

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ
Директор химико-технологического
института
д.т.н., проф. Р.Н. Ястребинский
« 24 » мая 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ

Композиционные полимерные материалы

направление подготовки (специальность):

Химическая технология

Направленность программы (профиль, специализация):

Технология и переработка полимеров

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

очная

Химико-технологический институт

Кафедра теоретической и прикладной химии

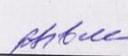
Белгород 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07 августа 2020 г., № 922
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2021 году.

Составитель (составители): к.х.н., доцент  (Н.В. Ключникова)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой теоретической и прикладной химии

Заведующий кафедрой: д. т. н., профессор  (В.И. Павленко)

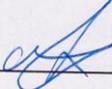
Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 13 » 05 2021 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой: д.т.н., профессор  (В.И. Павленко)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института ХТИ

« 15 » 05 2021 г., протокол № 9

Председатель к.т.н., доцент  (Л.А. Порожнюк)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

| Категория (группа) компетенций | Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине |
|--------------------------------|--|---|--|
| Профессиональные компетенции | ПК 1. Способен проводить исследования сырьевых материалов, опытных партий образцов, анализировать их технологические характеристики, осуществлять поиск, обработку и анализ специализированной литературы для разработки мероприятий по совершенствованию технологических процессов и повышению качества готовых изделий | ПК 1.2. Организует проведение экспериментальных работ по освоению новых технологических процессов на лабораторных и пилотных установках | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы методов расчета и особенности конструирования изделий из композиционных полимерных материалов; - основные типы и характеристики современных компонентов композиционных полимерных материалов и способы их сочетания; - основные виды композиционных полимерных материалов конструкционного и функционального назначения; - требования к композиционным полимерным материалам для различных условий эксплуатации; - традиционные и прогрессивные методы формования изделий из композиционных полимерных материалов; - особенности технологических процессов полуфабрикатов волокнистых композитов, заготовок и изделий из них; - основные технологические схемы процессов изготовления армирующих компонентов; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять физические и механические свойства композиционных материалов при различных видах испытаний; - выбирать композиционные полимерные материалы для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности изделий; - выбирать необходимые технологические процессы изготовления композиционных материалов, исходя из требуемых эксплуатационных свойств; - уметь работать с учебной и научной литературой в |

| | | | |
|------------------------------|---|--|---|
| | | | <p>бумажном и электронном варианте, использовать ресурсы интернета.</p> <p>Владеть: - владеть методами и средствами исследования синтеза полимерных композиционных материалов, методами испытаний по определению физико-химических свойств полимерных композиционных материалов.</p> |
| Профессиональные компетенции | ПК 2. Готов к осуществлению технологического процесса в соответствии с регламентом и использование технических, а также ИТ технологий для контроля основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции | ПК 2.1. Осуществляет контроль качества основных и вспомогательных материалов и готовой продукции | <p>Знать: режимы работы технологического оборудования; факторы, определяющие параметры технологического процесса</p> <p>Уметь: применять полученные знания при выборе технологических способов переработки композиционных полимерных материалов в конкретные изделия; прогнозировать эксплуатационные свойства изделий в конкретных условиях в зависимости от типа композита, состава композиции и параметров переработки.</p> <p>Владеть: технологическими способами переработки полимеров и их композиций в изделия; методами определения оптимальных и рациональных параметров переработки полимеров.</p> |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК 1. Способен проводить исследования сырьевых материалов, опытных партий образцов, анализировать их технологические характеристики, осуществлять поиск, обработку и анализ специализированной литературы для разработки мероприятий по совершенствованию технологических процессов и повышению качества готовых изделий

| Стадия | Наименования дисциплины ¹ |
|--------|---|
| 1 | Механическое оборудование по производству полимеров |
| 2 | Современные технологии обработки данных |
| 3 | Технология и переработка полимеров |
| 4 | Технический анализ полимеров |
| 5 | Технология лвакокрасочных материалов |
| 6 | Модифицированные полимерные материалы |
| 7 | Химическое сопротивление полимерных материалов |
| 8 | Композиционные полимерные материалы |
| 9 | Основы проектирования и оборудование предприятий по переработке полимеров |
| 10 | Рециклинг полимеров |
| 11 | Вторичная переработка и утилизация отходов полимеров |
| 12 | Полимерцементы и полимербетоны |
| 13 | Технология эластомеров |
| 14 | Биоразлагаемые полимеры |
| 15 | Производственная технологическая практика |
| 15 | Производственная преддипломная практика |
| | |

