излучения высокой плотности, рассеяние нейтронов и рентгеновских лучей в материалах. Методы анализа размера частиц: лазерная дифракция, седиментация. Статистические величины в гранулометрическом анализе. Электронная и сканирующая зондовая микроскопия в исследованиях композиционных материалов. Исследования поверхностей.  |   |    |    |  |
| Спектроскопические методы исследований полимерных композиционных материалов и их компонентов.   | 6   | 0  | 8  | 14   |
| Спектроскопические методы исследований полимерных композиционных материалов и их компонентов.<br>Области оптического диапазона. Основной закон светопоглощения. Закон Бугера – Ламберта - Бера. Спектры излучения и спектры поглощения. Исследование полимеров методом ИК-спектроскопии. Основы метода. Взаимодействие света с веществом. Общие принципы. Приготовление образцов. Природа спектров. Характеристические полосы поглощения в спектрах полимеров. Исследование полимеров методом УФ спектроскопии.<br>Основные направления использования методов ЯМР в химии высокомолекулярных соединений. Изучение кинетики и механизма химических превращений полимеров. Атомная и молекулярная спектроскопия. Спектроскопия комбинационного рассеяния. Анализ элементного состава веществ. |   |    |    |  |
| Реология связующего ПКМ.  | 4   | 0  | 4  | 14   |
| Реологические уравнения состояния. Релаксационные явления. Экспериментальные методы реологии олигомеров.  |   |    |    |  |

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием  | Объем аудиторных занятий по видам в часах |    |    | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|---|---|----|----|--|
|   | Л   | ЛР | ПЗ | СРС  |
| Термические методы анализа полимеров (ТМА, ДСК, ТГА) и ПКМ.   | 8   | 0  | 10 | 18   |
| Термогравиметрия. Калориметрия. Дилатометрия. Основы методов. Дифференциально-термический анализ (ДТА). Процессы, происходящие в полимерах при нагревании. Регистрация физических и химических превращений в веществе. Типичная кривая дифференциально-термического анализа полимера. Процессы стеклования, кристаллизации, плавления, сшивания, окисления, деструкции и их проявление на кривых ДТА. Определение степени кристалличности полимера. |   |    |    |  |
| ИТОГО по 3-му семестру  | 32  | 0  | 36 | 72   |
| ИТОГО по дисциплине   | 32  | 0  | 36 | 72   |

#### Тематика примерных практических занятий

| № п.п. | Наименование темы практического (семинарского) занятия   |
|--------|--|
| 1      | Пробоподготовка образцов полимерных материалов и ПКМ для теплофизических и термомеханических методов анализа (ТГА, ДСК, ТМА, ДМА)  |
| 2      | Определение содержания неорганических наполнителей в полимерном композиционном материале   |
| 3      | Измерение реологических свойств олигомерного связующего ПКМ на ротационном реометре Rheotest RN 4.1  |
| 4      | Исследование физико-химических свойств полученных связующих в лабораторных условиях. Исследование полимеров при различных температурах и в различных агрегатных состояниях (для эпоксидных, БМИ, ПИ и ЦЭ связующих).   |
| 5      | Исследование ФХХ свойств полученных препрегов  |
| 6      | Исследование ФХХ дисперсно-армированных материалов, полученных в лабораторных условиях   |
| 7      | Исследование свойств связующих и препрегов методами ДМА, ДСК, ТГА, ТМА. Сравнение с традиционными инженерными методами анализа ФХХ. Анализ полученных результатов  |
| 8      | Изучение свойств термопластичных полимеров и пластиков на их основе. - исследование ФХХ свойств ПЭЭК, ПЭКК, ПФС и ПЭИ, сравнение свойств аморфных и кристаллизуемых ТПКМ - определение ФХХ при различных температурах, сравнение характеристик и между собой. Сравнение с реактопластами. Анализ результатов |

## 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.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

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, лабораторным работам и 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<br>(автор, заглавие, вид издания, место, издательство,<br>год издания, количество страниц) | Количество<br>экземпляров в<br>библиотеке |
|-------------------------------|---|---|
| <b>1. Основная литература</b> |   |   |
| 1                             | Годовский Ю. К. Теплофизические методы исследования полимеров. Москва : Химия, 1976. 216 с.                           | 4   |
| 2                             | Тагер А. А. Физико-химия полимеров : учебное пособие для вузов. 2-е изд. Москва : Химия, 1968. 536 с.                 | 22  |
| 3                             | Термохимия. Общие сведения о термометрии и калориметрии. Москва : Изд-во МГУ, 1964. 302 с. 19,0 усл. печ. л.          | 1   |