2. Компетенция ПК2 Готов к осуществлению технологического процесса в соответствии с регламентом и использование технических, а также IT технологий для контроля основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

| Стадия | Наименования дисциплины ² |
|--------|---|
| 1 | Механическое оборудование по производству полимеров |
| 2 | Современные технологии обработки данных |
| 3 | Технология и переработка полимеров |
| 4 | Технический анализ полимеров |
| 5 | Технология лвакокрасочных материалов |
| 6 | Модифицированные полимерные материалы |
| 7 | Химическое сопротивление полимерных материалов |
| 8 | Композиционные полимерные материалы |
| 9 | Основы проектирования и оборудование предприятий по переработке полимеров |
| 10 | Рециклинг полимеров |
| 11 | Вторичная переработка и утилизация отходов полимеров |
| 12 | Полимерцементы и полимербетоны |
| 13 | Технология эластомеров |
| 14 | Биоразлагаемые полимеры |

| | |
|----|---|
| 15 | Производственная технологическая практика |
| 16 | Производственная преддипломная практика |
| | |

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зач. единиц, 252 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки:

Форма промежуточной аттестации экзамен

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестр № 8 |
|---|-------------|-------------|
| Общая трудоемкость дисциплины, час | 252 | 252 |
| Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.: | 90 | 90 |
| лекции | 36 | 36 |
| лабораторные | 48 | 48 |
| практические | | |
| групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации | 6 | 6 |
| Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе: | 162 | 162 |
| Курсовой проект | | |
| Курсовая работа | 36 | 36 |
| Расчетно-графическое задание | | |
| Индивидуальное домашнее задание | | |
| Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия) | 126 | 126 |
| Экзамен | 36 | 36 |

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 4 Семестр 7

| № п/п | Наименование раздела (краткое содержание) | Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час | | | |
|---|---|---|----------------------|----------------------|-------------------------------------|
| | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | я работа на подготовку к аудиторным |
| 1. . Введение. Основные задачи дисциплины. | | | | | |
| | Предмет и задачи изучения дисциплины. Основные понятия, термины и определения. Анализ состояния и перспективы развития композиционных полимерных материалов (КПМ). Классификация КПМ: по материалу матрицы (металлическая, керамическая, полимерная и др.) и армирующих элементов; по геометрии компонентов, структуре и расположению компонентов; по методу получения и назначению. Требования, предъявляемые к компонентам композиционных полимерных материалов. Факторы, определяющие свойства композита. Уравнение аддитивности. Закон Гука для изотропных материалов. Упругие деформации. Анизотропия прочности. Критерии предельных напряженных состояний и максимальных напряжений и деформаций. Твердость композиционных полимерных материалов. | 4 | | 6 | 10 |
| 2. Прочностные характеристики композиционных полимерных материалов. | | | | | |
| | Модуль нормальной упругости однонаправленного КПМ в направлении оси армирования и в направлении, перпендикулярном к оси армирования. КПМ, армированные дискретными и хаотично ориентированными волокнами. Предел прочности композита армированного непрерывными волокнами. Влияние ориентации волокон на разрушение композита. Прочность при растяжении композита, армированного дискретными волокнами. Влияние объемной доли волокон на прочностные свойства композиционных материалов. Прочность КПМ при сжатии и при ударе. Особенности разрушения композиционных материалов. | 6 | | 10 | 10 |
| 3. Термодинамические и кинетические характеристики композиционных полимерных материалов. | | | | | |

| | | | | | |
|--|---|---|--|--|----|
| | <p>Температурные коэффициенты линейного расширения. Коэффициенты теплопроводности. Удельная электропроводность. Диэлектрическая и магнитная проницаемости. Термодинамическая и кинетическая совместимости компонентов КПМ. Виды межфазного взаимодействия. Влияние поверхности раздела на прочность и характер разрушения КПМ. Типы связей между компонентами. Термическая и механическая стабильность поверхности раздела композита. Формирование межфазного контакта. Смачивание композиционных полимерных материалов. Основные условия смачивания в равновесных и неравновесных системах. Смачивание различных типов материалов.</p> | 6 | | | 12 |
| 4. Характеристика матричных композиционных полимерных материалов. | | | | | |
| | <p>Матричные материалы на основе металлов: алюминия, титана, меди, никеля и кобальта. Матричные материалы на основе полимеров. Характеристика полимеров. Материалы матриц на основе керамики: оксиды алюминия и циркония, бескислородная керамика. Технология получения металлических волокон и их свойства. Стальные, вольфрамовые, молибденовые, бериллиевые, титановые, биметаллические волокна. Типы стеклянных волокон. Технология получения стекловолокон и кварцевых волокон. Свойства стекловолокон. Переработка стекловолокон в жгуты, ткани, маты. Арамидные и полиэтиленовые волокна. Получение арамидных волокон. Свойства арамидных и полиэтиленовых волокон. Методы идентификации композиционных полимерных материалов.</p> | 6 | | | 12 |
| 5. Технологические процессы получения композиционных полимерных материалов. | | | | | |
| | <p>Основные технологические процессы получения полимерных композиционных материалов. Получение заготовок для полимерных композиционных материалов в виде препрегов. Наполнители, их классификация в зависимости от природы и структуры. Стеклопластики. Углепластики. Боропластики. Органопластики. Композиционные материалы, упрочненные частицами и волокнами. Слоистые композиты. Основы технологии получения керамических композиционных материалов. Основные технологические схемы производства УУКМ. Схемы укладки углеродных волокон. Свойства УУКМ и области применения.</p> | 4 | | | 12 |
| 6. Основные особенности свойств композиционных полимерных материалов. | | | | | |