|   |   |    |
|---|---|----|
| 4   | Тугов И. И., Кострыкина Г. И. Химия и физика полимеров : учебное пособие для вузов. Москва : Химия, 1989. 431 с.  | 3  |
| <b>2. Дополнительная литература</b>                                       |   |    |
| <b>2.1. Учебные и научные издания</b>                                     |   |    |
| 1   | Инфракрасная спектроскопия полимеров : пер. с нем. / Дехант И., Данц Р., Киммер В., Шмольке Р. Москва : Химия, 1976. 471 с.   | 2  |
| 2   | Колесов В. П. Основы термохимии : учебник. Москва : Изд-во МГУ, 1996. 205 с.  | 1  |
| 3   | Сутягин В. М., Ляпков А. А. Физико-химические методы исследования полимеров : учебное пособие для бакалавров. 3-е изд., испр. Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2018. 139 с. 8,75 усл. печ. л.                                  | 16 |
| 4   | Термохимия. Основные методики, используемые для получения термохимических данных. Москва : Изд-во МГУ, 1966. 434 с. 27,25 усл. печ. л.  | 1  |
| <b>2.2. Периодические издания</b>   |   |    |
| 1   | Заводская лаборатория. Диагностика материалов : научно-технический журнал по аналитической химии, физическим, математическим и механическим методам исследования, а также сертификации материалов. Москва : Тест-ЗЛ, 1932 - . |    |
| 2   | Оптика и спектроскопия : журнал. Москва : Наука, 1956 - .   |    |
| 3   | Российские нанотехнологии : журнал. Москва : Парк-медиа, 2006 - .   |    |
| <b>2.3. Нормативно-технические издания</b>                                |   |    |
|   | Не используется   |    |
| <b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>      |   |    |
|   | Не используется   |    |
| <b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b> |   |    |
|   | Не используется   |    |

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

| Вид литературы   | Наименование разработки   | Ссылка на информационный ресурс   | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|--|---|---|---|
| Дополнительная литература                                  | Аверко-Антонович И.Ю., Бикмуллин Р.Т. "Методы исследования свойств полимеров: Учеб. пособие" Казань:КГТУ, 2002. 604 с.  | <a href="https://reallib.org/reader?file=541627">https://reallib.org/reader?file=541627</a>   | сеть Интернет; свободный доступ   |
| Методические указания для студентов по освоению дисциплины | Амелин, В. Г. Спектроскопические методы анализа : практикум / В. Г. Амелин ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : изд-во Владим. гос. ун-та, 2008 – 48 с. ISBN 978-5-89368-831-3 | <a href="http://op.vlsu.ru/fileadmin/Programmy/Bacalavr_academ/04.03.01/Metod_doc/Metod_SpecMetAnal_040301_2008.pdf">http://op.vlsu.ru/fileadmin/Programmy/Bacalavr_academ/04.03.01/Metod_doc/Metod_SpecMetAnal_040301_2008.pdf</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                                 | Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)                               |
| Прикладное программное обеспечение общего назначения | Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017                  |
| Прикладное программное обеспечение общего назначения | Microsoft Office Visio Professional 2016 (подп. Azure Dev Tools for Teaching) |

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

| Наименование   | Ссылка на информационный ресурс  |
|--|--|
| База данных Scopus   | <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>  |
| База данных Springer Nature e-books  | <a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a><br><a href="http://jwww.springerprotocols.com/">http://jwww.springerprotocols.com/</a><br><a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a><br><a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a> <a href="http://npg.com/">http://npg.com/</a> |
| База данных Web of Science   | <a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>  |
| База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)   | <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>  |
| 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>  |
| Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки   | <a href="http://www.diss.rsl.ru/">http://www.diss.rsl.ru/</a>  |
| Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России" | <a href="https://техэксперт.сайт/">https://техэксперт.сайт/</a>  |

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

| Вид занятий          | Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения | Количество единиц |
|----------------------|---|-------------------|
| Лекция               | Ноутбук, проектор   | 1                 |
| Практическое занятие | дифференциально сканирующий калориметр  | 1                 |
| Практическое занятие | Оборудование для проведения динамического механического анализа                 | 1                 |
| Практическое занятие | Оборудование для проведения термического механического анализа                  | 1                 |

| Вид занятий          | Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения | Количество единиц |
|----------------------|---|-------------------|
| Практическое занятие | Оборудование для проведения термогравиметрического анализа                      | 1                 |
| Практическое занятие | Растровый электронный микроскоп   | 1                 |
| Практическое занятие | Ротационный реометр Rheotest RN 4.1   | 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»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине  
«Экспериментальные методы исследования физико-химических  
характеристик композиционных материалов и конструкций  
авиационной техники»  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

**Направленность (профиль) образовательной программы:** Перспективные технологии создания конструкций ГТД и мотогондол из композиционных материалов

**Квалификация выпускника:** «Магистр»

**Выпускающая кафедра:** Механика композиционных материалов и конструкций

**Форма обучения:** Очная

**Курс:** 2

**Семестр:** 3

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 144 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Зачет: 3 семестр

Пермь 2023

**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 (3-го семестра учебного плана) и разбито на несколько учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, 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, сдаче отчетов по практическим и лабораторным работам и 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 |       |
|   | С            | ТО  | ОПЗ      | Т/КР |          | Зачёт |
| <b>Усвоенные знания</b>   |              |     |          |      |          |       |
| 3.1 знать физические основы рентгеновских, спектроскопических, термических, реологических, электрофизических методов исследования                                       |              | ТО1 |          | КР2  |          | ТВ    |
| 3.2 знать физико-химические процессы, происходящие в полимерных материалах  | С1           | ТО2 |          | КР1  |          | ТВ    |
| 3.3. знать методы исследования химического состава и структуры мономеров методами ГХ-МС, ИК и ЯМР-спектроскопии   |              | ТО3 |          | КР2  |          | ТВ    |
| 3.4. знать методы исследования типовых наполнителей полимеров и ПКМ методами РЭМ с рентгеновским микроанализатором, КР-спектроскопии, ТГА, РФА, оптическая микроскопия) |              |     | ОПЗ      | КР1  |          | ТВ    |
| 3.5. знать реологические свойства терморезактивных материалов, время гелеобразования  | С2           |     | ОПЗ      | КР1  |          | ТВ    |
| 3.6. знать физические основы дифференциально сканирующей калориметрии (ДСК) и термогравиметрии (ТГА) и их возможности применительно к ПКМ                               |              | ТО4 | ОПЗ      |      |          | ТВ    |
| <b>Освоенные умения</b>   |              |     |          |      |          |       |

|   |  |  |     |     |  |    |
|---|--|--|-----|-----|--|----|
| У.1 уметь интерпретировать результаты ДСК анализа ПКМ   |  |  |     | КР2 |  | ПЗ |
| У.2 уметь интерпретировать результатов ТМА анализа ПКМ  |  |  |     | КР1 |  | ПЗ |
| У.3. уметь выбирать оптимальные режимы испытания образцов термическими методами анализа   |  |  |     | КР2 |  | ПЗ |
| У.4. уметь интерпретировать изображения и результаты EDX-анализа, полученных с помощью растрового электронного микроскопа и просвечивающего электронного микроскопа |  |  | ОПЗ | КЗ  |  | ПЗ |
| У.5. уметь интерпретировать ИК и КР-спектров, спектров РФА.   |  |  |     | КЗ  |  | ПЗ |
| У.6. уметь выбирать оптимальные методы анализа образцов и компонентов ПКМ неизвестного состава  |  |  |     | КЗ  |  | ПЗ |
| У.7. уметь оптимизировать режимы отверждения и соотношения компонентов реактопластов на основе эпоксидных смол  |  |  |     |     |  | ПЗ |
| <b>Приобретенные владения</b>   |  |  |     |     |  |    |
| В.1 владеть навыками проведения измерения тепловых эффектов ПКМ методом ДСК   |  |  | ОПЗ |     |  | ПЗ |
| В.2 владеть навыками пробоподготовки образцов полимерных материалов и ПКМ для теплофизических и термомеханических методов анализа (ТГА, ДСК, ТМА, ДМА)              |  |  | ОПЗ |     |  | ПЗ |
| В.3 владеть навыками пробоподготовки и навыками определения времени гелеобразования термореактивных препрегов методом ТМА   |  |  | ОПЗ |     |  | ПЗ |
| В.4 владеть навыками измерения реологических свойств олигомерного связующего на ротационном реометре  |  |  | ОПЗ |     |  |    |
| В.5 владеть навыками определения содержания неорганических наполнителей в полимерном композиционном материале   |  |  | ОПЗ |     |  |    |

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОПЗ – отчет по практическому заданию; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание дифференцированного зачета.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учётом 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 учебе 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 путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов 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 усвоения материала**

Текущий контроль в форме текущей контрольной работы, тестирования, опроса по тематике, изучаемой самостоятельно. Результаты по 4-х балльной шкале оценивания учитываются при проведении промежуточной аттестации.

## **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты практических работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

### **2.2.1. Защита практических работ**

Всего запланировано 9 практических работ. Типовые темы практических работ приведены в РПД.

Защита практической работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины.

#### **Типовые задания первой КР:**

1. Применение метода ТГА для исследования физических и химических процессов при нагреве приводящих к изменению массы вещества.

2. Возможности метода для качественного анализа тепловых явлений при фазовых и химических процессах.