| | | | | | |
|--|--|-----------|--|-----------|------------|
| | <p>Нанокompозиты на основе полимеров полимеров. Слоистые нанокompозиты. Нанокompозиты, содержащие металлы или полупроводники. Молекулярные композиты. Основные особенности свойств композитов. Испытания композиционных полимерных материалов на растяжение. Испытания композиционных полимерных материалов на сжатие. Испытания композиционных полимерных материалов на сдвиг. Основные требования, предъявляемые к конструкционным композиционным полимерным материалам. Критерии конструирования композиционных полимерных материалов. Проектирование структуры и расчет свойств композиционных материалов.</p> | 6 | | | 12 |
| 7. Оптические, физические, реологические методы идентификации композиционных полимерных материалов. | | | | | |
| | <p>Определение химического состава отдельных классов полимеров с помощью качественных и количественных реакций. Физические испытания (плотность, водопоглощение), Реологические испытания (усадка при формировании, скорость, течение расплава, объемный расход расплава, вязкость расплава). Внешний вид образцов (мутность, глянец, коэффициент преломления) определение растворимости, поведение образцов в пламени. Органолептическая и визуальная идентификация полимерных материалов. Термогравиметрический анализ. ИК-спектроскопия.</p> | 4 | | | |
| | ВСЕГО | 36 | | 48 | 126 |

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий
 Практических (семинарских) занятий не предусмотрено учебным планом.

4.3. Содержание лабораторных занятий

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Тема лабораторного занятия | К-во часов | К-во часов СРС |
|---------------|--|---|------------|----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| семестр № 8 | | | | |
| 1 | Основные особенности свойств композиционных полимерных материалов. | Работа 1. Техника безопасности и правил работы в лаборатории. Испытание твердости материалов по методам Бринелля, Роквелла Шора. Сравнение методов ISO (Международной организации по стандартизации) и ASTM (Американского общества по испытанию материалов). | 10 | 10 |
| 2 | Основные особенности свойств композиционных полимерных материалов. | Работа 2. Определение механических характеристик при осевом растяжении. | 8 | 8 |
| 3 | Оптические, физические, реологические методы идентификации композиционных полимерных материалов. | Работа 3. Определение ударной вязкости материалов при сжатии и при ударе. | 6 | 6 |
| 4 | Оптические, физические, реологические методы идентификации композиционных полимерных материалов. | Работа 4. Методы идентификации композиционных полимерных материалов | 8 | 8 |
| 5 | Оптические, физические, реологические методы идентификации композиционных полимерных материалов. | Работа 5. Термогравиметрический анализ композиционных полимерных материалов | 6 | 6 |
| 6 | Оптические, физические, реологические методы идентификации композиционных полимерных материалов. | Работа 6. Физические, оптические и реологические испытания. | 10 | 10 |
| ИТОГО: | | | 48 | 48 |

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Темы курсовых работ:

1. Общая характеристика и классификация композиционных полимерных материалов.
2. Виды и способы переработки композиционных полимерных материалов. Обзор способов переработки, сравнение, применение.
3. Технологические особенности переработки композиционных полимерных материалов экструзией: основное оборудование, технологические стадии, влияние параметров переработки на свойства. Виды брака.
4. Технологические особенности переработки композиционных полимерных материалов литьем под давлением: основное оборудование, технологические стадии, влияние параметров переработки на свойства. Виды брака.
5. Технологические особенности переработки композиционных полимерных материалов прессованием: основное оборудование, технологические стадии, влияние параметров переработки на свойства. Виды брака.
6. Влияние технологических параметров на структуру композиционных полимерных материалов
7. Современные технологии производства композиционных полимерных материалов нового поколения.
8. Принципы создания композиционных полимерных материалов.
9. Влияние фазовой структуры композиционного полимерного материала на его свойства.
10. Получение полимерного слоя на поверхности наполнителя методом радикальной полимеризации.
11. Ионно-координационная полимеризация на поверхности наполнителя.
12. Сравнение методов смешения и полимеризационного наполнения.
13. Современные методы модификации матрицы.

Объем курсовой работы – 25 листов.

В процессе выполнения курсовой работы осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудитория и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Не предусмотрено учебным планом

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1. Компетенция ПК 1. Способен проводить исследования сырьевых материалов, опытных партий образцов, анализировать их технологические характеристики, осуществлять поиск, обработку и анализ специализированной литературы для разработки мероприятий по совершенствованию технологических процессов и повышению качества готовых изделий

| Наименование индикатора достижения компетенции | Используемые средства оценивания |
|---|---|
| Обеспечивает проведение основных технологических операций в соответствии с требованиями технической документации на технологию производства и переработки полимерных материалов | Экзамен, выполнение и защита лабораторных работ, собеседование, выполнение и защита курсовой работы |

1 Компетенция ПК 2. Готов к осуществлению технологического процесса в соответствии с регламентом и использование технических, а также IT технологий для контроля основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции

| Наименование индикатора достижения компетенции | Используемые средства оценивания |
|--|---|
| Осуществляет контроль качества основных и вспомогательных материалов и готовой продукции | Экзамен, выполнение и защита лабораторных работ, собеседование, выполнение и защита курсовой работы |

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена

1. Предмет и задачи изучения дисциплины.
2. Определение и классификации композиционных материалов.
3. Характеристики матричных материалов: металлические, полимерные и керамические матрицы.
4. Характеристики полимеров, используемых для получения композитов: термопласты, реактопласты, эластомеры.
5. Наполнители (основные характеристики, химический состав): дисперсные, волокнистые и объемные.
6. Армирующие элементы (состав, получение): металлические, стеклянные, кварцевые, углеродные, борные, органические, керамические волокна, нитевидные материалы (усы).
7. Получение полуфабрикатов полимерных композиционных материалов в виде препрегов, сотовых наполнителей.

8. Классификация и особенности свойств ПКМ.
9. Влияние содержания наполнителя, размера и формы дисперсных частиц на модуль упругости, вязкость и прочность ПКМ.
10. Межфазное взаимодействие, свойства межфазного слоя.
11. Подготовка компонентов композиционного материала: сушка, гранулирование, измельчение.
12. Методы обработки наполнителей. Аппретирование.
13. Получение композитов методом смешения (смешение с малым количеством добавки, введение пластификатора в полимеры, смешение полимеров, диспергирующее смешение, смешение порошков).
14. Полимеризационное наполнение. Получение полимерного слоя на поверхности наполнителя методами радикальной, ионно-координационной полимеризации. Полимеризация в присутствии наполнителя.
15. Модификация матрицы: смешение полимеров, сополимеризация, привитая блок-сополимеризация, сшивание, введение функциональных групп.
16. Методы изготовления деталей из полимерных композиционных материалов.
17. Основные виды наполнителей и типы структур наполненных полимеров.
18. Основные характеристики наполнителей для пластмасс.
19. Технология введения наполнителей.
20. Свойства наполненных полимеров: технологические, физико-механические.
21. Применение наполненных полимеров.
22. Особенности фазовой структуры смесей полимеров.
23. Основные свойства смесей полимеров.
24. Модификация смесей полимеров наполнителями, пластификаторами, межфазными добавками.
25. Общая характеристика газосодержащих (газонаполненных) полимерных материалов.
26. Получение газосодержащих полимерных материалов со вспениванием и без вспенивания.
27. Химические и физические газообразователи.
28. Свойства различных типов вспененных полимерных материалов: параметры структуры, механические и теплофизические свойства.
29. Модификаторы термопластичных конструкционных материалов (пластификаторы, стабилизаторы, красители, смазки и др.).
30. Общие положения о пластификации пластмасс. Виды пластификации.
31. Свойства пластифицированных полимеров.
32. Армированные пластики на основе термореактивных полимеров.
33. Армированные пластики на основе термопластических полимеров (непрерывноармированные, высокоармированные термопласты и предельноармированные органоволокниты).
34. Технологические особенности получения и переработки наполненных термопластов.
35. Классификация КПКМ: по материалу матрицы (металлическая, керамическая, полимерная Закон Гука для изотропных материалов).
36. Особенности разрушения композиционных материалов.
37. Влияние поверхности раздела на прочность композиционных полимерных материалов.
38. Характеристика полимеров.
39. Основы технологии получения керамических композиционных материалов.
40. Нанокompозиты из керамики и полимеров.
41. Основные особенности свойств композитов.
42. Требования, предъявляемые к конструкционным композиционным полимерным материалам.
43. Органолептическая и визуальная идентификация полимерных материалов.
44. Испытания композиционных полимерных материалов на растяжение.
45. Испытания композиционных полимерных материалов на сжатие. Испытания

композиционных полимерных материалов на сдвиг.

46. Основные требования, предъявляемые к конструкционным композиционным полимерным материалам.

47. Критерии конструирования композиционных полимерных материалов. Проектирование структуры и расчет свойств композиционных материалов.

48. Определение химического состава отдельных классов полимеров с помощью качественных и количественных реакций.

49. Термогравиметрический анализ.

50. ИК-спектроскопия.

51. Производительность трубчатого реактора полимеризации этилена при 170 МПа равна 6000 кг полиэтилена в час. Реактор представляет собой трубу диаметром 60 мм и имеет длину 1000 м. Определите объемную скорость подачи этилена (при указанном давлении и средней 47 температуре газа 190 °С), если степень превращения этилена равна 12,5 %.