#### **Типовые задания второй КР:**

1. Количественный анализ тепловых процессов при фазовых и физических переходах
2. Определение теплоемкости материала
3. Возможности метода ИК спектроскопии в анализе полимерных композиционных материалов

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

#### **2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу**

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС образовательной программы.

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

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

##### **2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания**

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

##### **2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания**

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех*

заявленных компетенций.

#### **2.4.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Термические методы анализа. Классификация.
2. Приборы термогравиметрического анализа (ТГА), весы, печи.

Применение метода ТГА для исследования физических и химических процессов при нагреве приводящих к изменению массы вещества. Изучение термического разложения полимеров и композитов.

3. Дифференциально-термический анализ (ДТА), принцип устройства приборов ДТА, образцы сравнения, роль массы образца сравнения и исследуемого материала. Возможности метода для качественного анализа тепловых явлений при фазовых и химических процессах.

4. Дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК), принцип построения приборов, количественный анализ тепловых процессов при фазовых и физических переходах, определение теплоемкости материала. Измерение энтальпии процессов.

5. Термомеханический анализ. Основные способы деформирования материалов. Режимы механического нагружения. Кривые ТМА, характерные области фазовых и физических переходов. Применение метода ТМА, приборы.

6. Применение термических методов анализа для исследования свойств термопластичных полимерных материалов

7. Количественный анализ основных компонентов полимерных композиционных материалов.

8. Неразрушающие методы контроля и анализа полимерных композиционных материалов и их ингредиентов.

9. Микроскопические методы исследования полимерных композиционных материалов

10. Поверхностные свойства материалов. Контактный угол смачивания.

11. Трибометрия. Коэффициент трения. Износ.

12. Спектроскопические методы исследования: классификация, основные характеристики.

13. ИК-Фурье спектроскопия, физические основы и возможности метода в анализе полимерных композиционных материалов. Характеристические полосы поглощения.

14. Спектроскопия комбинационного рассеяния света и ее применение для идентификации компонентов полимерных композиционных материалов.



15. Реология полимеров. Основной закон вискозиметрии. Ньютоновские жидкости. Типы неньютоновских жидкостей. Явление тиксотропии. Оборудование для исследования реологических свойств.

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

1. Анализ ДСК анализа ПКМ
2. Физико-химические характеристики для оценки состояния полимерного материала
3. ДМА, ДСК, ТГА - анализ

**Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Определение температуры стеклования связующего углепластика на примере отвержденного препрега ВКУ-29 методом ДСК
2. Определение времени гелеобразования препрега, на примере ВКУ-29 методом ТМА
3. Определение времени гелеобразования препрега, на примере ВКУ-39 методом ТМА
4. Определение доли армирующего наполнителя (стекловолокна) в ПКМ методом ТГА.
5. Определение КЛТР и температуры стеклования образца сферопластика методом ТМА

**2.4.2.2. 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 зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

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 зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

### Список вопросов к экзамену

1. Термические методы анализа. Классификация.
2. Приборы термогравиметрического анализа (ТГА), весы, печи. Применение метода ТГА для исследования физических и химических процессов при нагреве приводящих к изменению массы вещества. Изучение термического разложения полимеров и композитов.
3. Дифференциально-термический анализ (ДТА), принцип устройства приборов ДТА, образцы сравнения, роль массы образца сравнения и исследуемого материала. Возможности метода для качественного анализа тепловых явлений при фазовых и химических процессах.
4. Дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК), принцип построения приборов, количественный анализ тепловых процессов при фазовых и физических переходах, определение теплоемкости материала. Измерение энтальпии процессов.
5. Термомеханический анализ. Основные способы деформирования материалов. Режимы механического нагружения. Кривые ТМА, характерные области фазовых и физических переходов. Применение метода ТМА, приборы.
6. Применение термических методов анализа для исследования свойств термопластичных полимерных материалов
7. Количественный анализ основных компонентов полимерных композиционных материалов.
8. Неразрушающие методы контроля и анализа полимерных композиционных материалов и их ингредиентов.
9. Микроскопические методы исследования полимерных композиционных материалов
10. Поверхностные свойства материалов. Контактный угол смачивания.
11. Трибология. Коэффициент трения. Износ.
12. Спектроскопические методы исследования: классификация, основные характеристики.
13. ИК-Фурье спектроскопия, физические основы и возможности метода в анализе полимерных композиционных материалов. Характеристические полосы поглощения.
14. Спектроскопия комбинационного рассеяния света и ее применение для идентификации компонентов полимерных композиционных материалов.
15. Реология полимеров. Основной закон вискозиметрии. Ньютоновские жидкости. Типы неньютоновских жидкостей. Явление тиксотропии. Оборудование для исследования реологических свойств.