52. Этилен, сжатый до 180 МПа, поступает в трубчатый реактор полимеризации с объемной скоростью подачи 12 ч⁻¹. Объемный расход этилена, измеренный до его компримирования равен 40000 м³/ч, степень конверсии этилена 13 %. Средняя температура газа в реакторе 195 °С.

Определите производительность по полиэтилену в расчете на 1 м³ реактора.

53. Производительность установки полимеризации пропилена равна 2500 кг полипропилена в час. Определите массовый расход жидкой пропан-пропиленовой фракции с массовой долей пропана 40 %. Степень конверсии пропилена 98 %.

54. В каскад из двух полимеризаторов подается ВА и метанол в соотношении 95:5. Степень превращения ВА – 65 %. Из каскада отбирают 1600 кг/час раствора с массовой долей ВА 11,2 %. Плотность ВА 934 кг/м³, а метанола – 790 кг/м³. Определите общий расход метанола в процессе и расход метанола в первом реакторе.

55. Степень превращения стирола в первом форполимеризаторе 45 %. Процесс полимеризации ведут на установке производительностью по полистиролу 2000 кг/ч при степени конверсии стирола 95 %. Определите объемный расход стирола и массовое содержание полимера и мономера в реакционной смеси на выходе из первого форполимеризатора. Плотность стирола 906 кг/м³.

56. Предварительную полимеризацию стирола проводят последовательно в реакторах объемом по 10 м³. Время пребывания реакционной массы в каждом аппарате 18 ч, коэффициент заполнения аппаратов 0,8. Определить общее число реакторов для обеспечения производительности установки 1900 кг/ч при общей степени конверсии 95 %. Плотность стирола и реакционной массы в реакторах принять 906 кг/м³.

57. Массовый расход стирола на установке эмульсионной полимеризации 1300 кг/ч, объемная доля стирола в смеси, поступающей на полимеризацию 34 %. Определите число реакторов для проведения непрерывного процесса, если время пребывания смеси в каскаде реакторов 4 ч, объем каждого реактора 5 м³, коэффициент заполнения реактора 0,84. Плотность стирола 906 кг/м³.

58. Объемный расход хлористого винила (плотность 973 кг/м³) на установке блочной полимеризации с двумя реакторами равен 5 м³/ч. В процессе полимеризации в первом реакторе выделяется 198,1 кВт теплоты. Определите степень конверсии ХВ в этом аппарате. Тепловой эффект полимеризации ХВ 91,6 кДж/моль.

59. Массовая доля ПВХ в латексе, получаемом эмульсионной полимеризацией ХВ, равна 42 %. Степень конверсии мономера – 95 %, производительность установки по ПВХ 1500 кг/ч. Определите объемное соотношение ХВ: водная фаза, если плотность эмульсии 1120 кг/м³, а плотность ХВ – 973 кг/м³.

60. Рассчитайте массовый расход на одну операцию в реактор суспензионной полимеризации метилметакрилата (ММА) и других компонентов, если известно, что объем реактора 20 м³, обязательно интенсивное перемешивание (1,6...5 об/с). Соотношение мономер: вода = 1:3. Стабилизатор суспензии должен составлять 3 %, инициатор, растворимый в мономере – 0,5 %, пластификатор – 15 % от массы мономера. Плотность ММА – 945 кг/м³. Принимаем скорость вращения мешалки 5 об/с, а коэффициент заполнения реактора $f = 0,6$.

61. Реологическое уравнение течения. Зависимость вязкости от температуры.

62. Литье под давлением термопластов: расчет процесса, усадка, цикл формования, остаточные напряжения

63. Способы прессования: валковый, кольцевой валковый, поршневой, ленточный, гидравлический. Их достоинства и недостатки.

64. Способы переработки полимеров: каландрирование, строгание, формование изделий из листов.

65. Технология получения вспененных материалов. Преимущества и недостатки.

66. Основы метода получения «отливки» полимера в открытой форме. Преимущества и недостатки.

67. Технические методы переработки порошков, гранул, листов и жидкостей в изделия различных видов и конфигураций. Их достоинства и недостатки.

Промежуточная аттестация в конце 8-го семестра осуществляется в форме экзамена после изучения разделов дисциплины «Композиционные полимерные материалы».

При проведении экзамена экзаменационный билет, содержащий три теоретических вопроса и одну задачу, выбирают сами студенты в случайном порядке. Билеты ежегодно утверждаются на заседании кафедры. Для подготовки студенту отводится время в пределах одного часа.

Экзамен является значимым оценочным средством и решающим в итоговой отметке учебных достижений студента.

Типовой вариант экзаменационного билета в 8-ом семестре

Типовой экзаменационный билет

Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса и один практический

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова

Кафедра теоретической и прикладной химии

Дисциплина "Композиционные полимерные материалы "

Образовательная программа 18.03.01-03

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № ____

1. Предмет и задачи изучения дисциплины композиционные полимерные материалы (КПМ).

2. Классификация и особенности свойств КПМ.

3. Технология введения наполнителей.

4. Определение химического состава отдельных классов полимеров с помощью качественных и количественных реакций.

Одобрено на заседании кафедры _____ 20__ г. протокол № ____

5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

При защите курсовой работы по дисциплине «Композиционные полимерные материалы» необходимо владеть:

– применение в производстве новейших технологических приемов и методов повышения продуктивности, устойчивости и экономической эффективности получения и переработки композиционных полимерных материалов;

– синтеза полимеров (в том числе нетрадиционные) в эмульсии, суспензии;

– процессы в расплаве и твердой фазе, очистка готового продукта и его характеристика;

– знание факторов, определяющих образование той или иной структуры композиционного полимерного материала при его переработке;

- знание факторов, определяющих эксплуатационные свойства композиционных полимерных материалов;
- выбор технологических способов переработки композиционных полимерных материалов в конкретные изделия;
- выбор и оптимизация рецептурно-технологических параметров получения полимерных композиционных материалов с заданными свойствами;
- прогнозирование эксплуатационных свойств изделий в конкретных условиях в зависимости от типа композиционного полимерного материала;
- исследование физико-химических основ процессов, происходящих в композиционных полимерных материалах на стадии изготовления изделий, а также их последующей обработки, в процессе эксплуатации (деструкции, старения);
- экологические проблемы технологии получения композиционных полимерных материалов и изготовления изделий из них;
- разработка технологических методов повышения эффективности производства композитов и материалов на их основе, улучшения качества продукции, повышения устойчивости производства к экологическим стрессам;
- умение проводить расчет экономической эффективности производства и реализации продукции;
- изучение специальной литературы и другой научно-технической информации, достижений отечественной и зарубежной науки в области получения и переработки композиционных полимерных материалов.

**5.3. Типовые контрольные задания (материалы)
для текущего контроля в семестре**

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание вопросов (типовых заданий) |
|----------|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Введение. Основные задачи дисциплины. | 1. Анализ состояния и перспективы развития композиционных полимерных материалов (КПМ). 2. Закон Гука для изотропных материалов. 3. Упругие деформации. Критерии предельных напряженных состояний и максимальных напряжений и деформаций. 4. Методы испытаний на твердость композиционных полимерных материалов и сравнение твердостей по Бринеллю, Роквеллу и Шору. |
| 2 | Прочностные характеристики композиционных полимерных материалов. | 1. Механические испытания. 2. Прочность, деформация и модуль упругости при растяжении. 3. Прочность при сжатии и ударе, ударная прочность по Шарпи. 4. Сравнение методов ISO (Международной организации по стандартизации) и ASTM (Американское общество по испытанию материалов). |
| 3 | Термодинамические и кинетические характеристики композиционных полимерных материалов. | 1. Удельная теплопроводность. Диэлектрическая и магнитная проницаемость. 2. Смачивание различных типов материалов. 3. Характеристика полимеров. 4. Влияние поверхности раздела на прочность композиционных полимерных материалов |
| 4 | Характеристика матричных композиционных полимерных материалов. | 1. Матричные материалы на основе полимеров. Характеристика полимеров. Материалы матриц на основе керамик: оксиды алюминия и циркония, бескислородная керамика. 2. Технология получения стекловолокон и кварцевых волокон. Свойства стекловолокон. 3. Переработка стекловолокон в жгуты, ткани, маты. 4. Методы идентификации композиционных полимерных материалов. |
| 5 | Технологические процессы получения композиционных полимерных материалов. | 1. Основные технологические процессы получения полимерных композиционных материалов. 2. Получение заготовок для полимерных композиционных материалов в виде препрегов. 3. Наполнители, их классификация в зависимости от природы и структуры. Стеклопластики. Углепластики. Боропластики. 4. Органопластики. Композиционные материалы, упрочненные частицами и волокнами. |
| 6 | Основные особенности свойств | 1. Наноккомпозиты из керамики и полимеров. Слоистые наноккомпозиты. Наноккомпозиты, содержащие металлы |

| | | |
|---|--|--|
| | композиционных полимерных материалов. | или полупроводники. Молекулярные композиты. 2.Основные особенности свойств композитов. Испытания композиционных полимерных материалов на растяжение. 3.Испытания композиционных полимерных материалов на сжатие. Испытания композиционных полимерных материалов на сдвиг. Основные требования, предъявляемые к конструкционным композиционным полимерным материалам. 4.Критерии конструирования композиционных полимерных материалов. Проектирование структуры и расчет свойств композиционных материалов. |
| 7 | Оптические, физические, реологические методы идентификации композиционных полимерных материалов. | 1. Приведите примеры определения химического состава отдельных классов полимеров с помощью качественных и количественных реакций. 2.Физические испытания (плотность, водопоглощение), Реологические испытания (усадка при формировании, скорость, течение расплава, объемный расход расплава, вязкость расплава). Внешний вид образцов (мутность, глянец, коэффициент преломления) определение растворимости, поведение образцов в пламени. 3.Органолептическая и визуальная идентификация полимерных материалов. 4.Термогравиметрический анализ. 5. ИК-спектроскопия. |

Примеры задач для самостоятельной работы

1.Определите молярную массу поливинилацетата как среднюю величину, используя экспериментальные данные, полученные для его растворов в хлороформе, бензоле и ацетоне.

| Концентрация раствора C , кг/м ³ | Вязкость раствора поливинилацетата η , мПа*с | | |
|---|---|-----------|-----------|
| | в хлороформе | в бензоле | в ацетоне |
| 0 | 0,570 | 0,649 | 0,325 |
| 1 | 0,745 | 0,804 | 0,397 |
| 2 | 0,960 | 0,988 | 0,484 |
| 3 | 1,204 | 1,190 | 0,578 |
| 5 | 1,813 | 1,674 | 0,804 |
| 7 | 2,585 | 2,262 | 1,069 |

Константа K в уравнении Марка-Хаувинка-Куна для поливинилацетата в хлороформе составляет $8,77 \cdot 10^{-3}$, в бензоле $7,18 \cdot 10^{-3}$, в ацетоне $6,92 \cdot 10^{-3}$, а константа a соответственно равна 0,71; 0,70; 0,70.

Вычислите константы Хаггинса и концентрации кроссовера полимера в каждом растворителе, сделайте вывод о качестве растворителей.

2. Определите молекулярную массу полимера и второй вириальный коэффициент последующим данным измерений осмотического давления полимеров:

| Полимер-растворитель | Т, К | Осмотическое давление π (Па) при концентрации C раствора, кг/м ³ | | | | | |
|-----------------------|------|---|------|------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 |
| Полистирол-толуол | 293 | 7,2 | 18,3 | 33,5 | 52,2 | 74,5 | 133,7 |
| Нитроцеллюлоза-ацетон | 298 | 21,7 | 45,6 | 72,1 | 100,4 | 131,6 | 268,8 |

3. При исследовании рассеяния свет растворами каучука в толуоле получены следующие данные:

| | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|
| Конц. раствора, кг/м ³ | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 |
| Мутность, $\tau \cdot 10^8, \text{ м}^{-1}$ | 1,44 | 1,85 | 2,15 | 2,43 | 3,60 |

Используя уравнение Дебая, определите молекулярную массу полимера и значение второго вириального коэффициента, если постоянная $H = 2,8 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2 \text{ моль/кг}^2$.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена, при защите курсовой работы используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

| Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине | Критерий оценивания |
|--|--|
| Знания | Знания терминов, определений, понятий |
| | Знание основных методов переработки полимеров |
| | Объем освоенного материала |
| | Полнота ответов на вопросы |
| | Четкость изложения и интерпретации знаний |
| Умения | Умения использовать основные закономерности и особенности переработки полимерных композиционных материалов |
| | Умения при выборе технологических способов переработки композиционных полимерных материалов в конкретные изделия; Умения прогнозировать эксплуатационные свойства изделий в конкретных условиях в зависимости от типа полимера, состава композиции и параметров переработки. |
| Навыки | Владеет способами осуществления процессов модификации полимерных композиционных материалов в процессе их переработки; |

| | |
|--|--|
| | технологическими способами переработки композиционных полимерных материалов в изделия; методами определения оптимальных и рациональных параметров переработки композиционных полимерных материалов. |
|--|--|

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю знания:

| Критерий | Уровень освоения и оценка | | | |
|--|--|---|---|--|
| | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Знания терминов, определений, понятий | Не знает терминов и определений | Знает термины и определения, но допускает неточности | Знает термины и определения | Знает термины и определения и может корректно сформулировать их самостоятельно |
| Знание основных методов переработки композиционных полимерных материалов | Не знает основные методы переработки полимеров | знает не все основные методы переработки композиционных полимерных материалов | знает все основные методы переработки композиционных полимерных материалов, но допускает небольшие неточности | знает все основные методы переработки композиционных полимерных материалов и их сущность |
| Объем освоенного материала | Не знает значительной части материала дисциплины | Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей | Знает материал дисциплины в достаточном объеме | Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями |
| Полнота ответов на вопросы | Не дает ответы на большинство вопросов | Дает неполные ответы на все вопросы | Дает ответы на вопросы, но не все - полные | Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы |

Оценка сформированности компетенций по показателю умения:

| | | | | |
|--|--|---|---|---|
| Умения использовать основные закономерности и особенности переработки композиционных полимерных материалов | Не умеет использовать основные закономерности и особенности переработки композиционных полимерных материалов | умеет использовать основные закономерности и особенности композиционных полимерных материалов, но допускает значительные ошибки | умеет использовать основные закономерности и особенности переработки композиционных полимерных материалов, но допускает незначительные ошибки | умеет безошибочно использовать основные закономерности и особенности переработки композиционных полимерных материалов |
| Умения прогнозировать эксплуатационн | Не умеет прогнозировать эксплуатационн | умеет прогнозировать эксплуатационн | умеет прогнозировать эксплуатационн | Умеет грамотно прогнозировать эксплуатационные |

| | | | | |
|---|--|---|---|--|
| ые свойства изделий в конкретных условиях в зависимости от типа и состава композиции и параметров переработки. | ые свойства изделий в конкретных условиях в зависимости от типа и состава композиции и параметров переработки. | ые свойства изделий в конкретных условиях в зависимости от типа и состава композиции и параметров переработки., но допускает значительные ошибки | ые свойства изделий в конкретных условиях в зависимости от типа и состава композиции и параметров переработки., но допускает незначительные ошибки | свойства изделий в конкретных условиях в зависимости от типа и состава композиции и параметров переработки |
| Оценка сформированности компетенций по показателю владения: | | | | |
| Владение способами осуществления процессов модификации композиционных полимерных материалов в процессе их переработки; технологически способами переработки композиций в изделия; методами определения оптимальных и рациональных параметров переработки КПМ. | Не владеет способами осуществления процессов модификации композиционных полимерных материалов в процессе их переработки; технологически способами переработки композиций в изделия; не владеет методами определения оптимальных и рациональных параметров переработки КПМ. | владеет способами осуществления процессов модификации полимерных композиционных материалов в процессе их переработки; технологически способами переработки композиций в изделия; не владеет методами определения оптимальных и рациональных параметров переработки КПМ. | владеет способами осуществления процессов модификации полимерных композиционных материалов в процессе их переработки; технологически способами переработки композиций в изделия; владеет методами определения оптимальных и рациональных параметров переработки КПМ, но допускает незначительные ошибки при их подборе. | владеет способами осуществления процессов модификации полимерных композиционных материалов в процессе их переработки; технологически способами переработки композиций в изделия; владеет методами определения оптимальных и рациональных параметров переработки КПМ и способен выбрать оптимальные |
| | | | | |

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

| № | Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы |
|---|---|---|
| | Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы | Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду |
| | Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, самостоятельной работы | Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук |
| | Методический кабинет | Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук |
| | учебные химические лаборатории 413,301 | лабораторные столы, вытяжные шкафы, сушильным шкафом, термостатами, магнитными мешалками, центрифугами, аналитическими весами, электролизером, электрическими плитками, фотоколориметрами, рН-метрами, вискозиметром, эструдером, копером |

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

| № | Перечень лицензионного программного обеспечения. | Реквизиты подтверждающего документа |
|---|---|---|
| | Microsoft Windows 10 Корпоративная | Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017 |
| | Microsoft Office Professional Plus 2016 | Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023 |
| | Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition» | Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г. |
| | Google Chrome | Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения |
| | Mozilla Firefox | Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения |

13.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Ключникова Н.В. Основы переработки полимерных материалов / Н.В. Ключникова, Л.Н. Наумова – Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. – 136 с. — Режим доступа:
2. Химия и физика полимеров : лабораторный практикум : учебное пособие для студентов направления подготовки 18.03.01-Химическая технология профиля "Технология и переработка полимеров" / Н. В. Ключникова, Н. В. Дробницкая. - Белгород : Издательство БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. - 175 с.
3. Наумова, Л. Н. Композиционные полимерные материалы : учебное пособие для студентов очной и заочной форм обучения направления подготовки 18.03.01 - Химическая технология / Л. Н. Наумова, Н. В. Ключникова. - Белгород : Издательство БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. - 115 с.

Перечень дополнительной литературы

1. Сутягин, В. М. Общая химическая технология полимеров : учебное пособие / В. М. Сутягин, А. А. Ляпков. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 208 с. Текст : электронный // Лань : Электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130193>
2. Нечаев, И.В. Технология получения и переработки полимерных композиционных материалов : лабораторный практикум / И. В. Нечаев, И. Н. Ягрушкина, М. В. Дюльдина, А. В. Гречухин. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2021. — 49 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : — URL: <https://www.iprbookshop.ru/111781.html>
3. Барсукова, Л. Г. Физико-химия и технология полимеров, полимерных композитов: учебное пособие / Л. Г. Барсукова, Г. Ю. Вострикова, С. С. Глазков. — Москва : Ай Пи Ар Медиа. 2021. — 144 с. — ISBN 978-5-4497-1124-3. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : — URL: <https://www.iprbookshop.ru/108353.html>
4. Назаров, В. Г. Поверхностная модификация полимеров / В. Г. Назаров. – М.: ГУП, 2008. – 474 с.

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. <http://www.knigafund.ru/>
2. <http://ntb.bstu.ru/resoursts/el/>
3. <http://e.lanbook.com/>

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20____ /20____ учебный год
без изменений / с изменениями, дополнениями

Протокол № _____ заседания кафедры от « ____ » _____ 20____ г.

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО