

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Воронежский государственный архитектурно-строительный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Директор строительно-технологического  
института

В.В. Власов  
2015 г


РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Химико-технологические процессы получения полимерных  
композиционных материалов»

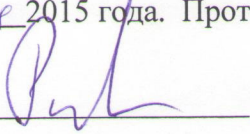
Направление подготовки 04.03.02 «Химия, физика и механика материалов»

Квалификация (степень) выпускника	<u>бакалавр</u>
Нормативный срок обучения	<u>4 года</u>
Форма обучения	<u>очная</u>

Авторы программы:  д.т.н., проф. Глазков С.С.

Программа обсуждена на заседании кафедры химии

«13» апреля 2015 года. Протокол № 9.

Зав. кафедрой  О.Б. Рудаков

Воронеж 2015

# 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Цели дисциплины

Цель преподавания технологии и переработки полимеров и композитов – сформировать основные представления о химии и физике высокомолекулярных соединений; обозначить основные отличия в свойствах полимеров от низкомолекулярных веществ, раскрыть причины различий на основе современных представлений о полимерном состоянии вещества; заложить фундамент для понимания принципов, которые лежат в основе целенаправленного синтеза, анализа и эксплуатации полимерных композиционных материалов (компетенции ОК-7, ОПК-2, ПКЗ,ПК-4).

## 1.2. Задачи освоения дисциплины

- показать и объяснить специфику полимерного состояния вещества; ознакомить студентов с моделями и подходами, принятыми для описания полимеров в различных состояниях, обозначить современные тенденции в развитии теоретических представлений, новых методов синтеза и исследования полимеров, а также в изучении характера изменения реальной структуры материалов при вариации состава и условий синтеза; обеспечить возможность деятельности, связанной с решением фундаментальных задач в области материаловедения и поиска оригинальных путей получения новых перспективных материалов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов» относится к вариативной части профессионального цикла учебного плана, является дисциплиной по выбору студента.

Требования к входным знаниям, умениям и компетенциям студента, необходимым для изучения дисциплины «Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов»:

- умение планировать и осуществлять синтез полимеров различными методами; прогнозировать свойства и эксплуатационные возможности полимеров; осуществить анализ полимеров и полимерно-композиционных материалов.

Полученные знания в курсе «Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов» необходимы для научно-исследовательской работы, а также повышения уровня профессиональных качеств.

Изучение дисциплины «Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов» требует основных знаний, умений и компетенций студента по курсам:

Общая химия, органическая химия, современная аналитическая химия, химия и физика высокомолекулярных соединений.

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов» направлен на формирование следующих компетенций:

- общекультурные (ОК): ОК-7; - общепрофессиональные (ОПК): ОПК-2;
- профессиональные (ПК): ПК- 3, ПК-4.

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:** фундаментальные основы химико-технологических процессов получения полимерных композиционных материалов; физико-химические свойства основных представителей различных классов полимеров, способы их получения и области применения; основные методы исследования полимеров и полимерно-композиционных материалов.

**Владеть:** методами оптимизации рецептурно-технологических режимов получения полимерных композиционных материалов; принципами совместимости и синергизма ингредиентов полимерных композитов, на основе теорий краевого угла смачивания и кислотно-основной теории.

**Уметь:** составлять рецептурно-технологические карты изготовления различных полимерных композитов; самостоятельно проводить экспериментальные исследования по различным темам; делать обобщения и выводы на основе полученных экспериментальных данных.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов» составляет 2 зачетные единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	28	28
В том числе:		
Лекции	14	14
Практические занятия (ПЗ)		
Лабораторные работы (ЛР)	14	14
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	44	44
В том числе:		
Курсовой проект	-	-
Контрольная работа	-	-
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	Зачет	Зачет
Общая трудоемкость час	72	72
зач. ед.	2	2

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	ВВЕДЕНИЕ	<p>В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: технология получения синтетических полимеров и выделения природных полимеров; зависимость строения полимерных молекул и свойств полимеров от метода их получения; создание материалов на основе полимеров; основные компоненты полимерных композиций и их роль в формировании свойств материалов; создание полимерных композитов; основные процессы синтеза и переработки полимеров и полимерных материалов.</p>
2	<p>Основы технологии и синтеза полимеров, их молекулярная структура и макроскопические свойства</p>	<p>Значение и роль полимерных материалов в хозяйстве страны, технически важные полимеры: эластомеры (каучуки), пластические массы, искусственные и синтетические волокна, полимерные покрытия – пленки, лаки, краски. Конструкционные материалы на основе полимеров. Их применение в различных отраслях народного хозяйства: в технике, строительстве, медицине и т.п.</p> <p>Основные мономеры для синтеза полимеров. Современные представления о механизмах синтеза полимеров. Радикальная, ионная, стереоспецифическая полимеризация. Ступенчатая полимеризация и поликонденсация. Сополимеризация. Моделирование и математическое описание процессов синтеза полимеров.</p> <p>Основные представления о способах производства полимеров. Полимеризация в растворе, эмульсии, суспензии, массе мономера, в газовой и твердой фазах. Влияние способов производства полимеров на состав полимеров.</p> <p>Молекулярная структура и макроскопические свойства полимеров. Сетчатые полимеры. Стойкость полимеров к агрессивным средам.</p>
№	Наименование раз-	Содержание раздела

п/п	дела дисциплины	
3	Свойства полимеров и материалов на их основе.	<p>Основные свойства полимеров, определяющие их переработку в изделия. Технологические свойства полимерных материалов. Реологические свойства. Взаимосвязь молекулярной структуры и технологических свойств полимерных материалов. Методы испытания полимерных материалов. Механические свойства полимерных материалов. Прочностные и деформационные свойства. Релаксационные свойства. Упругогистерезисные свойства. Долговечность и усталостная выносливость. Динамические свойства. Износостойкость. Зависимость свойств полимерных материалов от температуры. Взаимосвязь между структурой полимеров и их свойствами. Прогнозирование свойств изделий из полимеров на основе результатов испытаний полимеров.</p>
4	Основные полимеры и полимерные материалы	<p>Классификация полимерных материалов по химическому строению полимерной цепи, по технологическим и эксплуатационным характеристикам.</p> <p>Полимеры для производства пластмасс, волокон, пленок, получаемые цепной полимеризацией: полиолефины, полистирол и сополимеры стирола с другими мономерами, полиметилметакрилат, поливинилхлорид, фторопласты, полиакрилонитрил, поливинилацетат и др.</p> <p>Полимеры для производства пластмасс, волокон, пленок, покрытий, получаемые по ступенчатым реакциям.</p> <p>Натуральный и синтетические каучуки. Их получение, химическое строение, состав, выпускные формы, физические и технологические свойства, свойства вулканизатов и их применение. Взаимосвязь между структурой каучуков и их свойствами.</p> <p>Жидкие олигомеры и получение полимерных материалов на их основе. Композиции двух и более полимеров.</p>
№	Наименование раз-	Содержание раздела

п/п	дела дисциплины	
		<p>Химически модифицированные полимеры: поливиниловый спирт, поливинилацетаты, хлорированный и сульфохлорированный полиэтилен, эфиры целлюлозы, ионообменные смолы и др. Социально-экономические и экологические предпосылки развития производства и применения полимеров.</p>
5	<p>Ингредиенты полимерных композиций и их роль в формировании свойств полимерных материалов</p>	<p>Роль ингредиентов и механизм их действия в полимерах. Общие требования, предъявляемые к ингредиентам и оценка их качества. Отверждение и вулканизация как процессы формирования сетчатых полимеров. Структура сетчатого полимера, параметры сетки. Влияние структуры вулканизационной сетки на свойства конечного продукта.</p> <p>Отвердители и вулканизирующие вещества. Ускорители и активаторы отверждения и вулканизации, их классификация и влияние на структуру и свойства вулканизатов. Старение полимерных материалов под влиянием тепла, света, кислорода, озона, многократных деформаций и т.п. Методы исследования старения. Классификация противостарителей. Наполнение и наполнители. Система полимер – наполнитель. Теории усиления полимеров наполнителями. Классификация наполнителей.</p> <p>Армирование и армирующие материалы: текстиль, стекловолокна и ткани, металлокорд, асбест и др. Назначение и требования, предъявляемые к их качеству.</p>
6	<p>Общие принципы создания полимерных композиционных материалов</p>	<p>Понятие о полимерных композитах. Принципы составления рецептуры пластмасс, резин, пленок, покрытий и других полимерных материалов. Многообразие требований, предъявляемых полимерным материалам различного назначения. Технико-экономическая оценка их применения.</p> <p>Полимеры для изоляционных материалов. Оптимизация состава полимерных материалов на основе математического планирования эксперимента.</p>
№	<p>Наименование раз-</p>	<p>Содержание раздела</p>

п/п	дела дисциплины	
7	Основные процессы переработки полимеров	<p>Особенности переработки эластомеров, пластмасс и стеклопластиков, лакокрасочных материалов, покрытий, пленок. Подготовительные стадии производств. Приготовление полимерных смесей. Реологические свойства смесей и методы их определения. Теории процесса смешения и диспергирования, моделирование, математическое описание процесса. Классификация методов переработки полимеров. Переработка в твердом и вязкотекучем состояниях, в растворе полимеров, водных дисперсиях, из олигомеров. Технология изготовления изделий пневмоформованием, вакуумформованием, механопневмоформованием, штамповкой.</p> <p>Технология изготовления изделий литьем под давлением. Уравнение состояния, изменение температуры и давления в форме, особенности течения материала в форме.</p> <p>Технология получения пленочных материалов поливом из раствора.</p> <p>Технология изготовления изделий из армированных пластмасс (стеклопластиков). Изготовление труб и емкостей намоткой.</p> <p>Технология переработки олигомеров в изделия. Технология изготовления газонаполненных, пенистых, ячеистых полимеров.</p> <p>Соединение деталей из полимеров: механическое, склеиванием, сваркой, приформовкой. Обработка и отделка изделий. Окрашивание, печатание, тиснение. Методы неразрушающего контроля качества изделий.</p> <p>Пути интенсификации производственных процессов. Статическая электризация. Полимерные клеи. Характеристика процесса растворения полимера. Виды клеев. Области применения клеев. Пропитывание тканей клеями. Крепление полимеров к металлам, полимерам, дереву, стеклу, тканям и к другим материалам.</p>
№	Наименование раз-	Содержание раздела

п/п	дела дисциплины	
7	Основные процессы переработки полимеров	<p>Латексные и другие адгезивы для крепления к тканям.</p> <p>Вулканизация. Влияние различных факторов на процесс вулканизации (среда, температура, давление и др.). Способы вулканизации, контроль и автоматическое управление процессом. Отверждение реактопластов.</p> <p>Изготовление полимерных изделий из латекса. Коллоидно-химические свойства латексов и их влияние на технологию производства изделий. Методы изготовления изделий из латекса: макиание, ионное отложение, желатинирование.</p> <p>Методы получения и технические виды регенератов. Способы вторичного использования полимеров, их технико-экономическая оценка.</p>

## 5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин				
		1	2	3	4	5
1.	Дисциплины профильной направленности	+	+	+	+	+

## 5.3. Разделы дисциплины и виды занятий



№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Семестр 8				
		Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего час.
1.	ВВЕДЕНИЕ	2	-		3	5
2.	Основы технологии и синтеза полимеров, их молекулярная структура и макроскопические свойства	2	-	4	7	13
3.	Свойства полимеров и материалов на их основе.	2	-	4	7	13
4.	Основные полимеры и полимерные материалы	2	-	-	7	9
5.	Ингредиенты полимерных композиций и их роль в формировании свойств полимерных материалов	2	-	4	7	13
6.	Общие принципы создания полимерных композиционных материалов	2	-	2	7	11
7.	Основные процессы переработки полимеров	2	-	-	6	8

## 6. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Семестр 8	Трудоемкость (час)
		Наименование лабораторных работ	
1.	2	Техника безопасности и правила работы в химической лаборатории. Получение клеящей латексной композиции.	4
2.	3	Определение сухого остатка латекса и клеящей латексной композиции. Определение поверхностного натяжения методом отрыва кольца.	4
3.	5	Получение наполненных латексных композиций	4
4.	6	Получение древесно-полимерных композитов	2

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО

## И ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 7.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

№ п/п	Компетенция (общекультурная – ОК; профессиональная - ПК)	Форма контроля	Семестр
1	ОК-7. Способностью к самоорганизации и самообразованию. ОПК-2. Способностью использовать практические навыки экспериментальной работы в областях химии и физики высокомолекулярных соединений. ПК-3,4. Готовностью использовать общие представления о структуре химико-технологических систем и типовых химико-технологических процессов для анализа взаимодействия технологий и окружающей среды; способностью к оптимизации и реализации основных технологий получения современных материалов.	Тестирование (Т) Зачет	8

### 7.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Дескриптор компетенции	Показатель оценивания	Форма контроля					
		РГ Р	К Л	К Р	Т	Зачет	Эк- за- мен
Знает	Фундаментальные основы химико-технологических процессов получения полимерных композиционных материалов; физико-химические свойства основных представителей различных классов полимеров, способы их получения и области применения; основные методы исследования полимеров и полимерно-композиционных материалов. (ОК-7, ОПК-2, ПК-3,4).				+	+	
Умеет	Составлять рецептурно-технологические карты изготовления различных полимерных композитов; самостоятельно проводить экспериментальные исследования по различным темам; делать обобщения и выводы на основе полученных экспериментальных данных. (ОК-7, ОПК-2, ПК-3,4)				+	+	
Владеет	Методами оптимизации рецептурно-				+	+	

технологических режимов получения полимерных композиционных материалов; принципами совместимости и синергизма ингредиентов полимерных композитов, на основе теорий краевого угла смачивания и кислотно-основной теории. (ОК-7, ОПК-2, ПК-3,4)						
---	--	--	--	--	--	--

### 7.2.1. Этап текущего контроля знаний

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по пятибальной шкале с оценками:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно»;
- «не аттестован».

Дескриптор компетенции	Показатель оценивания	Оценка	Критерий оценивания
Знает	Фундаментальные основы химико-технологических процессов получения полимерных композиционных материалов (ОК-7, ОПК-2, ПК-3,4)	отлично	Полное или частичное посещение лекционных и лабораторных занятий. Выполненные ТЗ на оценки «отлично».
Умеет	Составлять рецептурно-технологические карты изготовления различных полимерных композитов (ОК-7, ОПК-2, ПК-3,4)		
Владеет	Методами оптимизации рецептурно-технологических режимов получения полимерных композиционных материалов (ОК-7, ОПК-2, ПК-3,4)		
Знает	Фундаментальные основы химико-технологических процессов получения полимерных композиционных материалов (ОК-7, ОПК-2, ПК-3,4)	хорошо	Полное или частичное посещение лекционных и лабораторных занятий. ТЗ на оценки «хорошо».
Умеет	Составлять рецептурно-технологические карты изготовления различных полимерных композитов (ОК-7, ОПК-2, ПК-3,4)		
Владеет	Методами оптимизации рецептурно-технологических режимов получения полимерных композиционных материалов (ОК-7, ОПК-2, ПК-3,4)		
Знает	Фундаментальные основы химико-технологических процессов получения полимерных композиционных материалов	удовлетвори-	Полное или частичное посеще-

<b>Дескриптор компетенции</b>	<b>Показатель оценивания</b>	<b>Оценка</b>	<b>Критерий оценивания</b>
	(ОК-7, ОПК-2, ПК-3,4)	тельно	ние лекционных и лабораторных занятий. Удовлетворительные выполненные ТЗ.
Умеет	Составлять рецептурно-технологические карты изготовления различных полимерных композитов (ОК-7, ОПК-2, ПК-3,4)		
Владеет	Методами оптимизации рецептурно-технологических режимов получения полимерных композиционных материалов (ОК-7, ОПК-2, ПК-3,4)		
Знает	Фундаментальные основы химико-технологических процессов получения полимерных композиционных материалов (ОК-7, ОПК-2, ПК-3,4)	неудовлетворительно	Частичное посещение лекционных и лабораторных занятий. Неудовлетворительно выполненные ТЗ.
Умеет	Составлять рецептурно-технологические карты изготовления различных полимерных композитов (ОК-7, ОПК-2, ПК-3,4)		
Владеет	Методами оптимизации рецептурно-технологических режимов получения полимерных композиционных материалов (ОК-7, ОПК-2, ПК-3,4)		
Знает	Фундаментальные основы химико-технологических процессов получения полимерных композиционных материалов (ОК-7, ОПК-2, ПК-3,4)	не аттестован	Непосещение лекционных и лабораторных занятий. Невыполненные ТЗ.
Умеет	Составлять рецептурно-технологические карты изготовления различных полимерных композитов (ОК-7, ОПК-2, ПК-3,4)		
Владеет	Методами оптимизации рецептурно-технологических режимов получения полимерных композиционных материалов (ОК-7, ОПК-2, ПК-3,4)		

**7.3. Примерный перечень оценочных средств ( типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

**7.3.1. Примерная тематика РГР**

Не предусмотрена

**7.3.2. Примерная тематика и содержание КР**

Не предусмотрена

**7.3.3. Вопросы для коллоквиумов**

Не предусмотрены

**7.3.4. Задания для тестирования**

***Тема: Технология получения синтетических полимеров и выделения природных полимеров***

1. Полимеры, свойства и строение которых после нагревания и последующего охлаждения не меняются, называются:
  - а) термоактивными
  - б) термоэластопластичными
  - в) термопластичными
  - г) терморезистивными
2. Если полимер представляет собой структуры, состоящие из макромолекулярных цепей, соединенных между собой посредством поперечных мостиков, состоящих из атомов или групп атомов, то этот полимер называется:
  - а) разветвленным
  - б) сетчатым
  - в) линейным
  - г) кольцевым
3. При повышенных температурах полимеры подвергаются следующему виду деструкции:
  - а) химической
  - б) фотолитической
  - в) окислительной
  - г) термической
4. Органические соединения с двумя реакционно-способными группами являются:
  - а) полифункциональными
  - б) монофункциональными
  - в) олигофункциональными
  - г) бифункциональными
5. Если основная цепь макромолекулы полимера содержит только атомы углерода, то этот полимер:
  - а) сшитый
  - б) карбоцепной
  - в) пространственный
  - г) гетероцепной
6. Реакции получения полимеров по своему характеру подразделяются на:
  - а) цепные и ступенчатые
  - б) катионные, анионные и ионокоординационные
  - в) катионные и анионные
  - г) свободно-радикальные и ионные
7. Беспорядочное взаимное расположение макромолекул обуславливает структуру:
  - а) упорядоченную
  - б) кристаллическую
  - в) аморфную
  - г) смешанную
8. Процесс, позволяющий получить изделия с большей эластичностью и меньшей хрупкостью, называется:
  - а) «сшивание»
  - б) пластификацией
  - в) наполнением
  - г) стабилизацией
9. ... - строго определенное пространственное расположение атомов в молекуле, не изменяющееся в процессе теплового движения:
  - а) структура
  - б) конформация
  - в) изомерия
  - г) конфигурация
10. Полимеры, которые при нагревании приобретают пространственную структуру, необратимо теряя способность плавиться и растворяться, называются:

- а) термореактивными                      в) сетчатыми  
 б) термопластичными                    г) термоактивными
11. Полимеры, содержащие ассиметричные атомы углероды могут быть пространственно упорядоченными, т.е.:
- а) стереорегулярными                    в) стереонерегулярными  
 б) кристаллическими                    г) атактическими
12. Потеря первоначальных физико-химических свойств полимером с течением времени – это:
- а) дегидрирование                      в) эксплуатация  
 б) старение                                  г) пластификация
13. К природному полимеру не относится:
- а) лигнин                                      в) целлюлоза  
 б) гуттаперча                                г) тефлон
14. В зависимости от способа получения и молекулярной массы различают два вида полиэтилена:
- а) плотный и пористый                    в) низкого и высоко давления  
 б) конденсац. и полимеризационный    г) низкой и высокой температуры
15. При получении полиэтилена высокой плотности в качестве катализатора используются:
- а) окись хрома                              в)  $H_2SO_4$   
 б) катализатор Циглера-Натта            г) Pt, Pd

### ***Тема: Основы технологии синтеза полимеров***

1. Процесс образования высокомолекулярного вещества путем соединения друг с другом исходных низкомолекулярных веществ:
- а) полимеризация                      в) алкилирование  
 б) диспропорционирование    г) галогенирование
2. Полимеризация олефинов в зависимости от механизма может быть двух видов:
- а) радикальная и сополимерная    в) радикальная и каталитическая  
 б) изомерная и каталитическая    г) сополимерная и изомерная
3. Реакция полимеризации не характерна для:
- а) альдегидов                              в) алкенов  
 б) кетонов                                    г) алкадиенов
4. Выделяют .... стадии полимеризации:
- а) 2    в) 4  
 б) 3    г) 5
5. Реакцию, в которую вступают смеси мономеров называют смешанной полимеризацией или:
- а) димеризацией                          в) сополимеризацией  
 б) тримеризацией                        г) ионизацией
6. Заключительной стадией полимеризации является:
- а) ингибирование                        в) инициирование

- б) обрыв цепи                                      г) пластификация
7. Исходные низкомолекулярные вещества в процессе полимеризации называются:
- а) олигомеры                                      в) димеры  
б) мономеры                                        г) тримеры
8. Полимеризация, которая протекает под действием протондонорных катализаторов называется:
- а) катионной                                      в) радикальной  
б) анионной                                        г) сополимерной
9. Отношение скоростей прямой и обратной реакций при полимеризации называют:
- а) степенью полимеризации                  в) константой равновесия  
б) константой растворимости              г) ростом цепи
10. Цепная молекула полимера называется:
- а) макромолекулой                              в) мегамолекулой  
б) мономером                                      г) изомером
11. Отличительной особенностью полимеров является:
- а) износостойкость                              в) термоустойчивость  
б) низкая химическая активность      г) большая молекулярная масса
12. К образованию ВМС приводят:
- а) полимеризация и поликонденсация  
б) ингибирование и поликонденсация  
в) катализ и полимеризация  
г) поликонденсация и катализ
13. Процесс образования полимера из низкомолекулярного соединения, содержащего две или несколько функциональных групп с выделением простого вещества, называется:
- а) поликонденсация                              в) полимеризация  
б) олигомеризация                              г) димеризация
14. Величина, указывающая на число мономерных звеньев, образующих макромолекулу называется:
- а) масса полимеризации                      в) уровень полимеризации  
б) число полимеризации                      г) степень полимеризации
15. Если основная цепь полимера имеет боковые ответвления меньшей длины, чем основная цепь, состоящие также из элементарных звеньев, то такой полимер называется:
- а) разветвленным                              в) пространственным  
б) сетчатым                                        г) линейным

***Потеме: Свойства полимеров и материалов на их основе***

1. Процесс образования высокомолекулярного вещества путем соединения друг с другом исходных низкомолекулярных веществ:
- а) полимеризация                              в) алкилирование  
б) диспропорционирование                  г) галогенирование

2. Полимеризация олефинов в зависимости от механизма может быть двух видов:
- а) радикальная и сополимерная
  - б) изомерная и каталитическая
  - в) радикальная и каталитическая
  - г) сополимерная и изомерная
3. Реакция полимеризации не характерна для:
- а) альдегидов
  - б) кетонов
  - в) алкенов
  - г) алкадиенов
4. Для улучшения механических свойств полимеров в их состав вводят:
- а) разрыхлители
  - б) наполнители
  - в) катализаторы
  - г) стабилизаторы
5. К синтетическим полиамидным волокнам относятся:
- а) вискоза, лавсан, капрон
  - б) капрон, нейлон, энант
  - в) только капрон
  - г) нейлон, лавсан, капрон
6. Высокомолекулярные кремний-органические соединения придают материалам гидрофобность, т.е. образуют пленку, которая:
- а) отталкивает воду
  - б) усиливает термоустойчивость
  - в) защищает от коррозии
  - г) придает негорючесть
7. Синтетические волокна особо широко применяются нами в:
- а) медицине
  - б) текстильной промышленности
  - в) строительстве
  - г) металлургии
8. Высокомолекулярные соединения из которых получают лавсан – это:
- а) полиен
  - б) полиуретан
  - в) полиэфир
  - г) полиол
9. Капрон получают полимеризацией:
- а) этилена
  - б) формальдегида
  - в) виниловых эфиров
  - г) капролактама
10. На основе феноло-формальдегидных смол получают:
- а) фторопласты
  - б) фенопласты
  - в) пенопласты
  - г) пентапласты
11. При поликонденсации формальдегида с мочевиной или меламином получают:
- а) фенолформальдегидные смолы
  - б) параформ
  - в) карбонидные смолы
  - г) изопрен
12. Фенолформальдегидные смолы – это продукты поликонденсации:
- а) фенола и формальдегида
  - б) нафтола и ацетальдегида
  - в) фенола и ацетальдегида
  - г) нафтола и формальдегида
13. Тефлон относится к:
- а) хлоропластам
  - б) полиэфирам
  - в) полиенам
  - г) фторопластам
14. Вещества, которые предотвращают прилипание полимера к оборудованию – это:
- а) соосажающие вещества
  - б) отвердители
  - в) индикаторы
  - г) смазывающие вещества



15. Катализатор – диэтилалюминийхлорид, применяемый при производстве полипропилена считается особо опасным соединением. Почему:

- а) при контакте с водой и кислородом он взрывается
- б) не реагирует с водой
- в) не реагирует с кислородом

***Тема: Основные полимеры и полимерные материалы***

1. Сущность, какого процесса заключается в образовании новых поперечных связей между полимерными цепями:

- а) изомеризация
- б) олигомеризация
- в) вулканизация
- г) полимеризация

2. Технический продукт превращения каучука:

- а) гуттаперча
- б) ликопин
- в) резина
- г) латекс

3. Фамилия ученого, разработавшего промышленный метод производства бутадиенового каучука:

- а) П. Карнер
- б) С.В. Лебедев
- в) Д.И. Менделеев
- г) Г. Вильямс

4. Первый промышленный метод производства бутадиенового каучука был разработан в:

- а) СССР
- б) Англии
- в) США
- г) Германии

5. В состав силиконовых каучуков входит:

- а) фосфор
- б) алюминий
- в) кремний
- г) азот

6. Натуральный каучук получают из молочного сока:

- а) хлебного дерева
- б) гивеи
- в) одуванчика
- г) секвойи

7. Прозрачная пленка, получаемая из вискозы – это:

- а) полиэтилен
- б) лавсан
- в) капрон
- г) целлофан

8. Структурное звено – это

- а) многократно повторяющаяся в макромолекуле группа атомов
- б) молекула вещества, из которого синтезируют полимер
- в) часть макромолекулы полимера

9. Для полимеров, полученных реакцией полимеризации, мономер и структурное звено имеют

- а) одинаковое строение
- б) одинаковые состав и строение
- в) одинаковый состав

10. Кристалличность полимеров означает, что

- а) макромолекулы полимеров имеют форму кристаллов
- б) такие полимеры – твердые вещества

в) макромолекулы полимера расположены упорядоченно

11. Молекулярная масса полимера – это

- а) средняя величина, поскольку массы отдельных молекул различны
- б) приближенная величина
- в) постоянная величина

12. Линейные полимеры при нагревании

- а) сразу подвергаются химическому разложению
- б) сначала размягчаются, образуют вязкотекучую жидкость, затем разлагаются
- в) сначала размягчаются, образуют вязкотекучую жидкость, затем переходят в газообразное состояние

13. Полимер – это

- а) соединение большой молекулярной массы
- б) продукт реакции полимеризации
- в) высокомолекулярное соединение, состоящее из многократно повторяющихся групп атомов

14. Для полимеров, полученных в результате реакции полимеризации, мономер и структурное звено различаются

- а) составом
- б) количеством атомов водорода
- в) строением

15. Аморфное состояние полимера характеризуется

- а) вязкостью
- б) отсутствием упорядоченности макромолекул
- в) изменением молекулярной массы

***Потеме: Ингредиенты полимерных композиций и их роль в формировании свойств полимерных материалов***

1. При нагревании сетчатых полимеров происходит

- а) размягчение полимера, переход в вязкотекучее состояние, а затем разложение
- б) переход полимера из твердого состояния в жидкое
- в) разложение молекул полимера без перехода в вязкотекучее состояние

2. Растворяются полимеры

- а) линейного строения
- б) пространственного (сетчатого) строения
- в) линейного и разветвленного строения

3. Полимеры не имеют определенной точки плавления, потому что

а) степень полимеризации полимера колеблется в определенном интервале, а значит, сила, способная нарушить взаимодействие между этими макромолекулами, переменна

б) макромолекулы полимера неодинаковы по ширине

в) невозможно точно определить точку плавления

4. Широкое применение полимеров обусловлено сочетанием:

а) легкости, химической стойкости и высокой механической прочности

б) растворимости, легкости, термостойкости

в) пластичности, термостойкости, растворимости

5. Процесс образования полимера из низкомолекулярного соединения, содержащего две или несколько функциональных групп с выделением простого вещества, называется:

а) поликонденсация

в) полимеризация

б) олигомеризация

г) димеризация

6. Величина, указывающая на число мономерных звеньев, образующих макромолекулу называется:

а) масса полимеризации

в) уровень полимеризации

б) число полимеризации

г) степень полимеризации

7. Если основная цепь полимера имеет боковые ответвления меньшей длины, чем основная цепь, состоящие также из элементарных звеньев, то такой полимер называется:

а) разветвленным

в) пространственным

б) сетчатым

г) линейным

8. В качестве мономера в реакциях полимеризации используют соединения, содержащие:

а) кратные связи

б) карбоксильные группы

в) –ОН группы

г) водородные связи

9. К синтетическим неорганическим полимерам относятся:

а) целлюлоза

б) кварц

в) корунд

г) алмаз

10. К неорганическим полимерам относятся:

а) фосфор красный

б) параформ

в) йод

г) сера

11. К карбоцепным полимерам, цепь которых состоит только из атомов углерода, относятся:

а) полипропилен

б) капрон

в) крахмал

г) полиуретан

12. К природным полимерам относятся:

а) гормоны

б) нуклеиновые кислоты

в) витамины

г) дисахариды

13. Среди перечисленных понятий химии ВМС лишними являются:

- а) сополимеризация                      б) гомополимеризация  
в) поликонденсация                      г) диетиляция

14. Основную массу промышленно ваннных полимеров получают:

- а) поликонденсацией                      б) вулканизацией  
в) полимеризацией                      г) сополимеризацией

15. Полимеры, в молекулах которых звенья цепи располагаются в определенном порядке, называются:

- а) сшитыми                                      б) стереорегулярными  
в) атактическими                              г) привитыми

### ***Тема: Общие принципы создания полимерных композиционных материалов***

1. Стабилизаторами называют вещества \_\_\_\_\_

- а) поддерживающие постоянные свойства материала;  
б) обезвреживающие агрессивные компоненты среды;  
в) изолирующие полимеры от внешней среды;  
г) снижающие скорость взаимодействия материала со средой.

2. Волокно капрон обладает следующими свойствами:

- а) устойчивость к истиранию, действию кислот и щелочей, теплостойкость  
б) износостойкость, малая устойчивость к действию кислот, небольшая теплостойкость  
в) износостойкость, растворимость в воде, теплостойкость

3. При получении волокна лавсан и капрон расплавленную смолу продавливают через фильеры для того, чтобы

- а) ориентировать макромолекулы вдоль оси волокна  
б) получить тонкую нить  
в) отделить друг от друга макромолекулы

4. Процесс образования полимера из низкомолекулярного соединения, содержащего две или несколько функциональных групп с выделением простого вещества, называется:

- а) поликонденсация                      в) полимеризация  
б) олигомеризация                      г) димеризация

5. Величина, указывающая на число мономерных звеньев, образующих макромолекулу называется:

- а) масса полимеризации                      в) уровень полимеризации  
б) число полимеризации                      г) степень полимеризации

6. Если основная цепь полимера имеет боковые ответвления меньшей длины, чем основная цепь, состоящие также из элементарных звеньев, то такой полимер называется:

- а) разветвленным                                  в) пространственным  
б) сетчатым    г) линейным

7. Механическая прочность полимеров повышается путем добавления в них веществ, которые называются:

- а) ингибиторы; б) антиоксиданты; в) наполнители; г) пластификаторы.

8. Волокно лавсан характеризуется следующими свойствами:

- а) большая прочность, износостойкость, свето- и термостойкость, устойчивость к действию концентрированных кислот и щелочей.  
б) большая прочность, износостойкость, свето- и термостойкость, устойчивость к действию кислот и щелочей средней концентрации  
в) износостойкость, свето- и термостойкость, кислотостойкость, электропроводность

9. Волокно лавсан относится к

- а) полиэфирным волокнам  
б) полиамидным волокнам  
в) искусственным волокнам

10. Волокно капрон получают по реакции:

- а) полимеризации                  б) обмена                  в) поликонденсации

11. Недостатками капрона являются:

- а) малая износостойкость и прочность  
б) малая кислото – и теплостойкость  
в) водонепроницаемость и малая теплостойкость

12. В производстве волокон лавсан и капрон их вытягивают на вращающихся с разной скоростью барабанах для того, чтобы

- а) увеличить ориентацию макромолекул, степень кристалличности полимера и, следовательно, прочность  
б) распрямить макромолекулы полимера и получить как можно более тонкую нить  
в) получить макромолекулы полимера близкие по молекулярной массе, т.е. получить как можно более однородный полимер

13. Для повышения эластичности и устранения хрупкости в полимерные композиции вводят:

- а) стабилизаторы;          б) пластификаторы;          в) инициаторы;          г) отвердители.

14. Полимерные волокна, образующиеся в результате обработки целлюлозы уксусным ангидридом, называются:

- а) искусственными                  б) химическими  
в) натуральными          г) синтетическими

15. Основную массу промышленно важных полимеров получают:

- а) поликонденсацией    б) вулканизацией
- в) полимеризацией     г) сополимеризацией

***По теме: Основные процессы переработки полимеров***

1. Элементарным звеном полимерного клея ПВА является остаток:
  - а) винилового спирта    б) винилацетата
  - в) пропилена    г) бутадиена
2. Макромолекулы вулканизированного каучука в отличие от натурального имеют следующую структуру:
  - а) линейную    б) стереорегулярную    в) сетчатую    г) разветвленную
3. Продукт вулканизации каучука, содержащий  $< 5\%$  серы называется:
  - а) латекс    б) резина    в) эбонит    г) резол
4. При нагревании белков в водных растворах кислот и щелочей происходит:
  - а) окисление    б) денатурация    в) деструкция    г) гидролиз
5. Макромолекулы природного каучука имеют \_\_\_\_\_ структуру:
  - а) линейную    б) лестничную    в) разветвленную    г) неупорядоченную
6. Процесс изменения свойств полимеров во времени влиянием внешних условий в процессе эксплуатации называется:
  - а) деформацией    б) эрозией    в) тиксотропией    г) старением
7. Для повышения эластичности и устранения хрупкости в полимерные композиции вводят:
  - а) стабилизаторы    б) пластификаторы    в) инициаторы    г) отвердители
8. Получение ацетатного шелка из целлюлозы возможно благодаря наличию в ней:
  - а) метиленовых групп    в) циклических фрагментов;
  - б) эпоксидных групп    г) гидроксильных групп.
9. Пластмассы состоят из:
  - а) полимера, красителя, наполнителя и серы
  - б) полимера, стабилизатора, пластификатора и отходов деревообработки
  - в) цемента, алюминиевой пудры, порошка известняка и стабилизатора
  - г) битума, песка, щебенья и отходов получения синтетического каучука.
10. Лак от латекса отличается тем, что:
  - а) система первого содержит отдельные молекулы полимеров в растворителе, а система второго содержит агрегаты молекул полимера в воде
  - б) система первого – это раствор полимера, а система второго коллоидный раствор полимера
  - в) система первого – полимер, разбавленный растворителем, а система второго взвесь полимера

г) первая система содержит олигомер в растворителе, а вторая содержит один полимер

11. Полимербетоны – это композиционные материалы, \_\_\_\_\_

- а) обладающие высокой прочностью;
- б) состоящие из терморезактивного полимера и красителя;
- в) полученные прессованием под давлением;
- г) состоящие из полимера, мелкого заполнителя и добавок.

12. Терморезактивные клеи образуют прочный клеевой шов в результате \_\_\_\_\_

- а) термообработка клеевого шва;
- б) внесения в клеевую композицию отвердителей;
- в) склеивания разнородных поверхностей;
- г) склеивания специально обработанных материалов.

13. Адгезия – это \_\_\_\_\_

- а) прилипание;
- б) перемешивание;
- в) скручивание молекул полимера;
- г) нейтрализация.

14. Лаки применяют для \_\_\_\_\_

- а) создания красивой и гигиеничной поверхности;
- б) защита от влаги и света;
- в) упрочнение материала;
- г) для имитации другого материала.

15. Способы формования изделий

- а) каландрирование, экструзия, грануляция;
- б) литье под давлением, таблетирование, охлаждение;
- в) прессование, экструзия, вакуум-формование;
- г) литье под давлением, охлаждение, вакуум-формование.

### 7.3.5. Вопросы для зачета

1. Технология получения синтетических и природных полимеров.
2. Основные процессы синтеза и переработки полимеров и полимерных материалов. Их роль в промышленности, технике, строительстве.
3. Радикальная, ионная, стереоспецифическая полимеризация.
4. Ступенчатая полимеризация и поликонденсация. Характеристика равновесной и неравновесной поликонденсации.
5. Взаимосвязь молекулярной структуры и технологических свойств полимерных материалов.
6. Варианты технологических процессов производства фторопластов.
7. Варианты способов и технологических процессов получения производства пластических масс и других полимерных материалов на основе полиакрилатов.

8. Химия и технология производства анилиноформальдегидных смол.
9. Варианты технологических процессов производства карбамидных, меламиноформальдегидных смол и материалов из них.
10. Варианты технологических процессов производства лавсана, его структурных аналогов, полиарилатов и поликарбонатов, модифицированных и немодифицированных алкидных смол.
11. Химия и технология производства ненасыщенных полиэфиров и материалов на их основе.
12. Варианты технологических процессов производства полиамидов.
13. Варианты технологических процессов производства пенополиуретанов с разной кажущейся плотностью.
14. Полимерные материалы на основе полиуретанов.
15. Варианты технологических процессов производства диановых эпоксидных смол, модифицированных эпоксидных смол, полиэпоксидных смол.
16. Отверждение эпоксидных смол разными способами.
17. Варианты технологических процессов производства полиорганосилоксанов в промышленности и материалы на их основе.
18. Материалы на основе ароматических полиимидов.
19. Химия и технология производства катионитов разных марок разными методами.
20. Химия и технология производства вискозы и полимерных материалов из нее.
21. Химия и технология производства коллоксилина и полимерных материалов из него.
22. Образование нелинейных полимеров и сеток. Сшивание полимерных цепей. Вулканизация каучуков. Формирование полимерных изделий из реакционно-способных полимеров.
23. Натуральные и синтетические каучуки. Взаимосвязь между структурой каучуков и их свойствами.
24. Жидкие олигомеры и получение полимерных материалов на их основе.
25. Подготовка композиций к формованию.
26. Способы формования изделий и краткое описание агрегатов, используемых на практике.
27. Полимербетоны. Приведите формулы полимеров, наиболее широко используемых для их приготовления.
28. Древесные пластики, их достоинства и использование.
29. Клеящие материалы и требования, предъявляемые к ним.
30. Адгезия, основные теории адгезии.
31. Клеевые композиции: состав, состояние, технология применения.



32. Защитные и декоративные свойства пленкообразующих и лакокрасочных материалов.

33. Полимерные клеи. Характеристика процесса растворения полимера. Виды клеев. Области применения клеев.

34. Изготовление полимерных изделий из латекса. Коллоидно-химические свойства латексов и их влияние на технологию производства изделий.

35. Способы вторичного использования полимеров, их технико-экономическая оценка.

### 7.3.6. Вопросы для экзамена

Не предусмотрены

### 7.3.7. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Основы получения полимерных материалов	ОК-7, ОПК-2, ПК-3,4	Тестирование (Т)
2	Общая химическая технология поликонденсационных полимеров	ОК-7, ОПК-2, ПК-3,4	Тестирование (Т)
3	Общая химическая технология полимеризационных полимеров	ОК-7, ОПК-2, ПК-3,4	Тестирование (Т)
4	Технология получения привитых (со)полимеров	ОК-7, ОПК-2, ПК-3,4	Тестирование (Т)
5	Высокоэффективные технологические процессы получения полимерных материалов	ОК-7, ОПК-2, ПК-3,4	Тестирование (Т) Зачет

### 7.4. Порядок процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности на этапе промежуточного контроля знаний

Зачет может проводиться по итогам текущей успеваемости и сдачи тестовых заданий и (или) путем организации специального опроса, проводимого в устной и (или) письменной форме.

Во время проведения зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочными таблицами и вычислительной техникой.

**8. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), РАЗРАБОТАННОГО НА КАФЕДРЕ**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование издания</b>	<b>Вид издания (учебник, учебное пособие, методические указания, компьютерная программа)</b>	<b>Автор (авторы)</b>	<b>Год издания</b>	<b>Место хранения и количество</b>
1	Высокомолекулярные соединения	Метод. указания к внеаудиторной самостоят. работе	Л.Г. Барсукова, С.С. Глазков.	2011	Библиотека. 180 экз.
2	Высокомолекулярные соединения	Метод. указания к выполнению лабораторных работ	Л.Г. Барсукова, С.С. Глазков.	2012	Библиотека. 40 экз.
3	Физико-химия и технология полимеров, полимерных компози- тов	Учебное пособие	Барсукова Л.Г., Вострикова Г.Ю., Глазков С.С.	2014	Библиотека – 138экз.,

**9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

<b>Вид учебных занятий</b>	<b>Деятельность студента</b>
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Желательно оставлять поля для внесения дополнений, поправок или фиксации собственных мыслей по данной записи, возможно не-

	совпадающих с авторской точкой зрения. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Практические занятия	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Знакомство с информацией по заданной теме, размещенной в интернете, выполнение домашних заданий, решение тестовых упражнений.
Тестирование	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, предлагаемым студентам после каждой лекции.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и примеры разбираемых на практических занятиях тестовых заданий.

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **10.1 Основная литература:**

- 1 Семчиков, Юрий Денисович. Высокомолекулярные соединения [Текст] : учебник для вузов : допущено МО РФ / Семчиков, Юрий Денисович. - 5-е изд., стер. - М. : Academia, 2010 (Саратов : Саратов. полиграф. комбинат, 2009). - 367 с.
- 2 Барсукова Лариса Георгиевна, Вострикова Галина Юрьевна, Глазков Сергей Сергеевич Физико-химия и технология полимеров, полимерных композитов: учебное пособие. - Воронеж : [б. и.], 2014 -140 с.
- 3 Высокомолекулярные соединения: метод. указания к выполнению лабораторных работ/ Воронеж. гос. арх.- строит. ун-т; сост. : Л.Г. Барсукова, С.С. Глазков.- 2012
- 4 Высокомолекулярные соединения: метод. указания к внеаудиторной самостоят. работе/ Воронеж. гос. арх.- строит. ун-т; сост. : Л.Г. Барсукова, С.С. Глазков.- 2011

## 10.2 Дополнительная литература:

1. Физика. Том 3. Строение и свойства вещества (2010, Бутиков Е.И., Кондратьев А.С., Уздин В.М., Физматлит) .- ЭБС IPRbooks
2. Физика макросистем. Основные законы. Учебное пособие (2012, Иродов И.Е., БИНОМ. Лаборатория знаний) .- ЭБС IPRbooks
3. Химия привитых поверхностных соединений (2004, Лисичкин Г.В., Фадеев А.Ю., Сердан А.А., Нестеренко П.Н., ред. Лисичкин Г.В., Физматлит) .- ЭБС IPRbooks

## 10.3 Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Чтение лекций осуществляется с использованием презентаций в программе «Microsoft PowerPoint».

### *Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:*

1. Свободная энциклопедия <http://www.wikipedia.org>
2. Chemnet - официальное электронное издание Химического факультета МГУ <http://www.chem.msu.ru/rus>
3. справочно-информационный сайт по получению полимеров <http://www.e-plastic.ru>
4. [www.e-plastic.ru](http://www.e-plastic.ru)
5. [www.kniga-free.ru](http://www.kniga-free.ru)
6. [www.chemistry.nglib.ru](http://www.chemistry.nglib.ru)
7. [www.oglibrary.ru](http://www.oglibrary.ru)
8. [www.readnewbook.ru](http://www.readnewbook.ru)
9. [www.universal-p.ru](http://www.universal-p.ru)
10. [www.by-chgu.ru](http://www.by-chgu.ru)
11. [www.inorgchem.nglib.ru](http://www.inorgchem.nglib.ru)
12. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
13. [www.chem.msu.ru/rus](http://www.chem.msu.ru/rus)

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Шкаф с вытяжной вентиляцией - ауд. 6421
2. Ионномер И-160 - ауд. 6421
3. Электродпечь сопротивления СНОЛ - ауд. 6426
4. Прибор для определения поверхностного натяжения - ауд. 6426
5. Лабораторная химическая посуда - ауд. 6421
6. Аквадистиллятор - ауд. 6422

Технические средства обучения

1. Ноутбук - отдел инновационных образовательных программ
2. Медиапроектор

## **12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (образовательные технологии)**

1. Чтение лекций осуществлять с использованием демонстрационных материалов и презентаций в программе «Microsoft Power Point», а также сопровождать ссылками на рекомендуемую литературу.
2. Выполнения лабораторных работ проводить с использованием лабораторного практикума, где отражены рекомендации по их выполнению и защите.
3. Подготовка тем для самостоятельной работы студентов, докладов и сообщений по тематике лекционного материала.
4. При текущей аттестации проводить контроль знаний студентов с помощью тестовых заданий.
5. При условии защиты студентом выполненных лабораторных работ и сдачи тестовых заданий студент допускается к сдаче зачета.
6. Зачет проводить в устно-письменной форме, который включает подготовку студента, ответы на теоретические вопросы и решение им химико-технологических задач. По итогам выставить оценку (в зависимости от установленного в Положении о текущей и итоговой аттестации вуза).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ПрОПОП ВО по направлению подготовки 04.03.02 Химия, физика и механика материалов

**Руководитель основной образовательной программы**

Доцент кафедры химии, к.х.н., доцент \_\_\_\_\_ О.В.Артамонова

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией строительного технологического института «\_\_» \_\_\_\_\_2015 г., протокол № \_\_\_\_.

Председатель д.т.н., проф. \_\_\_\_\_ Г.С. Славчева

**Эксперт**

\_\_\_\_\_  
(место работы)  
(инициалы, фамилия)

\_\_\_\_\_  
(занимаемая должность)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

М П  
организации

## **Методические рекомендации по изучению дисциплины «Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов»**

Для преподавания и изучения дисциплины используются следующие образовательные технологии.

1. Дидактически обоснованная структура дисциплины «Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов».

Содержательная часть дисциплины должна быть обоснована с точки зрения химической технологии и физики ВМС, и требований к результатам освоения ООП бакалавриата, выраженных в виде определённых компетенций.

2. Точное следование рабочей программе дисциплины.

На вводной лекции студенты знакомятся со структурой УМКД «Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов», получают разъяснение о роли каждой составляющей в учебном процессе, а также где и как получить доступ ко всем составляющим учебно-методического обеспечения.

3. Планирование времени и методическое обеспечение внеаудиторной самостоятельной работы (ВСР).

Для успешного освоения дисциплины студент должен самостоятельно работать столько же времени, сколько в аудитории под руководством преподавателя. Все студенты имеют доступ к полному методическому обеспечению ВСР.

4. Сопровождение занятий демонстрацией схем, таблиц, рисунков и презентациями в программе «Microsoft PowerPoint».

5. Подготовка тематики докладов, сообщений, презентаций для самостоятельной работы студентов.

6. Самостоятельное решение студентами практических задач на практических занятиях с последующей интерпретацией и использованием результатов в процессе получения полимеров.

7. Рейтинговая система контроля и оценки знаний.

8. Регулярное проведение консультаций.

9. Осуществление текущего контроля знаний студентов.

10. Методические рекомендации по подготовке к зачету.

К экзамену студент допускается при условии выполнения учебного плана:

- посещение лекций;
- посещение практических занятий;
- выполнение индивидуальных заданий для самостоятельной работы;
- отчёт тем по блокам.

### **Советы по планированию и организации времени, необходимого для изучения дисциплины «Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов»**

Для более глубокого усвоения студентами дисциплины «Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов», можно порекомендовать следующее: работа с учебниками, учебными пособиями, методичками и дополнительной литературой. При работе с литературой следует вести запись основных положений (конспектировать отдельные разделы, выписывать новые термины и раскрывать их содержание);

Наряду с чтением лекций профессорско-преподавательским составом кафедры хи-

мии, изучением базовых учебников по курсу, учебных пособий студента рекомендуется проведение самостоятельной работы.

Самостоятельная работа является неотъемлемым элементом учебного процесса, одним из основных методов освоения учебных дисциплин и овладения навыками профессиональной и научно-исследовательской деятельности. При самостоятельной работе достигается конкретное усвоение учебного материала, развиваются теоретические способности, столь важные для современной подготовки бакалавра.

Отметим, что обучение является сложной задачей в организации учебного процесса студента, это вызвано умением правильно распределять время на новые познания и малым количеством аудиторных занятий. Преподаватель имеет возможность дать лишь необходимый лекционный материал, поэтому изучение дисциплины обязательно должно быть дополнено самостоятельной работой, которая приносит результаты лишь тогда, если является целенаправленной, систематической и планомерной.

### **Виды и формы самостоятельной работы**

Самостоятельная работа студентов (СРС) предполагает многообразные виды индивидуальной и коллективной деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в специально отведенное для этого аудиторное и внеаудиторное время. Самостоятельная работа – это особая форма обучения по заданию преподавателя, выполнение которой требует творческого подхода и умения получать знания самостоятельно.

Структурно самостоятельную работу студента можно разделить на две части:

- 1) организуемая преподавателем и четко описываемая в учебно-методическом комплексе;
- 2) самостоятельная работа, которую студент организует по своему усмотрению, без непосредственного контроля со стороны преподавателя.

Методологической основой самостоятельной работы студентов является деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать не только типовые, но и нетиповые задачи, когда студент должен проявить творческую активность, инициативу, знания, умения и навыки, полученные при изучении конкретной дисциплины.

Методическое обеспечение самостоятельной работы предусматривает: перечень тематики самостоятельного изучения, наличие учебной, научной и справочной литературы по данным темам, формулировку задач и целей самостоятельной работы, наличие инструкций и методических указаний по работе с данной тематикой. Задания должны соответствовать задачам изучения курса и целям формирования профессионала.



## Формы самостоятельной работы студентов

1. Конспектирование.
2. Реферирование литературы.
3. Аннотирование книг, статей.
4. Выполнение заданий поисково-исследовательского характера.
5. Углубленный анализ научно-методической литературы.
6. Работа с лекционным материалом: проработка конспекта лекций, работа на полях конспекта с терминами, дополнение конспекта материалами из рекомендованной литературы.
7. Участие в работе семинара: подготовка сообщений, докладов, заданий.
8. Самостоятельная работа в письменном виде.
9. Выполнение заданий по сбору материала во время практики.

### Виды самостоятельной работы:

- познавательная деятельность во время основных аудиторных занятий;
- самостоятельная работа в компьютерных классах под контролем преподавателя в форме плановых консультаций;
- внеаудиторная самостоятельная работа студентов по выполнению домашних заданий учебного и творческого характера (в том числе с электронными ресурсами);
- самостоятельное овладение студентами конкретных учебных модулей, предложенных для самостоятельного изучения;
- самостоятельная работа студентов по поиску материала, который может быть использован для написания рефератов, курсовых и квалификационных работ;
- учебно-исследовательская работа;
- научно-исследовательская работа.

### Виды и формы организации самостоятельной работы студентов

Виды самостоятельной работы	Руководство преподавателю
1. Конспектирование	Выборочная проверка
2. Реферирование литературы	Разработка тем и проверка
3. Выполнение заданий поискового характера	Разработка заданий, создание поисковых ситуаций, спецсеминар, составление картотеки.
4. Аннотирование книг, статей	Образцы аннотаций, проверка

5. Углубленный анализ научно-методической литературы	Собеседование по проработанной литературе, составление планов работы, разработка методики получения информации
6. Дополнение конспекта лекций рекомендованной литературой	Предложение составить свой план в заключении лекции
7. Участие в работе семинаров	Подготовка выступлений на семинаре, рефератов, проверка знаний
8. Практические занятия: в соответствии с инструкциями и методическими указаниями	Составление алгоритма действий, показателей уровня достижения результата
9. Самостоятельная работа	Разработка тематики самостоятельных работ, проверка выполнения

### **Рекомендации по организации самостоятельной работе студентов**

Самостоятельная работа студентов за весь учебный год регламентируется общим графиком учебной работы по семестрам, предусматривающим выполнение индивидуальных заданий, рефератов.

Организация самостоятельной работы студентов по дисциплине «Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов» планируется и организуется преподавателем и описывается в соответствующем разделе учебно-методического комплекса. УМК по дисциплине включает обязательный раздел «Руководство самостоятельной работой студентов», в котором подробно описывается предлагаемое содержание СРС, конкретные задания, сроки их выполнения, справочный материал, формы отчетности и способы контроля с критериями оценки.

Студенту при работе по этому разделу УМК следует:

1. Внимательно изучить материалы, характеризующие курс и тематику самостоятельного изучения, что изложено в учебно-методическом комплексе по дисциплине. Это позволит четко представить как круг, изучаемых тем, так и глубину их постижения.

2. Составить подборку литературы, достаточную для изучения предлагаемых тем. В учебно-методическом комплексе представлены основной и дополнительный списки литературы. Они носят рекомендательный характер, это означает, что всегда есть литература, которая может не входить в данный список, но является необходимой для освоения темы. При этом следует иметь в виду, что нужна литература различных видов:

- учебники, учебные и учебно-методические пособия;

- первоисточники. К ним относятся оригинальные работы теоретиков, разрабатывающих проблемы. Первоисточники изучаются при чтении как полных текстов, так и хрестоматий, в которых работы классиков содержатся не полностью, а в виде избранных мест, подобранных тематически;
- монографии, сборники научных статей, публикации в журналах, любой эмпирический материал;
- справочная литература – энциклопедии, словари;

3. Основное содержание той или иной проблемы следует уяснить, изучая учебную литературу. При этом важно понимать, что вопросы в истории любой науки трактовались многообразно. С одной стороны подобное многообразие объясняется различиями в мировоззренческих позициях, на которых стояли авторы; с другой свидетельствует об их сложности, позволяет выделить наиболее значимый аспект в данный исторический период. Кроме того, работа с учебником требует постоянного уточнения сущности и содержания категорий посредством обращения к энциклопедическим словарям и справочникам.

4. Абсолютное большинство проблем носит не только теоретический, умозрительный характер, но самым непосредственным образом выходят на жизнь, они тесно связаны с практикой социального развития, преодоления противоречий и сложностей в обществе. Это предполагает наличие у студентов не только знания категорий и понятий, но и умения использовать их в качестве инструмента для анализа социальных проблем. Иными словами студент должен совершать собственные интеллектуальные усилия, а не только механически заучивать понятия и положения.

5. Соотнесение изученных закономерностей с жизнью, умение достигать аналитического знания предполагает у студента мировоззренческую культуру. Формулирование выводов осуществляется прежде всего в процессе творческой дискуссии, протекающей с соблюдением методологических требований к научному познанию.

Методические пособия по организации СРС выполняют направляющую роль. Они должны указывать в какой, последовательности следует изучать материал дисциплины, обращать внимание на особенности изучения отдельных тем и разделов.

### **Контроль самостоятельной работы студентов**

Технология организации контроля самостоятельной работы студентов включает тщательный отбор средств контроля, определение его

этапов, разработку индивидуальных форм контроля.

Оценка успешности студента может вестись в традиционной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», либо по рейтинговой системе, основываясь на сумме набранных им в ходе самостоятельной работы баллов, за все виды СРС, включая итоговые аттестационные процедуры.

Эффективными формами контроля и активизации СРС в течении всего учебного семестра являются:

1. Использование бально-рейтинговой оценки.
2. Использование межсессионного контроля за качеством учебной работы студента.
3. Тестирование. Зачетные тесты позволяют оценить уровень знания студентов в баллах. Оцениваемые тесты могут использоваться преподавателями как формы промежуточного и итогового контроля.

Рекомендуемые формы контроля самостоятельной работы студентов:

- выборочная проверка во время аудиторных занятий;
- составление аннотаций на прочитанный материал;
- составление схем, таблиц по прочитанному материалу;
- обзор литературы;
- реферирование литературы, представление рефератов;
- подготовка конспекта;
- включение вопросов на самостоятельных работах, зачете.

Планирование времени и методическое обеспечение внеаудиторной самостоятельной работы (ВСР).

Для успешного освоения дисциплины студент должен самостоятельно работать столько же времени, сколько в аудитории под руководством преподавателя. Все студенты имеют доступ к полному методическому обеспечению ВСР.

Организация самостоятельной работы студентов очной формы обучения заключается в планирование времени и методическое обеспечение внеаудиторной самостоятельной работы. Все студенты имеют доступ к полному методическому обеспечению ВСР.

### **Технология организации самостоятельной работы студентов с электронными ресурсами:**

- организация работы студентов с электронными каталогизированными учебно-методическими материалами;
- анализ свободного компьютерного фонда и составление плана-графика ресурсного обеспечения СРС в компьютерных классах;
- доведение информации о свободных ресурсах компьютерных классов до студентов;

- предварительная запись студентов на удобное для них время для работы с компьютерными ресурсами ИНЭК;
- обеспечение доступа студентов в компьютерные классы и контроль за их работой;
- организация групповых занятий по заданию преподавателя, организация доступа в компьютерные классы.

В аудиториях для самостоятельных компьютерных занятий с помощью обучающих программ, студенты могут, как дополнить свои занятия, полученные на лекциях и семинарах, так и проверить свой уровень подготовки и сдать зачет.

### **Описание последовательности действий студента**

Изучение дисциплины должно завершиться овладением необходимыми профессиональными знаниями, умениями и навыками. Этот результат может быть достигнут только после весьма значительных усилий. При этом важными окажутся не только старание и способности, но и хорошо продуманная организация труда студента. В первую очередь это правильная организация времени.

При изучении дисциплины наименьшие затраты времени обеспечит следующая последовательность действий. Прежде всего, необходимо своевременно, выяснить, какой объем информации следует усвоить, какие умения приобрести для успешного освоения дисциплины, какие задания выполнить для того, чтобы получить достойную оценку. Сведения об этом, то есть списки литературы, темы практических работ, самостоятельных работ и вопросы к ним, а также другие необходимые материалы имеются в разработанном учебно-методическом комплексе.

Регулярное посещение лекций и практических работ не только способствует успешному овладению профессиональными знаниями, но и помогает наилучшим образом организовать время, т.к. все виды занятий распределены в семестре планомерно, с учетом необходимых временных затрат.

Важнейшей частью работы студента является изучение химии. Учебник, при всей его важности для процесса изучения дисциплины, как правило, содержит лишь минимум необходимых теоретических сведений. Университетское образование предполагает более глубокое знание предмета. Кроме того, оно предполагает не только усвоение информации, но и формирование навыков исследовательской работы. Для этого необходимо изучать и самостоятельно анализировать статьи периодических изданий и Интернет-ресурсы, посвященные проблемам химико-технологических процессов получения полимеров.

Работу по конспектированию следует выполнять, предварительно изучив планы практических работ и темы самостоятельных работ. В этом случае ничего не будет упущено и студенту не придется конспектировать источник повторно, тратя на это драгоценное время. Правильная организация работы, чему должны способствовать данные выше рекомендации, позволит студенту своевременно выполнить все задания, получить достойную оценку и избежать, таким образом, необходимости тратить время на переподготовку и передачу предмета.

### **Рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса**

При работе с настоящим учебно-методическим комплексом особое внимание необходимо обратить на то, что дисциплина «Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов» тесно связана с некоторыми другими курсами, поэтому возможно дублирование некоторых изучаемых вопросов, источников и литературы.

Учебно-методический комплекс (УМК) призван помочь студенту понять специфику изучаемого материала, а в конечном итоге – максимально полно и качественно его освоить. Студент внимательно читает и осмысливает тот раздел, задания которого ему необходимо выполнить. Выполнение всех заданий, определяемых содержанием курса, предполагает работу с дополнительными источниками: монографиями, статьями периодических изданий и Интернет-ресурсов. Прежде чем осуществить этот шаг, студенту следует обратиться к основной учебной литературе, ознакомление с материалом которой позволит ему сформировать общее представление о существе интересующего вопроса.

В первую очередь студент должен осознать предназначение комплекса: его структуру, цели и задачи. Для этого он знакомится с преамбулой, оглавлением УМК, говоря иначе, осуществляет первичное знакомство с ним.

В разделе, посвященном методическим рекомендациям по изучению дисциплины, приводятся советы по планированию и организации необходимого для изучения дисциплины времени, описание последовательности действий студента («сценарий изучения дисциплины»), рекомендации по работе с литературой, советы по подготовке к экзамену и разъяснения по поводу работы с тестовой системой курса и над домашними заданиями. В целом данные методические рекомендации способны облегчить изучение студентами курса «Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов» и помочь успешно сдать зачет.

В разделе, содержащем учебно-методические материалы курса, представлен опорный конспект лекций, содержание практических занятий по дисциплине (со списком литературы по каждой теме), словарь основных терминов курса, а также примерные темы рефератов, контрольные вопросы по каждой теме и тесты, при решении которых студенты могут проверить уровень своих знаний по дисциплине.

### **Рекомендации по работе с литературой**

Работа с литературой является основным методом самостоятельного овладения знаниями. Это сложный процесс, требующий выработки определенных навыков, поэтому студенту нужно обязательно научиться работать с книгой.

Осмысление литературы требует системного подхода к освоению материала. В работе с литературой системный подход предусматривает не только тщательное (при необходимости – многократное) чтение текста и изучение специальной литературы, но и обращение к дополнительным источникам – справочникам, энциклопедиям, словарям. Эти источники – важное подспорье в самостоятельной работе студента, поскольку глубокое изучение именно их материалов позволит студенту уверенно «распознавать», а затем самостоятельно оперировать теоретическими категориями и понятиями, следовательно – освоить новейшую научную терминологию. Такого рода работа с литературой обеспечивает решение студентом поставленной перед ним задачи (подготовка к практическим занятиям, выполнение самостоятельной работы и т.д.).

Выбор литературы для изучения делается обычно по предварительному списку литературы, который выдал преподаватель, либо путем самостоятельного отбора материалов. После этого непосредственно начинается изучение материала, изложенного в книге.

Прежде чем приступить к чтению, необходимо запомнить или записать выходные данные издания: автор, название, издательство, год издания, название интересующих глав. Предисловие или введение книги поможет установить, на кого рассчитана данная публикация, какие задачи ставил перед собой автор. Это помогает составить представление о степени достоверности или научности данной книги. Содержание (оглавление) дает представление о системе изложения ключевых положений всей публикации и помогает найти нужные сведения. Если в книге есть главы или отдельные параграфы, которые соответствуют исследуемой теме дисциплины, то после этого необходимо ознакомиться с введением.

Во введении или предисловии разъясняются цели издания, его значение, содержится краткая информация о содержании глав работы. Иногда полезно после этого посмотреть послесловие или заключение. Особенно это важно, если это не учебник, а монография, потому что в заключении объясняется то, что может оказаться непонятным при изучении материала. В целом, это поможет правильнее структурировать полученные знания.

При изучении материалов глав и параграфов необходимо обращать особое внимание на комментарии и примечания, которыми сопровождается текст. Они разъясняют отдельные места текста, дополняют изложенный материал, указывают ссылки на цитируемые источники, исторические сведения о лицах, фактах, объясняют малоизвестные или иностранные слова. После просмотра книги целиком или отдельной главы, которая была необходима для изучения определенной темы курса, нужно сделать записи в виде краткого резюме источника. В таком резюме следует отразить основную мысль изученного материала, приведенные в ее подтверждение автором аргументы, ценность данных аргументов и т.п. Данные аргументы помогут сформировать собственную оценку изучаемого вопроса.

Во время изучения литературы необходимо конспектировать и составлять рабочие записи прочитанного. Такие записи удлиняют процесс проработки, изучения книги, но способствуют ее лучшему осмыслению и усвоению, выработке навыков кратко и точно излагать материал. В идеале каждая подобная запись должна быть сделана в виде самостоятельных ответов на вопросы, которые задаются в конце параграфов и глав изучаемой книги. Однако такие записи могут быть сделаны и в виде простого и развернутого плана, цитирования, тезисов, резюме, аннотации, конспекта.

Наиболее надежный способ собрать нужный материал – составить конспект. Конспекты позволяют восстановить в памяти ранее прочитанное без дополнительного обращения к самой книге.

*Конспект* – это краткое изложение своими словами содержания книги. Он включает запись основных положений и выводов основных аргументов, сути полемики автора с оппонентами с сохранением последовательности изложения материала.

Большое значение имеет внешняя сторона записей. При составлении конспектов следует пользоваться различными приемами выделения отдельных частей текста, ключевых выражений, терминов, основных понятий (выделение абзацев, подчеркивание, написание жирным шрифтом, курсивом, использование цветных чернил и т.п.). Желательно оставлять поля для внесения дополнений, поправок или фиксации собственных мыслей по данной записи, возможно несовпадающих с авторской точкой зрения.



При изучении литературы особое внимание следует обращать на новые термины и понятия. Понимание сущности и значения терминов способствует формированию способности логического мышления, приучает мыслить абстракциями, что важно при усвоении дисциплины. Поэтому при изучении темы курса студенту следует активно использовать универсальные и специализированные энциклопедии, словари, иную справочную литературу. Вся рекомендуемая для изучения курса литература подразделяется на основную и дополнительную. К основной литературе относятся источники, необходимые для полного и твердого усвоения учебного материала (учебники и учебные пособия). Необходимость изучения дополнительной литературы диктуется прежде всего тем, что в учебной литературе (учебниках) зачастую остаются неосвещенными современные проблемы, а также не находят отражения новые документы, события, явления, научные открытия последних лет. Поэтому дополнительная литература рекомендуется для более углубленного изучения программного материала.

### **Советы по подготовке к зачету**

*Зачет*- это заключительный этап изучения дисциплины, имеющий целью проверить теоретические знания студента, его навыки и умение применять полученные знания при решении практических задач. Зачет проводится в объеме учебной программы по дисциплине в устной форме. Подготовка к зачету начинается с первого занятия по дисциплине, на котором студенты получают общую установку преподавателя и перечень основных требований к текущей и итоговой отчетности. При этом важно с самого начала планомерно осваивать материал, руководствуясь, прежде всего перечнем вопросов к зачету, конспектировать важные для решения учебных задач источники. В течение семестра происходят пополнение, систематизация и корректировка студенческих наработок, освоение нового и закрепление уже изученного материала.

Дисциплина «Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов» разбита на модули (блоки), которые представляют собой логически завершенные части рабочей программы курса и являются тем комплексом знаний и умений, которые подлежат контролю.

Зачет преследует цель оценить работу студента за курс. Полученные теоретические знания, их прочность, развитие творческого мышления, приобретение навыков самостоятельной работы, умения синтезировать полученные знания и применять на практике решение практических задач.

Лекции, семинары и самостоятельные работы являются важными этапами подготовки к экзамену, поскольку студент имеет возможность оценить уровень собственных знаний и своевременно восполнить имеющиеся пробелы.

В этой связи необходимо для подготовки к зачету первоначально прочитать лекционный материал, а также соответствующие разделы рекомендуемых учебных пособий. Лучшим вариантом является тот, при котором студент использует при подготовке как минимум два учебных пособия. Это способствует разностороннему восприятию конкретной темы. Для качественной подготовки к семинарским занятиям необходимо привлекать материалы научно-периодических изданий, а также материалы подготовленных и зачитанных реферативных заданий.

### **Разъяснения по поводу работы с тестовой системой курса, по выполнению домашних заданий**

Тестовая система курса является одним из способов промежуточного или итогового контроля, проверки знаний учащихся по предмету. Тест представляет собой пробное задание, построенное в форме вопросов, которые в некоторых случаях снабжены вариантами ответов. Специфика прохождения тестирования заключается в том, что студент должен проявить как способности к комбинаторному мышлению, так и навыки самостоятельного формулирования категориальных свойств объекта, определений, проблем.

По своей структуре вопросы, применяемые для тестирования знаний студентов по дисциплине «Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов» с помощью тестовой системы, делятся на два типа:

1. «Одиночный выбор» - предлагается вопрос и четыре варианта ответов, один из которых верный. Студент может выбрать только один вариант ответа. Вопросно-ответный тест используется на тех стадиях работы по курсу, когда осуществляется освоение и эмпирическое накопление изучаемого материала. Проведение данного вида тестирования способствует глубокому проникновению в исследуемый материал, его детальной систематизации.

2. «Проверка преподавателем» - предлагается вопрос, студент на него отвечает, преподаватель позже проверяет и проставляет оценки. В основе данной разновидности теста лежит определение термина, понятия, категории по развернутой дефиниции без предполагаемых вариантов ответа. Этот тип тестирования требует от студентов точных знаний в области теории во-

проса и предполагает достаточно высокий уровень владения не столько фактической, сколько концептуальной информацией.

Предлагаемые тестовые вопросы имеют различный уровень сложности и трудности. Присутствуют вопросы как первого уровня сложности и трудности (т.е. по узнаваемости в содержании ответов подсказки), так и второго (когда ответы на вопрос не предлагаются и студенту самостоятельно необходимо написать верный, по его мнению, ответ).

Кроме того, в конце лекционного занятия преподаватель проводит тестирование студентов на остаточные знания по ранее изученным темам. В целом все предлагаемые варианты тестовых вопросов направлены на более глубокое усвоение теоретического материала, знаний, умений и навыков студентов: умение давать определения, знания законов, принципов, правил, умение находить сходство и различия.

Курс предполагает выполнение студентом таких форм домашних заданий, как подготовка рефератов по одной из предложенных тем (по выбору студента).

*Реферат* – краткое изложение в письменном виде научного материала по определенной теме. В качестве реферата может выступать изложение книги, статьи, а также обобщение нескольких взглядов на одну проблему.

Цель реферата - сообщить научную информацию по определенной теме, раскрыть суть исследуемой проблемы с различных позиций и точек зрения, а затем сформулировать самостоятельные выводы. Выполнение рефератов позволяет более обстоятельно постигать изучаемую дисциплину.

В процессе работы над рефератом необходимо:

- проанализировать различные точки зрения, явления, факты, события;
- в случае необходимости провести научно обоснованную полемику;
- обобщить научный материал.

В результате проделанной работы над рефератом студент совершенствует свои навыки грамотного, лаконичного изложения собственных мыслей, навыки научного поиска и учится правильному оформлению научных работ.

## Конспект лекций

### Лекция 1.

#### Тема: ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ И ВЫДЕЛЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ

##### План лекции:

1. Введение.
2. Зависимость строения полимерных молекул и свойств полимеров от метода их получения.
3. Создание материалов на основе полимеров.
4. Основные компоненты полимерных композиций и их роль в формировании свойств материалов.
5. Создание полимерных композитов, основные процессы синтеза и переработки полимеров и полимерных материалов.

В курсе «Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов» рассматриваются общие закономерности получения полимеров, факторы, влияющие на данный процесс, а также условия регулирования и управления качеством получаемого полимера, который в дальнейшем мог бы использоваться для получения различных композитов. Известно, что для получения полимеров из мономеров необходимо осуществить реакцию полимеризации или поликонденсации, которые характеризуются определенными отличительными признаками.

Главные критерии, которым должна соответствовать современная технология, следующие: простота, малостадийность (а лучше – одностадийность), малая энергоемкость, высокая производительность и экономичность, непрерывность, замкнутость (малоотходность), низкие требования к наличию примесей в сырье и к его подготовке, высокое качество получаемой продукции.

Наиболее известен и шире всего распространен способ радикальной (инициированной) полимеризации. Все материалы, полученные этим спосо-

бом, например полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, термопластичны. Полимеризация предполагает объединение мономеров, которые соединяются друг с другом при нагревании или воздействии катализатора за счет раскрытия имеющихся в мономере двойных связей. Возникающие во время экзотермически протекающей реакции реакционноспособные радикалы объединяются преимущественно в цепные макромолекулы. Побочных продуктов при этом не образуется. Элементный состав полимера определяется участвующими в строении мономерами. Метод полимеризации предоставляет технологам возможность изменять свойства высокомолекулярных материалов путем воздействия на протекание процесса полимеризации. Для полимеризации характерны три фазы. В первой протекает реакция инициирования. При достаточном воздействии энергии и (или) катализатора образуется большое количество реакционноспособных молекул мономера, из которых во второй фазе реакции должна возникнуть цепь соответствующей длины. От длины цепи, т. е. степени полимеризации (число отдельных молекул мономера, соединенных в одну цепь) существенно зависят свойства материала. По этим данным можно рассчитать молекулярную массу, которая часто используется для характеристики полимерных материалов.

В качестве примера можно назвать полиэтилен, который часто применяют в виде пленок в упаковочной технике и как конструкционный материал для трубопроводов, работающих под высоким давлением, различных сосудов и т.п. Исходным мономером служит газообразный этилен. В зависимости от степени полимеризации в нитевидную молекулу соединяются от 2000 до 40 000 мономерных частиц. Низкомолекулярный полиэтилен характеризуется по сравнению с высокомолекулярным большей пластичностью, низкой прочностью, значительной зависимостью механических свойств от температуры, меньшей устойчивостью против агрессивных сред, а также меньшей жесткостью. Для улучшения свойств стремятся достичь на стадии роста возможно большего размера макромолекул, ограничить разветвленность молекулярных цепей и получить максимально длинные малоразветвленные цепи. На прак-

тике цепи получаются разной длины, так что степень полимеризации не может быть выражена каким-то одним числом. Поэтому наряду со средней степенью полимеризации и средней молекулярной массой следует пользоваться понятием молекулярно-массового распределения. Под молекулярно-массовым распределением понимают, в каком количестве имеются меньшие и большие макромолекулы (по длине цепи) и какую количественную долю составляют молекулы с определенной массой в продукте, полученном при полимеризации.

Широкое молекулярно-массовое распределение не способствует оптимизации свойств материала. Если основная часть макромолекул имеет низкую молекулярную массу, можно определенно быть уверенным, что свойства материала далеки от оптимальных. Если все макромолекулы близки по размеру, можно ожидать оптимизации определенных свойств материала. Особенно это справедливо, когда к тому же молекулярная масса этих макромолекул достаточно высока. С возрастанием молекулярной массы можно предполагать улучшение механических свойств и термической стойкости материала. Следовательно, уже при синтезе высокомолекулярного соединения, на стадии роста цепи, закладывается фундамент будущих эксплуатационных возможностей материала.

Для регулирования длины цепей необходимо знать возможные реакции обрыва цепи. За прекращение процесса полимеризации может быть также ответствен катализатор. Таким образом, целенаправленное проведение процесса предпосылка для создания материала высокого качества.

Существует много вариантов процесса полимеризации. Мало знать молекулярную массу и молекулярно-массовое распределение решающим также является то, как удастся соединить между собой мономерные звенья. В случае полностью симметричного строения мономера, как, например, у полиэтилена или тетрафторэтилена, это не имеет значения. Однако большинство мономеров имеет несимметричное строение. При этом возможны различные присоединения. Имеются так называемые расположения голова-голова, голо-

ва-хвост и смешанное. Для достижения заданных свойств материала проводят полимеризацию таким образом, чтобы было наибольшим количество звеньев, соединенных вполне определенным образом. В результате становится возможным получение стереоизомеров.

Если, например, атом углерода связан с разными атомами или атомными группами, то возможны два положения этих атомов (заместителей), т. е. возможны изомеры. При так называемом изотактическом строении регулярно повторяется соединение мономеров с размещением заместителя или атомной группы по одну сторону основной цепи. Например, в полипропилене только такой порядок соединения мономерных звеньев является предпосылкой для получения материала, необходимого в технике. При синдиотактическом присоединении наблюдается также регулярная последовательность мономерных звеньев, однако каждый второй атом углерода, имеющий заместитель или атомную группу, занимает при этом противоположное положение. Если закономерность в чередовании положения заместителя (или атомной группы) отсутствует, то говорят об атактическом строении. Полимеры, допускающие существование такого рода изомеров, различаются по многим физическим свойствам, хотя их основное звено и обозначается одинаковой брутто-формулой.

Другим существенным критерием для комплекса свойств и поведения при различных воздействиях является структура, т. е. фазовое состояние материала. Для термопластов характерны как аморфная, так и частично кристаллическая структура.

Аморфное состояние характеризуется более или менее ясно выраженным беспорядком в расположении макромолекул. При этом нитевидные молекулы имеют в своем составе атомы большого радиуса. В качестве примера можно привести атом хлора в поливинилхлориде. Если цепные молекулы имеют нерегулярное строение, что проявляется при наличии присоединения голова - голова, хвост-хвост, голова-хвост, то становится маловероятной равномерность во взаимном расположении цепных молекул. В аморфные облас-

ти растворитель проникает в первую очередь и создает предпосылки для процесса набухания. Напротив, при регулярном строении возможно образование малых упорядоченных областей кристаллической природы. Поведение материала у таких частично кристаллических систем определяется степенью кристалличности, то есть отношением размера кристаллических областей к аморфным. Чем меньше аморфная часть, тем выше плотность, прочность, модуль эластичности, жесткость, теплостойкость и температура плавления материала. Однако набухание, растворимость, проницаемость, прозрачность уменьшаются с увеличением кристаллической части.

Хотя более 50% всех высокополимерных соединений получают радикальной полимеризацией, это не означает, что другие механизмы реакции при получении полимеров имеют второстепенное значение. Как термопластичные, так и термореактивные материалы могут быть получены в результате поликонденсации. При этом, в отличие от полимеризации, взаимодействуют мономеры различного вида или возникающие промежуточные продукты. Предпосылкой является наличие по меньшей мере двух реакционноспособных концевых групп. Для протекания реакции поликонденсации характерно появление летучих побочных продуктов. Чаще всего образуется вода, которая в большей или меньшей степени затрудняет процесс синтеза.

Продукты поликонденсации отличаются по своему элементному составу от исходных соединений. Термопластичные материалы, полученные методом поликонденсации, например полиамиды или линейные полиэфиры, образуются в том случае, когда мономеры обладают только двумя концевыми группами, взаимодействующими друг с другом. В зависимости от количественного соотношения мономеров и других условий реакции образуются нитевидные молекулы различной длины.

Реактопласты, следовательно, образуются при поликонденсации, если мономеры обладают более чем двумя реакционноспособными концевыми группами. Классические представители этих материалов -амино- и фенопла-



сты. При поликонденсации степень сшивки или поликонденсации может ступенчато повышаться. Для реактопластов характерно применение в дальнейшем высокой температуры и высокого давления прессования в процессе формования и отверждения.

Однако макромолекулы можно составлять также по принципу ступенчатой полимеризации. Они образуются присоединением различных реакционноспособных групп без отщепления летучих продуктов и, как правило, с перемещением атома водорода. Этим способом можно получать термопластичные и термореактивные материалы, также в зависимости от того, имеется ли в распоряжении две реакционноспособные группы или более. Так как в ходе реакции не выделяются летучие вещества, то, в отличие от поликонденсации, процесс проводится при нормальном давлении. Ступенчатая полимеризация в последние годы широко используется для синтеза полимеров. Их важнейшими представителями являются эпоксидные смолы, хлорированные полиэферы и широкий ассортимент полиуретанов.

Краткий обзор демонстрирует широту спектра высокомолекулярных соединений и одновременно дает представление о возможностях целенаправленного влияния на строение и свойства полимерных материалов. Вещественную основу термопластов, полученных полимеризацией, образуют макромолекулы, состоящие из более или менее переплетенных молекулярных цепей, поэтому их и называют линейными полимерами. Внутри цепных молекул связь между атомами осуществляется внутримолекулярными валентными силами, а между макромолекулами - межмолекулярными силами. Предпосылка для действия этих сил-бифункциональные молекулы, которые обнаруживают два реакционноспособных центра. Для внутри- и межмолекулярных сил характерно существенное (приблизительно в 10 раз) различие в энергиях связи. Это обстоятельство имеет практическое значение. Межмолекулярные силы из-за малой энергии связи уже при относительно низких температурах перестают существовать, что приводит к свободе передвижения цепных молекул. При охлаждении побочные валентные межмолекулярные

связи снова восстанавливаются. Эта особенность поведения используется во многих технологических процессах переработки термопластов, например при прессовании и литье под давлением. При повышении температуры сверх некоторого предела валентные связи также разрушаются. Но в отличие от побочных валентных межмолекулярных сил этот процесс уже необратим. Он сопровождается разрывом цепей нитевидных молекул и ведет к полному термическому распаду и разрушению высокополимерного материала. По сравнению с линейными полимерами пространственно сшитые системы имеют более высокую термическую стабильность. Их отличие от линейных полимеров состоит не только в общем увеличении числа связей, но и в том, что все они химически прочные. Необратимость этих связей делает невозможным изменение агрегатного состояния под действием тепла или давления. По этой причине отвержденные термореактивные материалы можно обрабатывать только резанием, то есть их нельзя прессовать или лить. Кроме того, они разрушаются при относительно мягких режимах деформации. В сравнении с термопластами падение их прочностных свойств и увеличение пластичности при воздействии тепла незначительно.

### **Тестовые задания для самоподготовки**

1. Полимеры, свойства и строение которых после нагревания и последующего охлаждения не меняются, называются:

- а) термоактивными
- б) термоэластопластичными
- в) термопластичными
- г) термореактивными

2. Если полимер представляет собой структуры, состоящие из макромолекулярных цепей, соединенных между собой посредством поперечных мостиков, состоящих из атомов или групп атомов, то этот полимер называется:

- а) разветвленным
- б) сетчатым
- в) линейным
- г) кольцевым

3. При повышенных температурах полимеры подвергаются следующему виду деструкции:

- а) химической
- б) фотолитической
- в) окислительной
- г) термической

4. Органические соединения с двумя реакционно-способными группами является:

- а) полифункциональными
- б) монофункциональными
- в) олигофункциональными
- г) бифункциональными

5. Если основная цепь макромолекулы полимера содержит только атомы углерода, то этот полимер:

- а) сшитый
- б) карбоцепной
- в) пространственный
- г) гетероцепной

6. Реакции получения полимеров по своему характеру подразделяются на:

- а) цепные и ступенчатые
- б) катионные, анионные и ионокоординационные
- в) катионные и анионные
- г) свободно-радикальные и ионные

7. Беспорядочное взаимное расположение макромолекул обуславливает структуру:

- а) упорядоченную
- б) кристаллическую
- в) аморфную
- г) смешанную

8. Процесс, позволяющий получить изделия с большей эластичностью и меньшей хрупкостью, называется:

- а) «сшивание»
- б) пластификацией
- в) наполнением
- г) стабилизацией

9. ... - строго определенное пространственное расположение атомов в молекуле, не изменяющееся в процессе теплового движения:

- а) структура
- б) конформация
- в) изомерия
- г) конфигурация

10. Полимеры, которые при нагревании приобретают пространственную структуру, необратимо теряя способность плавиться и растворяться, называются:

- а) термореактивными                      в) сетчатыми  
б) термопластичными                      г) термоактивными

11. Полимеры, содержащие ассиметричные атомы углероды могут быть пространственно упорядоченными, т.е.:

- а) стереорегулярными                      в) стереонерегулярными  
б) кристаллическими                      г) атактическими

12. Потеря первоначальных физико-химических свойств полимером с течением времени – это:

- а) дегидрирование                      в) эксплуатация  
б) старение                      г) пластификация

13. К природному полимеру не относится:

- а) лигнин                      в) целлюлоза  
б) гуттаперча                      г) тефлон

14. В зависимости от способа получения и молекулярной массы различают два вида полиэтилена:

- а) плотный и пористый                      в) низкого и высоко давления  
б) конденсац. и полимеризационный      г) низкой и высокой температуры

15. При получении полиэтилена высокой плотности в качестве катализатора используются:

- а) окись хрома                      в)  $H_2SO_4$   
б) катализатор Циглера-Натта              г) Pt, Pd

**Литература:** [1 – гл. 1, §§ 1.1 –1.5]; [2 – гл. II, §§ 17–19, гл. III, §§ 20 – 35].

## **Лекция 2.**

### **Тема: ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ И СИНТЕЗА ПОЛИМЕРОВ**

#### **План лекции:**

1. Значение и роль полимерных материалов в хозяйстве страны, технически важные полимеры: эластомеры (каучуки), пластические массы, искусственные и синтетические волокна, полимерные покрытия – пленки, лаки, краски.

2. Основные мономеры для синтеза полимеров. Современные представления о механизмах синтеза полимеров. Радикальная, ионная, стереоспецифическая полимеризация. Ступенчатая полимеризация и поликонденсация. Сополимеризация. Моделирование и математическое описание процессов синтеза полимеров.

3. Основные представления о способах производства полимеров. Полимеризация в растворе, эмульсии, суспензии, массе мономера, в газовой и твердой фазах. Влияние способов производства полимеров на состав полимеров.

4. Молекулярная структура и макроскопические свойства полимеров. Сетчатые полимеры. Стойкость полимеров к агрессивным средам.

Полимеры уже сегодня находят применение во всех областях техники, что приносит значительные экономические выгоды в сравнении с традиционными решениями. Эти новые материалы частично революционизировали все области техники. Например, упаковочную технику сейчас невозможно даже представить без пленок и пластмассовой тары. В строительстве стали возможными многообразные облегченные конструкции. В кораблестроении из полимерных материалов изготавливаются несущие конструкции длиной до 45 м. Это незаменимые диэлектрики. Многообразные пластмассовые детали от зубчатых колес до подшипников находят все более широкое применение в машиностроении. Для трубопроводов и емкостей, предназначенных для агрессивных сред, наиболее экономичными оказались также полимерные материалы.

В любом случае речь идет о максимальной экономической выгоде, достичь которой можно лишь благодаря специфическим свойствам пластмасс.

Выбор способа проведения полимеризации определяется:

1) задачами, которые ставятся при осуществлении процесса. Это, например, получение полимера определенной молекулярной массы или молекулярно-массового распределения;

2) требованиями, предъявляемыми к получаемому продукту. Например, для производства ряда изделий из полимеров необходимы их растворы, ряд изделий получают из полимера, находящегося в виде гранул или порошка;

3) природой компонентов полимеризационной системы;

4) технологическими требованиями. Например, возможностями оборудования и т.д.

Различают следующие промышленные способы полимеризации:

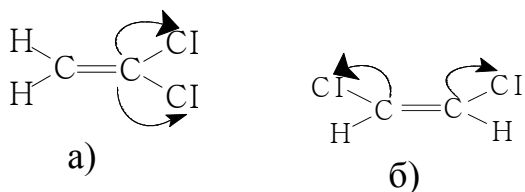
- в среде мономера (газофазная, в массе или блоке);
- в растворе;
- в эмульсии или латексная;
- в суспензии или бисерная, гранульная или жемчужная.

В лабораторной практике используются и ряд других способов, например, полимеризация в жидких кристаллах, полимеризация на матрицах и другие.

Необходимо отметить, что все реакции полимеризации относятся к реакциям присоединения. Поэтому в реакции полимеризации могут выступать, как правило, мономеры, в молекулах которых имеются кратные связи.

На способность мономеров к полимеризации сильно влияет взаимное расположение кратных связей. Наиболее легко полимеризуются мономеры с сопряженными двойными связями  $\text{---C=C---C=C---}$ .

При одинаковом числе и расположении кратных связей более легко полимеризуются мономеры с ассиметрическим строением молекул:



Легче полимеризуется транс-дихлорэтилен (а), чем цис-дихлорэтилен (б). Это объясняется тем, что при несимметричном строении происходит смещение электронной плотности у кратной связи, вызывающее ее разрыв и дальнейшее соединение молекул друг с другом (полимеризация мономера).

Количество кратных связей в мономере сказывается на структуре полимера. Если исходный мономер содержит одну двойную связь, то образующийся полимер имеет линейное строение и является насыщенным. При наличии более двух кратных связей могут образовываться полимеры разветвленного или пространственного строения, имеющие в своем составе кратные связи.

**Цепной полимеризацией** называется процесс взаимодействия неустойчивой частицы – иона или радикала с молекулой мономера, который приводит к образованию новой неустойчивой более тяжелой частицы, продолжающей цепь реакций.

Теория цепных реакций разработана лауреатом Нобелевской премии академиком Н.Н. Семеновым и английским химиком Хиншелвудом.

Цепные реакции полимеризации протекают в три стадии: зарождение цепи, рост цепи, обрыв цепи. На последней стадии утрачивается активный центр и прекращается рост полимера.

**Активными центрами** реакции цепной полимеризации могут быть: 1) свободные радикалы (электронейтральные частицы, имеющие один или два неспаренных электрона); 2) ионы (положительно или отрицательно заряженные частицы) или ион-радикалы. В соответствии с характером активных центров различают: гомолитическую (радикальную) и гетеролитическую (ионную) полимеризацию (анионную или катионную).

От **способа инициирования** (зарождение активного центра и разрыва кратных связей в мономере) различают термическую, фотохимическую, радиационную полимеризацию, химически иницированную.

При *термической полимеризации* инициирование может быть вызвано действием температуры. В чистом виде термическая полимеризация наблю-

дается крайне редко, т.к. даже ничтожные примеси кислорода и других веществ могут выполнять роль инициаторов, ингибиторов и т.д., искажая тем самым «чисто» термический характер реакции. Термическая полимеризация протекает очень медленно, не представляет большого практического значения.

При *фотохимической полимеризации* разрыв кратных связей происходит в результате облучения мономера ультрафиолетовым светом ртутно-кварцевых ламп. Происходит эта полимеризация в мягких условиях и позволяет получать полимеры из таких мономеров, которые с трудом полимеризуются другими путями.

При *радиационной полимеризации* разрыв кратных связей происходит под воздействием на мономер частиц высоких энергий ( $\alpha$ -,  $\gamma$ - частиц, электронов и др.). Полимеризация идет быстро, дает полимеры высокой чистоты.

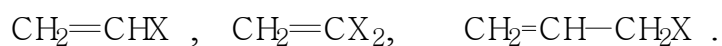
*Химическое инициирование* достигается путем добавления к мономеру инициаторов. В качестве инициаторов применяют неорганические и органические соединения. Органические инициаторы – это перекиси дикарбоновых кислот и их производных. Неорганические инициаторы - преимущественно персульфаты или редокс-системы на их основе.

В настоящее время установлено, что термическая полимеризация, фотополимеризация и полимеризация инициированная перекисями, азо- и диазосоединениями протекают с образованием *свободных радикалов*.

**Ионная полимеризация** протекает под действием катализаторов ( $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{BF}_3$ ,  $\text{SnCl}_4$ , Na, Li, Ca, Mg, кислот, металлоорганических соединений, комплексных катализаторов), поэтому она называется также каталитической полимеризацией.

**Радикальной полимеризацией** называется вид полимеризации, при котором активной частицей, ведущей рост цепи полимера, является свободный радикал, образующийся в результате гомолитического распада ковалентной связи. Мономерами радикальной полимеризации являются винильные, винилиденовые, алильные соединения:





Возникновение свободного радикала всегда связано с затратами дополнительной энергии, которая должна быть сообщена молекуле.

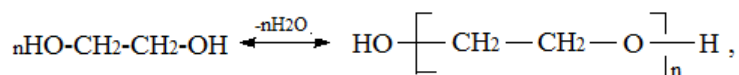
Важное значение имеет полимеризация с применением инициаторов. Количество инициатора, применяемого при полимеризации обычно невелико, и колеблется в пределах 0,1 – 1,0 % от массы мономера.

**Инициаторами** называют неустойчивые соединения, легко распадающиеся в условиях процесса на свободные радикалы: перекиси, гидроперекиси, азо-, diaзосоединения.

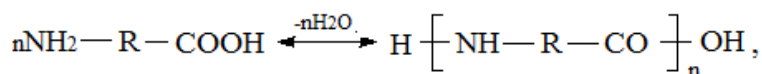
**Поликонденсацией** – называется реакция соединения большого числа молекул за счет активных функциональных групп, сопровождающаяся отщеплением низкомолекулярных веществ: воды, аммиака, хлористого водорода, спирта и др.

По характеру функциональных групп, взаимодействующих между собой при поликонденсации, мономеры делятся на:

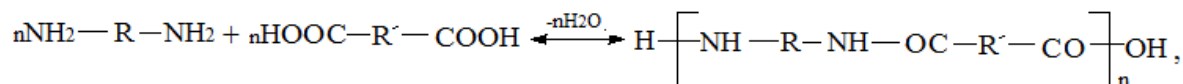
1. Мономеры с взаимодействующими однородными функциональными группами



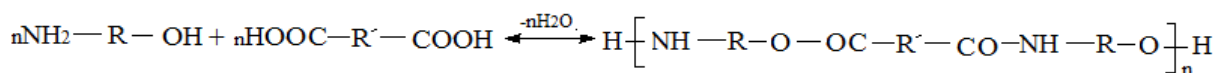
2. Мономеры с взаимодействующими разнородными функциональными группами



3. Мономеры с невзаимодействующими однородными функциональными группами

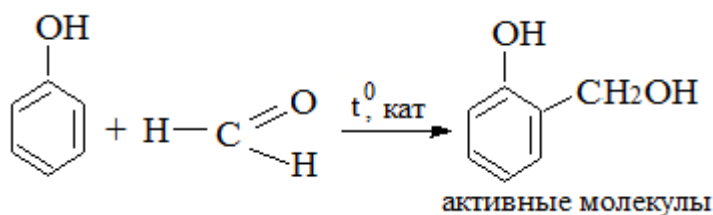


4. Мономеры с невзаимодействующими разнородными функциональными группами

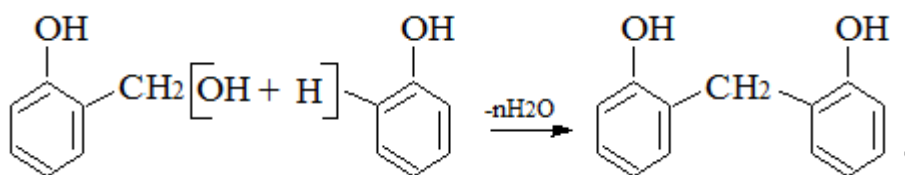


Как и всякий процесс образования полимеров, поликонденсация также протекает в три стадии:

1. *Образование активных центров в мономере* должно происходить заранее, до начала реакции поликонденсации или представлять собой активацию имеющихся в мономере функциональных групп под влиянием условий процесса. Например, при синтезе фенолоформальдегидного полимера:



2. *Рост цепи* – это та стадия, при которой происходит отщепление малых молекул. Это приводит к тому, что состав элементарных звеньев полимера не соответствует составу исходных мономеров. В этом заключается одно из основных отличий реакции поликонденсации от реакции полимеризации



В результате каждой элементарной реакции конденсации образуются вполне устойчивые соединения, которые могут быть выделены из сферы реакции. Но эти соединения содержат реакционноспособные функциональные группы, которые при постоянной активации могут участвовать в дальнейшей конденсации. Таким образом, может возникнуть представление, что реакция будет идти бесконечно и весь мономер превратится в одну макромолекулу. В действительности получают полимеры с ограниченным молекулярным весом. Это объясняется тем, что все реакции поликонденсации являются обратимыми, как и все реакции конденсации.

При достижении состояния равновесия скорость образования полимера равна скорости его разложения. Смещение равновесия путем удаления из сферы реакции, выделяющегося при конденсации низкомолекулярного веще-

ства (*a*) будет способствовать получению полимера с большей молекулярной массой. Для этого повышают температуру реакционной среды или ведут процесс при пониженном давлении. Повышение температуры необходимо также для активации функциональных групп и понижения вязкости среды (для поддержания постоянства скорости процесса), а понижение давления способствует устойчивости полимера при высокой температуре.

3. *Обрыв цепи*. Процесс поликонденсации может прекратиться по многим причинам: установившегося равновесия, увеличения вязкости среды и снижение при этом подвижности молекул, нарушения эквивалентности функциональных групп (например, при введении специальных веществ).

### **Факторы, влияющие на процесс поликонденсации**

1. Молекулярная масса полимера при доведении реакции до равновесия не зависит от концентрации мономера. Скорость же поликонденсации пропорциональна концентрации реагирующих веществ. Поэтому с повышением концентрации мономера сокращается время, необходимое до достижения равновесия и получения полимера с максимальной молекулярной массой.

2. Скорость реакции поликонденсации увеличивается с повышением температуры. Но поскольку тепловые эффекты реакции поликонденсации обычно невелики (8-10 ккал/моль), то температура реакции влияет очень мало на молекулярный вес полимера, но ускоряет приближение системы к состоянию равновесия.

3. Катализатор, повышая скорость реакции, будет лишь ускорять приближение системы к равновесию, не влияя на молекулярную массу конечного продукта. Катализаторами реакции поликонденсации являются вещества кислотного-основного характера.

4. Если в систему вводить монофункциональное соединение, способное вступать во взаимодействие с одной из функциональных групп мономеров участвующих в поликонденсации, то оно блокирует эти функциональные группы и прекращает процесс поликонденсации. *Правило неэквивалентности функциональных групп* особенно важно учитывать при гетерополикон-

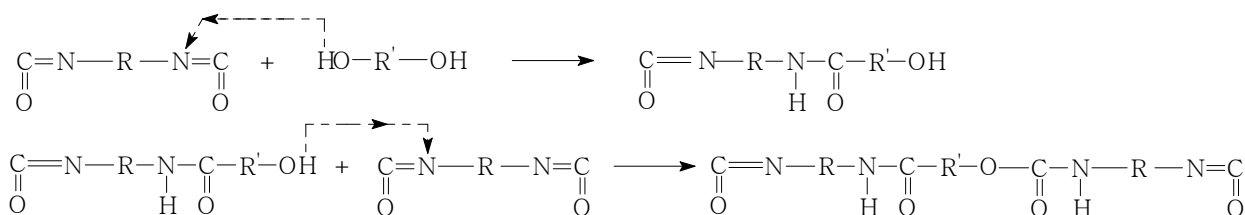
денсации. Такие вещества называются *стабилизаторами*, т.к. они способны регулировать молекулярную массу конечного продукта.

5. Иногда эквивалентное соотношение функциональных групп нарушается вследствие химического взаимодействия части их при высокой температуре (декарбоксилирования, отщепление воды и др.). В присутствии кислорода воздуха число возможных побочных реакций может увеличиться, поэтому поликонденсацию проводят в среде инертного газа.

### Ступенчатая полимеризация

*Ступенчатая полимеризация* - реакция соединения молекул мономера друг с другом, протекающая за счет миграции (перемещения) какого-либо подвижного атома (большой частью атома водорода) от одной молекулы к другой.

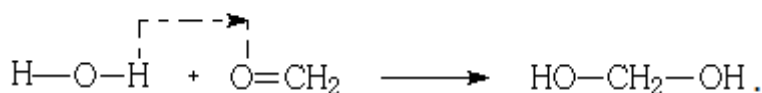
Примером ступенчатой полимеризации может служить образование полиуретана при взаимодействии двухатомных спиртов с диизоцианатами:



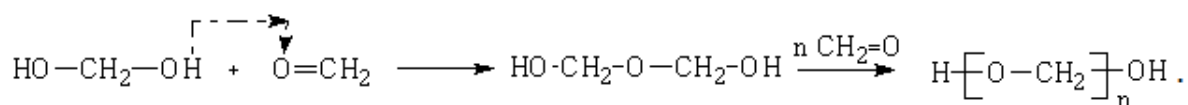
и т.д.

При ступенчатой полимеризации промежуточные продукты имеют такую же реакционную способность, как и исходный мономер. Поэтому на всех стадиях роста цепи присоединение молекул мономера происходит с одинаковой скоростью.

Другим примером миграционной полимеризации является гидролитическая полимеризация под действием воды, кислот, спиртов и др. соединений, содержащих подвижный атом водорода (активаторов). Примером может служить полимеризация формальдегида в присутствии воды:



Дальнейший рост цепи протекает с миграцией атома водорода и образованием полиоксиэтилена:



Гидролитическая полимеризация используется также при полимеризации циклических окисей. Методом ступенчатой полимеризации получают сравнительно ограниченное число ВМС (полиформальдегид, полиуретан, эпоксидные смолы и др.).

### Способы проведения поликонденсации

В зависимости от требований, предъявляемых к полученным продуктам, вида мономеров, природы инициатора и способа регулирования молекулярной массы полимера используют разные технологические способы проведения процесса образования полимера.

Различают два типа реакций поликонденсации:

- обратимую поликонденсацию,
- необратимую поликонденсацию.

Обратимая поликонденсация является равновесной реакцией.

Для получения поликонденсационных полимеров применяют два своеобразных способа: **в расплаве** и **на поверхности раздела двух фаз**. Если исходные компоненты и полимер устойчивы при температуре плавления, поликонденсацию проводят в расплаве при температуре 200-280<sup>0</sup>. Очень важно обеспечить равномерный обогрев реакционной смеси. Для уменьшения вероятности протекания побочных реакций (окисления, разложения, декарбонирования и др.) процесс проводят в атмосфере инертного газа и заканчивают обычно в вакууме для более полного удаления малых молекул, образующихся в процессе поликонденсации. По окончании реакции и охлаждении реактора полимер застывает в виде блока, имеющего форму реактора. Последующая переработка таких блоков затруднена и поэтому расплавленную массу полимера выдавливают из реактора в виде ленты, которую после охлаждения измельчают. Из полученной крошки формуют различные изделия.

По второму методу получают полиэферы, полиамиды, полиуретаны и многие другие поликонденсационные смолы. В качестве исходных продуктов используют диамины или гликоли и хлорангидриды соответствующих кислот, при этом в качестве побочного вещества выделяется хлористый водород. Диамин или гликоль растворяется в воде, хлорангидрид кислоты растворяется в бензоле или хлороформе. Поликонденсация происходит в органической фазе, в которую диффундирует диамин или гликоль. Выделяющийся хлористый водород быстро уходит в водную фазу, где связывается заранее добавленной содой. Полимер в виде пленки образуется на границе раздела двух несмешивающихся жидких фаз и непрерывно извлекается (вытягивается) из реакционной среды. В данных условиях реакция протекает при комнатной температуре с большой скоростью и образующиеся полимеры имеют очень большую молекулярную массу.

Получение полимеров полимеризацией в массе включает в себя следующие основные операции, которые могут быть представлены в виде блок-схемы: первая стадия – подготовка мономера – предполагает освобождение от ингибитора. Эта операция осуществляется по следующим вариантам:

- 1) перегонкой;
- 2) промывкой растворами КОН, NaOH и последующим удалением через водную фазу;

3) в производстве часто ингибиторы не удаляют из мономера, а вводят дополнительные порции инициатора, уничтожающего ингибиторы.

Первых два метода находят применение лишь в лабораторной практике.

### **Тестовые задания для самоподготовки**

1. Процесс образования высокомолекулярного вещества путем соединения друг с другом исходных низкомолекулярных веществ:

- |                          |                    |
|--------------------------|--------------------|
| а) полимеризация         | в) алкилирование   |
| б) диспропорционирование | г) галогенирование |

2. Полимеризация олефинов в зависимости от механизма может быть двух видов:
- а) радикальная и сополимерная    в) радикальная и каталитическая  
б) изомерная и каталитическая    г) сополимерная и изомерная
3. Реакция полимеризации не характерна для:
- а) альдегидов                                  в) алкенов  
б) кетонов                                        г) алкадиенов
4. Выделяют .... стадии полимеризации:
- а) 2     в) 4  
б) 3     г) 5
5. Реакцию, в которую вступают смеси мономеров называют смешанной полимеризацией или:
- а) димеризацией                                  в) сополимеризацией  
б) тримеризацией                                г) ионизацией
6. Заключительной стадией полимеризации является:
- а) ингибирование                                в) инициирование  
б) обрыв цепи                                      г) пластификация
7. Исходные низкомолекулярные вещества в процессе полимеризации называются:
- а) олигомеры                                      в) димеры  
б) мономеры                                        г) тримеры
8. Полимеризация, которая протекает под действием протондонорных катализаторов называется:
- а) катионной                                        в) радикальной  
б) анионной                                        г) сополимерной
9. Отношение скоростей прямой и обратной реакций при полимеризации называют:
- а) степенью полимеризации                в) константой равновесия  
б) константой растворимости            г) ростом цепи
10. Цепная молекула полимера называется:

- а) макромолекулой
- б) мономером
- в) мегамолекулой
- г) изомером

11. Отличительной особенностью полимеров является:

- а) износостойкость
- б) низкая химическая активность
- в) термоустойчивость
- г) большая молекулярная масса

12. К образованию ВМС приводят:

- а) полимеризация и поликонденсация
- б) ингибирование и поликонденсация
- в) катализ и полимеризация
- г) поликонденсация и катализ

13. Процесс образования полимера из низкомолекулярного соединения, содержащего две или несколько функциональных групп с выделением простого вещества, называется:

- а) поликонденсация
- б) олигомеризация
- в) полимеризация
- г) димеризация

14. Величина, указывающая на число мономерных звеньев, образующих макромолекулу называется:

- а) масса полимеризации
- б) число полимеризации
- в) уровень полимеризации
- г) степень полимеризации

15. Если основная цепь полимера имеет боковые ответвления меньшей длины, чем основная цепь, состоящие также из элементарных звеньев, то такой полимер называется:

- а) разветвленным
- б) сетчатым
- в) пространственным
- г) линейным

**Литература:** [1 – гл. 1, §§ 1.1 – 1.5]; [2 – гл. II, §§ 17–19, гл. III, §§ 20 – 35].  
**Лекция 3.**

**Тема: СВОЙСТВА ПОЛИМЕРОВ И МАТЕРИАЛОВ НА ИХ ОСНОВЕ**

**План лекции:**



1. Основные свойства полимеров, определяющие их переработку в изделия. Технологические свойства полимерных материалов.

2. Реологические свойства. Взаимосвязь молекулярной структуры и технологических свойств полимерных материалов.

3. Методы испытания полимерных материалов. Механические свойства полимерных материалов. Прочностные и деформационные свойства.

При осуществлении полимеризации необходимо помнить, что это сильно экзотермический процесс. При электронной перестройке одного моля двойных связей освобождается порядка 20 ккал (80 кДж), поскольку  $\pi$ -электронный уровень расположен выше уровня  $\sigma$  - электронов. Таким образом, свободнорадикальная атака мономера при иницировании полимеризации – экзотермический процесс, в то время как разложение инициатора на свободные радикалы – эндотермическая реакция.

Одновременно существуют и ряд других физических аспектов полимеризации, которые определяют, например, полимеризуется ли мономер в конденсированной или газообразной фазе, полимеризуется ли мономер в массе или в присутствии других инертных компонентов: растворителя или осадителя. При этом ряд факторов, таких как природа мономера, тип выбранного механизма полимеризации, физическое состояние образующегося полимера, наконец, возможность проведения процесса в промышленных условиях, определяют физические условия, при которых следует проводить полимеризацию.

Выбор способа проведения полимеризации определяется:

5) задачами, которые ставятся при осуществлении процесса. Например, получение полимера определенной молекулярной массы или молекулярно-массового распределения;

б) требованиями, предъявляемыми к получаемому продукту. Например, для производства ряда изделий из полимеров необходимы их растворы, ряд изделий получают из полимера, находящегося в виде гранул

или порошка;

- 7) природой компонентов полимеризационной системы;
- 8) технологическими требованиями. Например, возможностями оборудования и т.д

Известны следующие основные способы полимеризации: блочная, в растворе и эмульсионная полимеризация. В лабораторной практике используются и ряд других способов, например, полимеризация в жидких кристаллах, полимеризация на матрицах и другие.

**Блочная полимеризация** или полимеризация в массе проводится в среде чистого мономера чаще всего в присутствии инициатора. В результате образуется монолитная твердая масса полимера (блок), имеющая форму сосуда, в котором проводилась реакция.

Технологические процессы могут быть периодическими или непрерывными. Их можно проводить или в одном аппарате или в нескольких реакторах специальной конструкции. На практике выбор типа реактора часто осуществляется интуитивно. Протообразом его может служить лабораторный или пилотный реактор. Принятая в химической технологии классификация реакторов основана на различии движения потока реагентов. В реакторах смешения обеспечивается надежное перемешивание реагирующих веществ по всему объему аппарата. В реакторах вытеснения такое перемешивание различных элементов среды в направлении движения потоков не предусматривается.

Применяемые в промышленности устройства для проведения полимеризации в массе, можно разделить на четыре основные группы.

1. Реакторы смешения (протообраз – колба с мешалкой) могут использоваться для проведения как периодического, так и непрерывного процессов. Это разнообразные по конструкции вертикальные и горизонтальные емкостные аппараты, оборудованные различными перемешивающими устройствами (лопастные мешалки, турбинные, дисковые и др.). Мешалки рассчитаны на высоковязкие среды. Теплосъем в аппара-

тах этого типа осуществляется через рубашку или внутренние змеевики, полости в мешалке, где циркулирует теплоноситель. В некоторых случаях для увеличения теплосъема и сохранения теплового баланса процесса полимеризацию ведут при кипении мономера, регулируя соответствующим образом давление в аппарате. Избыточное тепло реакции расходуется на испарение части мономера, который затем может возвращаться в цикл.

2. Реакторы вытеснения (прообраз – труба, колонна) обычно используют для проведения непрерывного процесса. Это шнековые устройства, аппараты трубчатого и колонного типов. Теплосъем осуществляется через рубашку, а в колоннах - с помощью встроенных поверхностей. Для таких аппаратов характерно наличие градиента температур и концентраций по длине реактора. По сравнению с единичным реактором смешения здесь достигают более высоких степеней превращения мономера.

3. Комбинированные установки. Они включают в себя последовательно соединенные реакторы первого и второго типов. В этом случае удается обеспечить наиболее гибкое управление процессом, что особенно важно при получении различных марок продуктов путем регулирования режима синтеза.

4. Полимеризационные формы. К этому типу относятся различные периодически и непрерывно действующие устройства, в которых не происходит перемешивания реагентов, и продукт получается непосредственно в виде готового изделия. Примером такого процесса является получение капролона, органического стекла. Стадии окончательного формования часто предшествует получение жидкого форполимера в реакторе периодического действия с мешалкой.

После стадии полимеризации в большинстве случаев следует стадия удаления неконвертированного мономера, присутствие которого в полимере может вызвать ухудшение его физико-химических свойств, осложнение условий его переработки. Мономеры, как правило, реактивны и биологически агрессивны. Иногда токсичность мономеров (например, фторо-

лефинов) может быть обусловлена продуктами взаимодействия этих мономеров с кислородом воздуха.

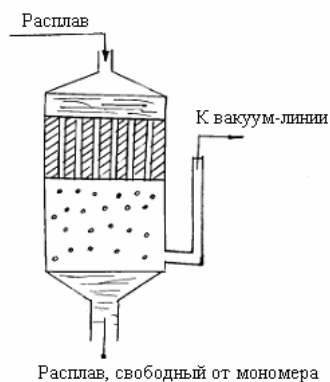


Рис. 1. Демомеризатор в производстве полистирола

Принцип действия аппаратов по удалению неконвертированного мономера основан на различных свойствах мономера и полимера. Относительно просто эта задача решается в том случае, когда полимеризация ведется при высоком давлении, например, при получении полиэтилена. Благодаря резкому снижению давления в разделителе и газообразному состоянию мономера при обычных условиях он полностью испаряется из расплава полимера. В других процессах для удаления мономера используют специальные устройства (шнеки, вакуум-камеры), работающие под вакуумом. Так, в производстве полистирола используют вакуумную камеру (рис.1).

Расплавленный полимер, содержащий стирол, нагнетается под давлением в трубчатку, где нагревается теплоносителем. Затем расплав попадает в полую камеру, в которой создается вакуум. Струйки полимера разрываются из-за перепада давления на капли, и мономер испаряется. Очищенный расплав скапливается на дне и выгружается шнеком. Подобный эффект в технике называется дроссельным.

Рассмотрим в качестве примера полимеризации в массе один из вариантов получения блочного полистирола (рис.2). Для проведения полимеризации по этому способу имеется установка предварительной полимеризации (1), в которой получается сироп, содержащий до 40 % полимера.

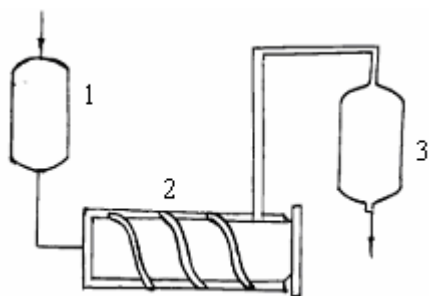


Рис. 2. Принципиальная схема получения полистирола в массе

Температура в аппарате поддерживается в интервале от  $80^{\circ}\text{C}$  до  $110^{\circ}\text{C}$ . Затем сироп поступает в транспортировочный шнек (2), в котором температура медленно повышается до тех пор, пока не заполимеризуется большая часть мономера. В конце этой стадии продукт, имеющий уже температуру около  $200^{\circ}\text{C}$ , поступает в испарительную башню (3), в которой тонкие нити расплавленного полимера падают в вакуумную камеру. В этих условиях удаляется основная часть мономера и других летучих продуктов.

*Достоинством* метода является получение полимера в чистом состоянии, а *недостатком* – трудность отвода большого количества тепла, выделяющегося в процессе полимеризации, что ухудшает равномерность температурного режима процесса и затрудняет получение полимера с необходимой молекулярной массой. Кроме того, удаление блока и его переработка связаны с большими трудностями. Во избежание этого полимеризацию проводят с малой скоростью в небольшом объеме. Метод применяют в том случае, когда полученный блок поступает в эксплуатацию без какой-либо сложной дополнительной обработки. Блочным способом получают полистирол, поливинилхлорид, полиметилметакрилат (прозрачные стекла).

**Полимеризацию в растворе** осуществляют в среде растворителя, в котором растворяется мономер и полимер, или в среде растворителя, в котором растворяется только мономер. По первому методу полученный раствор полимера – «лак» применяют как таковой или выделяют полимер осаждением или испарением растворителя. Во втором случае полимер по мере образова-

ния выпадает в твердом виде и может быть отделен фильтрованием. В растворе главным образом проводят каталитическую полимеризацию.

Получение полимеров полимеризацией в растворе включает в себя следующие основные технологические операции, которые можно представить блок-схемой. В качестве примера рассмотрим технологическую схему получения сополимеров акрилонитрила (рис. 3).

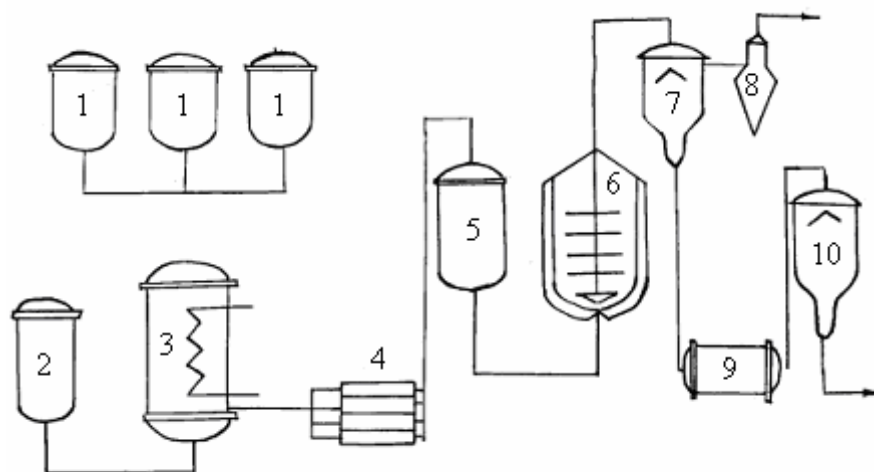


Рис. 3. Схема производства полиакрилонитрила в растворе:

1 – напорные баки для мономеров; 2 – напорный бак для растворителя; 3 – теплообменник; 4 – счетчики-дозаторы для мономеров и растворителя; 5 – смеситель реакентов; 6 – реактор; 7 – демономеризатор; 8 – конденсатор для мономеров; 9 – промежуточный бак; 10 – аппарат для удаления воздуха из прядильного раствора (деаэратор)

Растворитель – раствор роданида натрия в воде готовится в аппарате 2, затем он транспортируется в реактор 6, куда подаются также акрилонитрил, небольшое количество метилакрилата и итаконовой кислоты. Реакционная смесь подается в полимеризатор снизу, раствор полимера отводится сверху и подается в демономеризатор 7, раствор полимера идет на формование волокна.

В промышленности полимеризацию в растворе проводят в горизонтальных и вертикальных емкостных аппаратах, оборудованных перемешивающими устройствами различного типа (мешалками, насосами, шнеками). Аппараты смешения используются значительно чаще, чем аппараты вытеснения. Периодические процессы осуществляют обычно в единичных реакто-

рах объемом до нескольких м<sup>3</sup>, часто в переменных (неизотермических) режимах. Для ведения непрерывных процессов используют каскады последовательно соединенных аппаратов, работающих при одинаковых или различных температурах. Такая технологическая схема обусловлена малыми степенями превращения реагентов в одном реакторе.

Тепловой режим в реакторе регулируют, используя теплообмен через рубашку аппарата, встроенные змеевики или специальные поверхности, в которых циркулирует теплоноситель. Более эффективный способ поддержания изотермического режима – отвод тепла за счет испарения части растворителя или мономера из реакционной зоны. Таким способом ведут полимеризацию в растворах этилена, пропилена, изобутилена, характеризующуюся большими тепловыми эффектами. В этом случае температуру процесса можно регулировать, подбирая растворитель с определенной температурой кипения (например, используют смеси растворителей) или соответствующим образом регулируя давление в реакторе.

Другой распространенный способ поддержания автотермического режима в реакторе непрерывного типа - использование тепла реакции на подогрев исходной смеси в реакторе смешения.

В случае гетерогенной полимеризации образовавшийся продукт отделяют от реакционной среды обычными для химической технологии методами: фильтрацией, центрифугированием, реже используют отгонку растворителя под вакуумом или перегонку с острым паром.

При осуществлении ионной полимеризации в растворе полученные полимеры содержат сорбированные или химически связанные катализаторы, которые отрицательно влияют на их физико-химические свойства. Поэтому оставшийся катализатор разлагают или нейтрализуют с помощью какого-либо химического агента, а затем отделяют путем промывки водой или растворителем. Естественно, наличие таких операций усложняет технологию и повышает себестоимость продукции. Возможный способ преодоления этих трудностей - подбор высокоактивных катализаторов, которые мож-

но применять в столь малых концентрациях, что они, оставаясь в продукте, не окажут влияния на свойства полимеров.

Полимеризация в растворе по сравнению с другими методами полимеризации имеет **преимущество** с точки зрения легкости управления процессом. Это означает, что здесь можно осуществить тонкую регулировку температуры вплоть до глубоких степеней превращения мономера.

В данном варианте осуществления полимеризации имеется возможность регулирования молекулярной массы полимера в широких пределах, а также получение полимера требуемой структуры.

Однако разбавление мономера растворителем приводит к снижению скорости реакции. К **недостаткам** данного метода следует отнести необходимость дополнительных затрат на подготовку растворителя, отделение и регенерацию полимеризационной среды, промывку и сушку продукта. Все это делает полимеризацию в растворе экономически менее выгодной, чем другие варианты.

В основном, полимеризацию в растворе используют в мало- и среднетоннажном производстве, причем там, где конечный продукт применяют в виде раствора: лак, клей, связующее, прядильный раствор, или же в тех случаях, когда другие методы не позволяют получать продукты требуемой структуры, например, поливинилацетат и др.

Значительно более важную роль полимеризация в растворе играет при осуществлении ионных и координационноионных процессов. Это важнейший и практически единственный способ проведения полимеризации на гетерогенных каталитических системах. Этим способом получают различные виды каучуков: бутилкаучуки, бутадиен-стирольные каучуки, а также полиэтилен низкого давления, полипропилен, полиизобутилен.

**Эмульсионная полимеризация** является наиболее распространенным промышленным способом получения полимеров. Эмульсионная полимеризация протекает с большей скоростью при относительно низкой температуре, что позволяет получать полимеры с высокой средней молекулярной массой



(М) и относительно низкой полидисперсностью. В качестве дисперсионной среды обычно используют воду, приготавливая эмульсию, содержащую 30-60% мономера. Такие эмульсии неустойчивы и поэтому в систему вводят эмульгатор, который стабилизирует эмульсию. В качестве эмульгаторов применяют мыла жирных кислот, соли ароматических сульфокислот и другие поверхностно-активные вещества (ПАВ). Обычно эмульсионную полимеризацию проводят в присутствии водорастворимых инициаторов (персульфатов калия, натрия, аммония –  $\text{Me}_2\text{S}_2\text{O}_8$ , перекиси водорода и др.). В результате такой полимеризации эмульсия мономера превращается в тонкую дисперсию полимера – *латекс*, который или непосредственно используется для дальнейшей переработки. При эмульсионной полимеризации основными компонентами реакционной смеси являются: мономер, инициатор, дисперсионная среда, эмульгатор. Кроме того, в реакционную смесь вводят регуляторы pH (буферные смеси), регуляторы полимеризации для получения более однородных макромолекул. Процесс ведут при нагревании и перемешивании.

Эмульсионная полимеризация в промышленности чаще всего осуществляется по непрерывной схеме, которая имеет высокую производительность, требует меньших трудозатрат, легко поддается механизации и автоматизации, а также дает возможность легкого устранения ингибирующего влияния кислорода воздуха, попадающего в зону реакции вместе с исходными веществами.

По непрерывной технологии полимеризацию чаще всего проводят в каскаде полимеризаторов автоклавного типа, соединенных между собой линиями трубопроводов для перемещения реакционной массы из аппарата в аппарат. Каскад полимеризаторов чаще всего состоит из 3-12 автоклавов с мешалками, рассчитанных на давление 1,2 Мпа и объемом 12-40 м<sup>3</sup>, имеющих рубашку для подачи охлаждающей воды.

В том случае, если латекс необходим как готовый продукт, то после удаления неконвертированного мономера, осуществляемого из тонких пленок латексов, технологический процесс эмульсионной полимеризации на

этом заканчивается. Латексные полимеры находят самостоятельное применение, они очень удобны для приготовления резиновых смесей, т.к. легко смешиваются с наполнителями и другими ингредиентами. Синтетические латексы широко применяются для производства водных красок, а также могут быть использованы для пропитки, в качестве клеев и т.д.

Стадия «выделение полимера» - это разрушение латекса. На практике используются следующие приемы:

- 1) добавление раствора электролита при нагревании;
- 2) вымораживание;
- 3) продавливание латекса через узкие отверстия под давлением;
- 4) распыление латекса в горячем воздухе;
- 5) подача острого пара.

Во всех случаях полимер выделяется в виде порошка. Назначение промывки – удаление из полимера остатков эмульгатора, а также коагулянта, если таковой был использован для разрушения латекса. Все промывные воды проходят очистку. Сушка полимера осуществляется обычным образом.

#### **Достоинства и недостатки способа эмульсионной полимеризации**

Эмульсионный вариант синтеза полимера имеет ряд несомненных преимуществ, из которых следует отметить:

- 1) продукты синтеза – синтетические латексы – находят во многих случаях непосредственное применение, что исключает необходимость стадий выделения полимера из реакционной массы;
- 2) эмульсионная полимеризация протекает с высокой скоростью и обеспечивает получение полимера высокой молекулярной массы;
- 3) скорости инициирования, обрыва и передачи цепи легко регулировать, поэтому процессы протекают с высокими скоростями при относительно низких температурах от 0 до 50 °С;
- 4) возможность реализации непрерывных процессов;
- 5) возможность получения высококонцентрированных латексов с малой вязкостью, что облегчает перемешивание и транспортировку.

К недостаткам можно отнести:

- 1) необходимость в ряде случаев выделения полимера из латекса;
- 2) загрязнение полимера остатками эмульгатора и коагулянта;
- 3) подготовка и очистка больших количеств воды.

### Тестовые задания для самоподготовки

1. Процесс образования высокомолекулярного вещества путем соединения друг с другом исходных низкомолекулярных веществ:

- |                          |                    |
|--------------------------|--------------------|
| а) полимеризация         | в) алкилирование   |
| б) диспропорционирование | г) галогенирование |

2. Полимеризация олефинов в зависимости от механизма может быть двух видов:

- |                               |                                 |
|-------------------------------|---------------------------------|
| а) радикальная и сополимерная | в) радикальная и каталитическая |
| б) изомерная и каталитическая | г) сополимерная и изомерная     |

3. Реакция полимеризации не характерна для:

- |               |               |
|---------------|---------------|
| а) альдегидов | в) алкенов    |
| б) кетонов    | г) алкадиенов |

4. Для улучшения механических свойств полимеров в их состав вводят:

- |                 |                  |
|-----------------|------------------|
| а) разрыхлители | в) катализаторы  |
| б) наполнители  | г) стабилизаторы |

5. К синтетическим полиамидным волокнам относятся:

- |                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| а) вискоза, лавсан, капрон | в) только капрон          |
| б) капрон, нейлон, энант   | г) нейлон, лавсан, капрон |

6. Высокомолекулярные кремний-органические соединения придают материалам гидрофобность, т.е. образуют пленку, которая:

- |                                |                         |
|--------------------------------|-------------------------|
| а) отталкивает воду            | в) защищает от коррозии |
| б) усиливает термоустойчивость | г) придает негорючесть  |

7. Синтетические волокна особо широко применяются нами в:

- |                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| а) медицине                   | в) строительстве |
| б) текстильной промышленности | г) металлургии   |

8. Высокомолекулярные соединения из которых получают лавсан – это:

- а) полиен
- б) полиуретан
- в) полиэфир
- г) полиол

9. Капрон получают полимеризацией:

- а) этилена
- б) формальдегида
- в) виниловых эфиров
- г) капрола октама

10. На основе феноло-формальдегидных смол получают:

- а) фторопласты
- б) фенопласты
- в) пенопласты
- г) пентапласты

11. При поликонденсации формальдегида с мочевиной или меламином получают:

- а) фенолформальдегидные смолы
- б) параформ
- в) карбомидные смолы
- г) изопрен

12. Фенолформальдегидные смолы – это продукты поликонденсации:

- а) фенола и формальдегида
- б) нафтола и ацетальдегида
- в) фенола и ацетальдегида
- г) нафтола и формальдегида

13. Тефлон относится к:

- а) хлоропластам
- б) полиэфирам
- в) полиенам
- г) фторопластам

14. Вещества, которые предотвращают прилипание полимера к оборудованию –это:

- а) соосаждающие вещества
- б) отвердители
- в) индикаторы
- г) смазывающие вещества

15. Катализатор – диэтилалюминийхлорид, применяемый при производстве полипропилена считается особо опасным соединением. Почему:

- а) при контакте с водой и кислородом он взрывается
- б) не реагирует с водой
- в) не реагирует с кислородом

**Литература:** [1 – гл. 2, §§ 2.1– 2.3]; [2 – гл. IV, §§ 38 – 42, 46, 47].

#### **Лекция 4.**

### **Тема: ОСНОВНЫЕ ПОЛИМЕРЫ И ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

#### **План лекции:**

1. Классификация полимерных материалов по химическому строению полимерной цепи, по технологическим и эксплуатационным характеристикам.

2. Полимеры для производства пластмасс, волокон, пленок, получаемые цепной полимеризацией.

3. Полимеры для производства пластмасс, волокон, пленок, покрытий, получаемые по ступенчатым реакциям.

4. Натуральный и синтетические каучуки. Их получение, химическое строение, состав, выпускные формы, физические и технологические свойства, свойства вулканизатов и их применение. Взаимосвязь между структурой каучуков и их свойствами.

5. Жидкие олигомеры и получение полимерных материалов на их основе. Композиции двух и более полимеров.

6. Химически модифицированные полимеры: поливиниловый спирт, поливинилацетаты, хлорированный и сульфохлорированный полиэтилен, эфиры целлюлозы, ионообменные смолы и др.

Основная цель привитой сополимеризации - направленная модификация полимеров. Обычно привитые сополимеры растворяются значительно хуже, чем составляющие его гомополимеры. При добавлении к раствору привитого сополимера осадителя для одного из его компонентов происходит «внутримолекулярное осаждение» плохо растворимого компонента привитого сополимера с образованием частиц микрогеля; растворимые цепи удерживают частицы в растворе, образуя молекулы мицеллы – частицы геля осаж-

денного полимера, солюбилизованного растворимой частью молекулы. Эту особенность привитых сополимеров используют для получения устойчивых эмульсий и суспензий.

Возможность селективного действия растворителей на конформацию отдельных последовательностей привитых сополимеров позволяет реализовать глобулярную или фибриллярную структуру основной и боковых цепей и тем самым изменять свойства продуктов. Привитые сополимеры, состоящие из последовательностей дифильного характера, претерпевают микрорасслаивание не только в растворах, но и в твердой фазе. Этот процесс может происходить уже при синтезе и выделении привитых сополимеров либо при последующей их переработке. Химические связи между различными частями привитого сополимера препятствуют его макрорасслаиванию. Это свойство резко отличает привитые сополимеры от соответствующих термодинамически неустойчивых механических смесей полимеров; поэтому привитые сополимеры применяют там, где необходимы совместимые полимерные системы.

Благодаря наличию микрообластей, обогащенных тем или иным компонентом, привитые сополимеры существенно отличаются по свойствам от статистических сополимеров того же состава и характеризуются в большинстве случаев аддитивностью физико-механических свойств. Последняя отчетливо обнаруживается при термомеханических испытаниях привитых сополимеров, состоящих из несовместимых или мало совместимых компонентов. Для таких привитых сополимеров обнаружено существование двух температур стеклования, а температура их течения определяется максимальной температурой течения одного из компонентов, что позволяет в ряде случаев расширить температурный интервал высокоэластичного состояния. Пластификация таких привитых сополимеров осуществляется строго селективно путем растворения пластификатора в соответствующих микрообластях.

Существование областей микрорасслаивания определяет наиболее ценные в практическом отношении механические свойства привитых сополимеров. Связыванием воедино гибких и жестких сегментов в макромолеку-

лах привитых сополимеров получают ударопрочные пластики прививкой бутадиена, изопрена и некоторых  $\alpha$ -олефинов на полистирол, полиакрилонитрил, ПВХ. Привитую сополимеризацию широко используют для модификации поверхностных свойств (например, жесткости, атмосфере-, термо- и химической стойкости, адгезии, электрич. характеристик) полимерных и непolyмерных материалов, для придания антитромбогенных свойств поверхности искусств. сосудов и др. эндопротезов, для иммобилизации ферментов. С помощью прививки можно регулировать проницаемость полимерных покрытий и мембран.

### Тестовые задания для самоподготовки

1. Сущность, какого процесса заключается в образовании новых поперечных связей между полимерными цепями:

- а) изомеризация
- б) олигомеризация
- в) вулканизация
- г) полимеризация

2. Технический продукт превращения каучука:

- а) гуттаперча
- б) ликопин
- в) резина
- г) латекс

3. Фамилия ученого, разработавшего промышленный метод производства бутадиенового каучука:

- а) П. Карнер
- б) С.В. Лебедев
- в) Д.И. Менделеев
- г) Г. Вильямс

4. Первый промышленный метод производства бутадиенового каучука был разработан в:

- а) СССР
- б) Англии
- в) США
- г) Германии

5. В состав силиконовых каучуков входит:

- а) фосфор
- б) алюминий
- в) кремний
- г) азот

6. Натуральный каучук получают из молочного сока:

- а) хлебного дерева
- б) гивеи
- в) одуванчика
- г) секвойи

7. Прозрачная пленка, получаемая из вискозы – это:

- а) полиэтилен
- б) лавсан
- в) капрон
- г) целлофан

8. Структурное звено – это

- а) многократно повторяющаяся в макромолекуле группа атомов
- б) молекула вещества, из которого синтезируют полимер
- в) часть макромолекулы полимера

9. Для полимеров, полученных реакцией полимеризации, мономер и структурное звено имеют

- а) одинаковое строение
- б) одинаковые состав и строение
- в) одинаковый состав

10. Кристалличность полимеров означает, что

- а) макромолекулы полимеров имеют форму кристаллов
- б) такие полимеры – твердые вещества
- в) макромолекулы полимера расположены упорядоченно

11. Молекулярная масса полимера – это

- а) средняя величина, поскольку массы отдельных молекул различны
- б) приближенная величина
- в) постоянная величина

12. Линейные полимеры при нагревании

- а) сразу подвергаются химическому разложению
- б) сначала размягчаются, образуют вязкотекучую жидкость, затем разлагаются
- в) сначала размягчаются, образуют вязкотекучую жидкость, затем переходят в газообразное состояние

13. Полимер – это



- а) соединение большой молекулярной массы
- б) продукт реакции полимеризации
- в) высокомолекулярное соединение, состоящее из многократно повторяющихся групп атомов

14. Для полимеров, полученных в результате реакции полимеризации, мономер и структурное звено различаются

- а) составом
- б) количеством атомов водорода
- в) строением

15. Аморфное состояние полимера характеризуется

- а) вязкостью
- б) отсутствием упорядоченности макромолекул
- в) изменением молекулярной массы

**Литература:** [1 – гл. 4, § 4.1]; [2 – гл. VII, §§ 73, 74].

## **Лекция 5.**

### **Тема: ИНГРЕДИЕНТЫ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ И ИХ РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

#### **План лекции:**

1. Роль ингредиентов и механизм их действия в полимерах. Общие требования, предъявляемые к ингредиентам и оценка их качества. Отверждение и вулканизация как процессы формирования сетчатых полимеров. Структура сетчатого полимера, параметры сетки. Влияние структуры вулканизационной сетки на свойства конечного продукта.

Отвердители и вулканизирующие вещества. Ускорители и активаторы отверждения и вулканизации, их классификация и влияние на структуру и свойства вулканизатов. Старение полимерных материалов под влиянием тепла, света, кислорода, озона, многократных деформаций и т.п. Методы исследования старения. Классификация противостарителей. Наполнение и наполнители. Система полимер – наполнитель. Теории усиления полимеров наполнителями. Классификация наполнителей.

Армирование и армирующие материалы: текстиль, стекловолокна и ткани, металлокорд, асбест и др. Назначение и требования, предъявляемые к их качеству.

*Переработка полимерных материалов и полимеров – это совокупность технологических приемов, методов и процессов, посредством которых исходный полимер превращается в изделия с заданными эксплуатационными характеристиками.*

### **Основные процессы при переработке термопластов и терморектопластов**

В начале, составляют и готовят полимерную композицию, выбирая для этого ингредиенты, обеспечивающие нужные технологические и эксплуатационные свойства, а затем формуют изделие.

Существует два вида полимеров отличающихся своим отношением к нагреванию – термопластичные и терморективные. Термопластичные материалы претерпевают следующие процессы:

- размягчение или плавление материала;
- пластическую деформацию, в процессе которой ему придается вид будущего изделия;

- охлаждение до температуры, при которой может сохраняться приданная форма.

Все эти процессы могут сопровождаться структурными превращениями и изменениями физических и агрегатных состояний, то есть переходами из стеклообразного в высокоэластическое и вязкотекучее состояние и обратно.

Химических превращений при этом не происходит. Добавки влияют на температуру переработки. Пластификаторы снижают, наполнители увеличивают температуру переработки.

При изготовлении изделий из термореактивных материалов протекают процессы:

- размягчение материала до перехода его в высокоэластичное или вязкотекучее состояние;

- пластическая деформация, в процессе которой вводят необходимые ингредиенты и придается определенная форма изделию;

- нагревание до температуры отверждения ( $T_{\text{отв}}$ ): при этом протекают химические реакции сшивки. Если выделяются НМС, то предпринимаются меры для связывания НМС и снижения усадки (наполнение и охлаждение в форме).

Особое место занимает метод изготовления изделий из мономера: в этом случае протекает полимеризация в форме.

Существуют методы, сочетающие все эти способы.

### **Физические и механические свойства реактопластов**

*Достоинства реактопластов:* высокая нагревостойкость, жесткость, прочность, малая усадка, низкая ударная вязкость, устойчивость к старению, нерастворимость, водостойкость. Доступность исходного сырья, простая технология получения, негорючесть, высокая коррозионная стойкость, значительная прочность, низкие шероховатость, невысокая плотность, легкость монтажа, длительный срок эксплуатации, экологичность при строительстве и эксплуатации.

*Недостатки реактопластов:* длительная стадия высокотемпературного отверждения, невозможность повторного использования их и использования отходов (так как эти пластмассы необратимы). Недостатки обусловлены экзотермическими эффектами, объемными усадками и выделением летучих веществ при отверждении и связанными с этим дефектностью и нестабильностью формы изделий и их хрупкостью. Процессы формования изделий из реактопластов обычно более длительны и трудоемки, чем из термопластов. На предельных стадиях отверждения реактопласты не способны к повторному формованию и сварке.

*Виды изделий из реактопластов:* фурнитура из термостойких пластиков для посуды, диэлектрические компоненты радиоламп, электротехнические изделия, фрикционные накладки для лебёдок буровых агрегатов, тормозная колодка к агрегатам А-50 и различные изделия в виде рукояток для запорной арматуры газового и сантехнического оборудования, скобяных изделий (дверные, оконные ручки) и товары народного потребления - посуда, пепельницы, упаковочные шкатулки.

*Режимы формообразования термопластов:* существуют три основные технологические схемы переработки реактопластов в обогреваемых пресс-формах:

- прямое прессование;
- литьевое прессование;
- литье под давлением.

В промышленности широко используются первые две.

### **Способы формования изделий**

*Подготовка композиций к формованию.* Для переработки составные части композиции смешивают до однородной консистенции. Смешивание осуществляют специальными *мешалками* определенной формы (винтовые, лопастные, якорные и др.) или *вальцами*. Вальцы - полые цилиндры, вращающиеся навстречу друг другу; в зазоре между вальцами осуществляется перемешивание.

Полученную смесь далее *таблеттируют* или *гранулируют*. Таблетирование композиции проводят прессованием. Гранулирование – выдавливанием горячего полимера в виде прутков и нарезанием вращающимися ножами на гранулы.

Кому не приходилось склеивать дома полимерные пленки? Это или сваривание утюгом через газету (для термопластов), или склеивание (отверждение в тонком слое на поверхности – полимеризация, поликонденсация). Это сразу и синтез полимера и переработка его в изделие.

### **Тестовые задания для самоподготовки**

1. При нагревании сетчатых полимеров происходит
  - а) размягчение полимера, переход в вязкотекучее состояние, а затем разложение
  - б) переход полимера из твердого состояния в жидкое
  - в) разложение молекул полимера без перехода в вязкотекучее состояние
2. Растворяются полимеры
  - а) линейного строения
  - б) пространственного (сетчатого) строения
  - в) линейного и разветвленного строения
3. Полимеры не имеют определенной точки плавления, потому что
  - а) степень полимеризации полимера колеблется в определенном интервале, а значит, сила, способная нарушить взаимодействие между этими макромолекулами, переменна
  - б) макромолекулы полимера неодинаковы по ширине
  - в) невозможно точно определить точку плавления
4. Широкое применение полимеров обусловлено сочетанием:
  - а) легкости, химической стойкости и высокой механической прочности
  - б) растворимости, легкости, термостойкости
  - в) пластичности, термостойкости, растворимости

5. Процесс образования полимера из низкомолекулярного соединения, содержащего две или несколько функциональных групп с выделением простого вещества, называется:

а) поликонденсация                      в) полимеризация

б) олигомеризация                      г) димеризация

6. Величина, указывающая на число мономерных звеньев, образующих макромолекулу называется:

а) масса полимеризации                      в) уровень полимеризации

б) число полимеризации                      г) степень полимеризации

7. Если основная цепь полимера имеет боковые ответвления меньшей длины, чем основная цепь, состоящие также из элементарных звеньев, то такой полимер называется:

а) разветвленным                      в) пространственным

б) сетчатым                      г) линейным

8. В качестве мономера в реакциях полимеризации используют соединения, содержащие:

а) кратные связи                      б) карбоксильные группы

в) –ОН группы                      г) водородные связи

9. К синтетическим неорганическим полимерам относятся:

а) целлюлоза    б) кварц    в) корунд    г) алмаз

10. К неорганическим полимерам относятся:

а) фосфор красный    б) параформ    в) йод    г) сера

11. К карбоцепным полимерам, цепь которых состоит только из атомов углерода, относятся:

а) полипропилен    б) капрон    в) крахмал    г) полиуретан

12. К природным полимерам относятся:

а) гормоны                      б) нуклеиновые кислоты

в) витамины                      г) дисахариды

13. Среди перечисленных понятий химии ВМС лишними являются:

- а) сополимеризация                      б) гомополимеризация  
в) поликонденсация                      г) диетиляция

14. Основную массу промышленно ваннных полимеров получают:

- а) поликонденсацией                      б) вулканизацией  
в) полимеризацией                      г) сополимеризацией

15. Полимеры, в молекулах которых звенья цепи располагаются в определенном порядке, называются:

- а) сшитыми                                      б) стереорегулярными  
в) атактическими                              г) привитыми

**Литература:** [1 – гл. 16, §§ 16.1...16.3].

## **Лекция 6.**

### **Тема: ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

#### **План лекции:**

1. Понятие о полимерных композитах. Принципы составления рецептуры пластмасс, резин, пленок, покрытий и других полимерных материалов.
2. Многообразие требований, предъявляемых полимерным материалам различного назначения. Техничко-экономическая оценка их применения.
3. Полимеры для изоляционных материалов. Оптимизация состава полимерных материалов на основе математического планирования эксперимента.

Благодаря небольшой плотности, высокой прочности, декоративности, устойчивости к агрессивным средам и другим ценным свойствам полимерные материалы и изделия на их основе нашли широкое применение в различных областях приборо-, машино-, самолетостроения, строительства и др.

На основе полимеров созданы конструкционные материалы: армированные, полимерцементные, полимерсиликатные бетоны, бетонополимеры, полимербетоны, стеклопластики, тепло- и гидроизоляционные материалы, пленки, волокна, пластмассы, герметики, каучуки, лакокрасочные материалы, клеи и др.

Выпуску полимерных материалов и изделий способствует относительно дешевая сырьевая база (нефть, газы, отходы коксохимического производства и др.). Кроме того, изделия из полимеров легко получают с помощью автоматизированных линий и процессов. Однако быстрое и массовое внедрение полимерных материалов сдерживается их недостатками: огнеопасность, низкая теплостойкость, старение под влиянием внешних условий, деформированность, а также дефецитность и высокая стоимость. О недостатках следует помнить и использовать все возможные средства для их предотвращения и устранения.

Большие достижения науки о полимерах позволяют синтезировать материалы с любыми заданными свойствами. Из полимеров получают многочисленные композиционные материалы, выполняющие различные функции, важнейшие из которых конструкционные, защитные, декоративные.

Полимеры в чистом виде при производстве различных материалов применяются крайне редко. Из них обычно составляют соответствующие композиции с добавлением пластификаторов, мягчителей, отвердителей, стабилизаторов и др.. При этом стремятся снизить их расход в формовочных массах, добавляя к ним наполнители, заполнители (графит, сажа, мел, металл, бумага, опилки, стружки и т.д.), которые кроме того повышают механическую прочность полимеров. В связи с тем что полимерцементобетоны, полимерасфальтобетоны, бетонполимеры и другие аналогичные материальные системы состоят из нескольких компонентов – вяжущих, заполнителей (наполнителей), добавок, которые, как правило, сохраняют свою химическую индивидуальность, то процессы физико-химического и химического



взаимодействия при их получении и использовании протекают главным образом на границе раздела фаз.

*Композиционный материал* - это макрогетерогенная система состоящая из двух и более разнородных компонентов, обладающих различными физическими и механическими свойствами. Все перечисленные материалы - макронеоднородны с нерегулярной структурой. Неоднородность композиционных материалов во многом определяет их структурно-механические свойства. Они зависят от грануло-метрического состава наполнителей, неравномерности распределения вяжущих и добавок. Равномерность распределения вяжущего и добавок в наполнителе определяет также адгезионную прочность системы наполнитель-вяжущее и в конечном итоге структурно-механические свойства композиционных материалов. В композиционных материалах формируются уникальные неаддитивные свойства, не присущие составляющим компонентам полимерного композита.

Получение определенной структуры композиционного материала достигается совокупностью методов подготовки исходных компонентов, смешением и уплотнением. Все они относятся к технологическим аспектам получения материала. Однако, формирование структуры материала происходит также благодаря процессам, протекающим при взаимодействии их на физическом, химическом и физико-химическом уровнях. Эти процессы следующие:

*физические* - обновление поверхностей частиц и изменение вязкости и фазового состояния компонентов системы, физическая адсорбция реагентов на поверхности частиц (и в порах), образование связей между компонентами за счет ван-дер-ваальсовых сил;

*химические* - образование вяжущих из мономеров (или олигомеров), реагентов и дисперсных компонентов, отверждение смол холодного отверждения, химическое взаимодействие реагентов с поверхностью частиц заполнителей (топохимические реакции) с образованием электровалентных и донорно-акцепторных связей;

*физико-химические* - растворение, растекание (смачивание), физико-химическое взаимодействие (через образование водородных связей), вытеснение молекул воды с поверхности частиц заполнителя.

Таким образом, композиционные материалы представляют собой смесь главным образом трех компонентов: вяжущих, наполнителей и добавок. Для всех типов смесей характерны общие технологические свойства (требования предъявляемые к ним) и одинаковые технологические переделы (стадии их производства). В самом общем виде их можно представить в следующей последовательности:

- 1) выбор компонентов, проектирование составов;
- 2) подготовка компонентов смеси, получение заполнителя определенной дисперсности и формы; при необходимости физико-химическая активация заполнителя или модифицирование поверхности;
- 3) дозирование компонентов, подача в смеситель в определенной последовательности (при необходимости нагревание); перемешивание компонентов смеси;
- 4) выгрузка, отправка на объект или формование изделий, уплотнение и т.д.

### **Факторы, влияющие на процессы образования и свойства композиционных материалов**

На процессы формирования структур композиционных материалов

оказывают влияние многие факторы (табл.6.1). Они определяются свойствами заполнителей, вяжущих, условиями образования материалов.

Таблица 6.1

Свойства заполнителей	Свойства вяжущих		Условия технологии
Структурно-текстурные			Температура
Грансостав		Добавки	Равномерность смешения
Химико-минералогический состав	Химический состав	Строение	Полнота контакта
Кислотность, основность	Агрегатное состояние	Состав	Порядок смешения
Примеси	Наличие растворителя	Соотношение в смеси	Влажность смеси
			Соотношение компонентов
	Композиционный материал		

*Факторы, определяемые свойствами заполнителей:* дисперсность заполнителей (степень раздробленности), химико-минералогический состав, наличие коллоидов, растворимых солей, воды, гумуса, рН и др.. Эти факторы могут оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на процессы, происходящие в системе. С повышением дисперсности при одном и том же количестве вяжущего последнее распределяется в заполнителе неравномерно, что предопределяет наличие дефектов структуры материала и ухудшение его физико-механических

свойств. Увеличение количества вяжущего приводит к изменению свойств материала и повышению его стоимости.

При размельчении материалов происходит разрыв химических связей и кристаллической решетке, возникновение свободных радикалов, макроионов со свободной валентностью, несущих электрический заряд и обладающих высокой химической активностью. Таким образом, реакционная способность поверхности твердого материала изменяется в результате образования свежей поверхности, изменения структуры поверхностных слоев частиц, образующихся при механической деструкции, дефектов кристаллов, включений твердых продуктов механолиза, а также, разрыхления структуры поверхностного слоя. Механохимические процессы (методы) используются для повышения активности поверхности заполнителей в композиционных материалах с целью улучшения физико-механических характеристик, в частности увеличения адгезионной прочности.

Химико-минералогический состав определяет свободную поверхностную энергию, физико-химическую активность поверхности частиц заполнителей, а следовательно, и эффективность процессов образования новых структур. Наиболее часто при получении композиционных материалов применяются заполнители, содержащие в значительных количествах кремнезем, карбонаты, глины.

*Факторы, определяемые составом и строением вяжущих.* В процессе образования структур композиционных материалов на основе заполнителей и вяжущих важную роль играют состав вяжущих, их строение. Они определяют адгезионные и когезионные свойства вяжущих, физико-механические свойства композиционных материалов. Для проявления вяжущих свойств органическое вещество должно содержать оптимальное

количество функциональных групп и атомов с неподеленной парой электронов атомов кислорода, азота, серы и состоять из гибких макромолекул.

Существенное значение для органических вяжущих материалов имеют вид, количество и характер распределения функциональных групп в макромолекуле, природа и размер боковых цепей, молекулярная масса. От этих факторов зависят и когезионные свойства вяжущих.

В полимерах с высокополярными группами или большими заместителями в главной цепи (например, фенила в полистироле) эластичность увеличивается лишь при повышенной температуре. При обычной температуре подобные полимеры находятся в стеклообразном состоянии (полистирол,  $\alpha$ -метилполистирол и др.).

Кислородные атомы в основной цепи макромолекул способствуют повышению эластичности и гидрофильности полимеров; атомы галогенов, карбоксильных, гидроксильных, амидных, аминных и нитрильных групп в макромолекулах предопределяют увеличение прочности полимеров, а метильная группа уменьшает ее. Увеличение полярности макромолекул сопровождается уменьшением эластичности и морозостойкости полимера, но увеличением адгезионных и когезионных связей.

Таблица 6.2

Влияние функциональных групп макромолекул  
на некоторые свойства полимеров

Функциональная группа	Адгезия к полярной поверхности	Водопоглощение
-COOH	+++	+
-CHO	++	+
-NH <sub>2</sub>	+	+
-CN	+	-

-ОН	++	+
-СН <sub>3</sub>	-	-

Примечание: + + + – очень сильно повышает адгезию; + + – сильно повышает; – – – понижает адгезию.

Важная роль в рассматриваемых процессах принадлежит смачиванию. Процессы смачивания частиц наполнителей вяжущими являются начальными в структурообразовании композиционных материалов. Смачивание – взаимодействие твердого тела с жидкостью, приводящее к растеканию его на поверхности. Оно обуславливается в основном большей энергией взаимодействия жидкости с твердым телом – адгезией по сравнению с внутренней энергией жидкости – когезией (связь элементов в конденсированной фазе вяжущего). Смачивающая способность вяжущего тем выше, чем меньше поверхностное натяжение, характеризуемое краевым углом смачивания. (см. лаб. работу)

Адгезионные и когезионные свойства вяжущих зависят от формы макромолекул, составляющих вяжущее, его однородности. В практике получения композиционных материалов наиболее часто применяются многокомпонентные системы: растворы вяжущих в воде (синтетические смолы, отходы некоторых производств полимеров, например сульфитно-спиртовая барда (ССБ)), в органических растворителях, например, маслах (жидкие нефтяные битумы), эмульсии, пасты, улучшенные и составленные вяжущие на их основе. Прежде чем применять вяжущее, следует изучить его природу: относится ли оно к истинным или коллоидным растворам, эмульсиям или суспензиям.

Форма макромолекул и надмолекулярных образований зависит также от типа растворителя, применяемого для регулирования вязкости. Характер

растворителя как компонента некоторых типов органических вяжущих имеет также важное значение. Например, при значительном различии в полярности молекул растворителя и макромолекул вяжущего последние находятся в свернутом состоянии, а следовательно, имеют меньшие размеры и хуже адсорбируются поверхностью частиц заполнителя.

В концентрированных растворах вяжущих макромолекулы находятся в глобулярной форме, входят в надмолекулярные образования. В разбавленных растворах они находятся в виде цепочек, в таком виде они более активно взаимодействуют с поверхностью частиц грунта и образуют более прочную связь. Однако разбавленные растворы на практике применять нецелесообразно. Существуют оптимальные концентрации вяжущих (в том числе и в виде эмульсий), при которых их действие наиболее эффективно: например, оптимальная концентрация для карбамидных смол 25 %.

### **Факторы, определяемые внешними условиями и технологией**

Эффективность процессов взаимодействия между компонентами системы заполнитель-вяжущее зависит не только от свойств компонентов, но и от условий, в которых происходит формирование структуры на их основе (рН системы, влажность среды, температура), и от факторов, определяемых элементами технологического процесса (режим перемешивания, порядок смешения компонентов, давление при уплотнении, время формирования структуры материала и др.).

*Способы смешения компонентов вяжущих.* При получении улучшенных и составленных вяжущих важно добиться требуемых свойств, обеспечить их стабильность, что осуществляется путем рационального ведения процесса смешения. Смешение можно определить как процесс, целью которого является достижение такого взаимного распределения

компонентов в смеси, которое обеспечивало бы однородность ее физико-механических и химических свойств.

Существуют три метода смешения: смешение компонентов в расплавленном состоянии; растворение компонентов в растворителе, который должен испариться в процессе формирования структуры материала; перемешивание компонентов при высоком механическом воздействии.

При всех методах смешения происходит разрушение пространственных структур компонентов. Наиболее приемлемыми являются первые два метода, которые позволяют получать однородное составленное вяжущее с однородной структурой по объему, исключающей образование локальной структуры, снижающей свойства вяжущего. Однако на практике широко используется и третий метод.

Установление механизма взаимодействия компонентов системы наполнитель-вяжущее открывает широкие возможности для повышения эффективности процессов образования композиционных материалов **и** улучшения их эксплуатационных свойств. Исходя из предпосылки, что необходимая адгезионная прочность обеспечивается межмолекулярными силами, действующими на границе раздела наполнитель-**вяжущее**, можно сделать вывод, что молекулярная теория адгезии и изложенный выше механизм образования адгезионного соединения представляют возможности повышения адгезионной прочности в **системе** путем активации вяжущего или поверхностей частиц наполнителя.

*Повышение активности поверхности частиц возможно ее модифицированием.* Существуют три способа модифицирования поверхности частиц наполнителя: механический (механическая активация поверхности, получение свежей поверхности путем дробления и измельчения); физический (обработка ультрафиолетовым светом, ионизирующим облучением, пламенем,



электрическими разрядами); химический (обработка наполнителей химическими реагентами).

В технологии получения материалов наиболее приемлемыми являются механический и химический способы, так как физический требует сложного технологического оборудования и больших энергозатрат.

При химическом способе модифицирования в качестве модификаторов поверхности наполнителей могут применяться неорганические и органические низко- и высокомолекулярные вещества: оксиды, соли, поверхностно-активные вещества, смолы. Они должны обладать способностью химически или физико-химически взаимодействовать с поверхностью частиц с образованием прочных химических или физико-химических связей. Например, ПАВ концентрируются на поверхности частиц грунта, изменяют характер поверхности и характер реакций в поверхностных слоях. Сначала ПАВ гидрофилизируют поверхность, улучшая смачиваемость, а затем гидрофобизируют ее.

### **Тестовые задания для самоподготовки**

1. Стабилизаторами называют вещества \_\_\_\_\_
  - а) поддерживающие постоянные свойства материала;
  - б) обезвреживающие агрессивные компоненты среды;
  - в) изолирующие полимеры от внешней среды;
  - г) снижающие скорость взаимодействия материала со средой.
2. Волокно капрон обладает следующими свойствами:
  - а) устойчивость к истиранию, действию кислот и щелочей, теплостойкость
  - б) износостойкость, малая устойчивость к действию кислот, небольшая теплостойкость
  - в) износостойкость, растворимость в воде, теплостойкость
3. При получении волокна лавсан и капрон расплавленную смолу продавливают через фильеры для того, чтобы

а) ориентировать макромолекулы вдоль оси волокна

б) получить тонкую нить

в) отделить друг от друга макромолекулы

4. Процесс образования полимера из низкомолекулярного соединения, содержащего две или несколько функциональных групп с выделением простого вещества, называется:

а) поликонденсация

в) полимеризация

б) олигомеризация

г) димеризация

5. Величина, указывающая на число мономерных звеньев, образующих макромолекулу называется:

а) масса полимеризации

в) уровень полимеризации

б) число полимеризации

г) степень полимеризации

6. Если основная цепь полимера имеет боковые ответвления меньшей длины, чем основная цепь, состоящие также из элементарных звеньев, то такой полимер называется:

а) разветвленным

в) пространственным

б) сетчатым

г) линейным

7. Механическая прочность полимеров повышается путем добавления в них веществ, которые называются:

а) ингибиторы; б) антиоксиданты; в) наполнители; г) пластификаторы.

8. Волокно лавсан характеризуется следующими свойствами:

а) большая прочность, износостойкость, свето- и термостойкость, устойчивость к действию концентрированных кислот и щелочей.

б) большая прочность, износостойкость, свето- и термостойкость, устойчивость к действию кислот и щелочей средней концентрации

в) износостойкость, свето- и термостойкость, кислотостойкость, электропроводность

9. Волокно лавсан относится к

а) полиэфирным волокнам

б) полиамидным волокнам

в) искусственным волокнам

10. Волокно капрон получают по реакции:

а) полимеризации      б) обмена      в) поликонденсации

11. Недостатками капрона являются:

а) малая износостойкость и прочность

б) малая кислото – и теплостойкость

в) водонепроницаемость и малая теплостойкость

12. В производстве волокон лавсан и капрон их вытягивают на вращающихся с разной скоростью барабанах для того, чтобы

а) увеличить ориентацию макромолекул, степень кристалличности полимера и, следовательно, прочность

б) распрямить макромолекулы полимера и получить как можно более тонкую нить

в) получить макромолекулы полимера близкие по молекулярной массе, т.е. получить как можно более однородный полимер

13. Для повышения эластичности и устранения хрупкости в полимерные композиции вводят:

а) стабилизаторы;      б) пластификаторы;      в) инициаторы;      г) отвердители.

14. Полимерные волокна, образующиеся в результате обработки целлюлозы уксусным ангидридом, называются:

а) искусственными      б) химическими

в) натуральными      г) синтетическими

15. Основную массу промышленно важных полимеров получают:

а) поликонденсацией      б) вулканизацией

в) полимеризацией      г) сополимеризацией

**Литература:** [1 – гл. 16, §§ 16.1...16.3].

**Лекция 7.**

## **Тема: ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРОВ**

### **План лекции:**

1. Особенности переработки эластомеров, пластмасс и стеклопластиков, лако-красочных материалов, покрытий, пленок. Приготовление полимерных смесей.

2. Классификация методов переработки полимеров. Переработка в твердом, вязкотекучем состояниях, в растворе полимеров, водных дисперсиях, из олигомеров.

3. Технология изготовления изделий пневмоформованием, вакуумформованием, механоформованием, штамповкой, литьем под давлением, поливом из раствора, из армированных пластмасс (стеклопластиков)

4. Технология переработки олигомеров в изделия. Технология изготовления газонаполненных, пенистых, ячеистых полимеров.

5. Полимерные клеи. Характеристика процесса растворения полимера. Виды клеев. Области применения клеев.

6. Изготовление полимерных изделий из латекса. Коллоидно-химические свойства латексов и их влияние на технологию производства изделий. Методы изготовления изделий из латекса: макание, ионное отложение, желатинирование.

7. Способы вторичного использования полимеров, их технико-экономическая оценка.

### **Переработка полимерных материалов**

Переработка полимерных материалов и полимеров – это совокупность технологических приемов, методов и процессов, посредством которых исходный полимер превращается в изделия с заданными эксплуатационными характеристиками.

В начале составляют и готовят полимерную композицию, выбирая для этого ингредиенты, обеспечивающие нужные технологические и эксплуатационные свойства, а затем формуют изделие.

Существует два вида полимеров отличающихся своим отношением к нагреванию – термопластичные и термореактивные. Термопластичные материалы претерпевают следующие процессы:

- размягчение или плавление материала;
- пластическую деформацию, в процессе которой ему придается вид будущего изделия;
- охлаждение до температуры, при которой может сохраняться приданная форма.

Все эти процессы могут сопровождаться структурными превращениями и изменениями физических и агрегатных состояний, то есть переходами из стеклообразного в высокоэластическое и вязкотекучее состояние и обратно.

Химических превращений при этом не происходит. Добавки влияют на температуру переработки. Пластификаторы снижают наполнители увеличивают температуру переработки.

При изготовлении изделий из термореактивных материалов необходимо учитывать их особые физические и механические свойства. *Достоинства реактопластов:* высокая термостойкость, жесткость, прочность, малая усадка, низкая ударная вязкость, устойчивость к старению, нерастворимость, водостойкость, доступность исходного сырья, простая технология получения, негорючесть, высокая коррозионная стойкость, значительная прочность, низкие шероховатость, невысокая плотность, легкость монтажа, длительный срок эксплуатации, экологичность при строительстве и эксплуатации. *Недостатки реактопластов:* длительная стадия высокотемпературного отверждения, невозможность повторного использования их и использования отходов (так как эти пластмассы необратимы). Недостатки обусловлены экзотермическими эффектами, объемными усадками и выделением летучих веществ

при отверждении и связанными с этим дефектностью и нестабильностью формы изделий и их хрупкостью. Процессы формования изделий из реактопластов обычно более длительны и трудоемки, чем из термопластов. На предельных стадиях отверждения реактопласты не способны к повторному формованию и сварке.

С учетом перечисленных особенностей термореактивных материалов при изготовлении изделий из них можно выделить следующие процессы:

- размягчение материала до перехода его в высокоэластичное или вязкотекучее состояние;
- пластическая деформация, в процессе которой вводят необходимые ингредиенты и придается определенная форма изделию;
- нагревание до температуры отверждения ( $T_{отв}$ ): при этом протекают химические реакции сшивки. Если выделяются НМС, то предпринимаются меры для связывания НМС и снижения усадки (наполнение и охлаждение в форме).

Особое место занимает метод изготовления изделий из мономера: в этом случае протекает полимеризация в форме. Процесс формования изделий осуществляют в несколько стадий:

*подготовка композиций к формованию.* Для переработки составные части композиции смешивают до однородной консистенции. Смешивание осуществляют специальными *мешалками* определенной формы (винтовые, лопастные, якорные и др.) или *вальцами*. Вальцы - полые цилиндры, вращающиеся навстречу друг другу; в зазоре между вальцами осуществляется перемешивание.

Полученную смесь далее *таблеттируют* или *гранулируют*. Таблетирование композиции проводят прессованием. Гранулирование – выдавливанием горячего полимера в виде прутков и нарезанием вращающимися ножами на гранулы. Полимеры в расплавленном состоянии почти не текут, поэтому чтобы отлить изделие из полученной смеси определенной формы, нужно на

расплав давить, и давление требуется не малое – сотни атм. Такое давление создают с помощью специального оборудования.

Основными способами формования являются: прессование, каландрирование, экструзия, литье под давлением, вакуумное формование.

*Прессование* применяют главным образом для терморектопластов используя для этого быстроходные гидравлические прессы с индивидуальным приводом и автоматизированным управлением.

Порошок засыпают в разборную форму, полимер нагревают для размягчения и надавливают сверху. Через несколько минут материал спрессовывается, можно разнять форму – образец готов. Если взять тонкий слой полимера, то в соответствующей форме можно отпрессовать пленку. Но хорошо прессуются далеко не все полимеры. Лучше всего специальные пресс-порошки (ФФС и реактопласты). Из термопластов получают рыхлые, непрочные изделия.

*Каландрирование* применяют для изготовления широких пленок, листов (линолеум, например), резиновых изделий. Каландры являются сложными энергоемкими машинами, обеспечивающими непрерывное продавливание полимерного материала между полыми обогреваемыми цилиндрами, вращающимися навстречу друг другу. При этом образуется бесконечный тонкий лист или пленка.

Наиболее распространенным методом переработки пластмасс является *экструзия*. Принцип действия экструдера прост, больше всего он напоминает большую мясорубку. У него есть конусное отверстие для загрузки материала – бункер; шнек или винт для транспортировки материала; сетка (фильера), а иногда нож. Шнек экструдера обогревается теплоносителем или электронагревателем.

*Экструдер* — машина для формования пластичных материалов, путем придания им формы, при помощи продавливания (экструзии) через профилирующий инструмент (экструзионную головку).

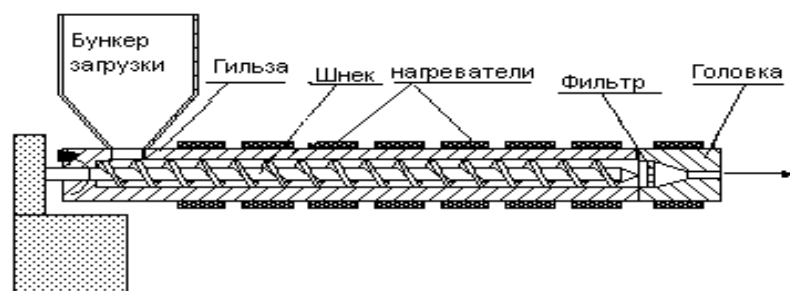


Рис.7.1. Схема экструдера для формования пластичных материалов

Экструдер состоит из: корпуса с нагревательными элементами; рабочего органа (шнека - винт Архимеда, диска, поршня), размещённого в корпусе; узла загрузки перерабатываемого материала; силового привода; системы задания и поддержания температурного режима, других контрольно-измерительных и регулирующих устройств. По типу основного рабочего органа (органов) экструдеры подразделяют на одно-, двух- или многошнековые (червячные), дисковые, поршневые (плунжерные) и др. Двухшнековые экструдеры в зависимости от конфигурации шнеков могут быть параллельными или коническими, в зависимости от направления вращения — с сонаправленным или противонаправленным вращением шнеков. Экструдер – аппарат непрерывного действия: меняя головку можно изготавливать шланги, трубы, профильные листы, банки, бутылки, флаконы. Шнек достаточно длинный, чтобы успели пройти все стадии: нагрев, размягчение, расплавление, перемешивание, ориентация. При производстве изделий из полипропилена и других полимеров экструдер используют трижды: 1) составляют – композицию; 2) готовят из порошка – прутки – гранулы; 3) формуют изделие. Гранулы нужны, т.к. в порошке воздух, который мешает прессованию, портит изделие. Шнек позволяет совместить все операции: полимеризацию, выделение полимера, сушку, получение смеси полимера с добавками; формование.

*Литье под давлением* – процесс периодический. Порция полимерной композиции (гранулированная) расплавляется и под высоким давлением впрыскивается в разъемную форму. Для *термопластов* форма изделия фиксируется охлаждением и полимер переходит в стеклообразное или кристал-



лическое состояние. Для реактопластов впрыснутую смесь (композицию) нагревают выше температуры отверждения ( $T_{отв}$ ) и выдерживают до полного отверждения. Литье под давлением применяют для изготовления деталей конструкционного назначения.

*Вакуум- и пневмоформование* – предусматривает переработку заготовок в виде листов. Их нагревают выше температуры размягчения и герметично закрепляют по периметру формы. Вакуумом вытягивают, а сжатым воздухом выдувают размягченный полимер в форму, где полимер охлаждается и фиксируется в определенной форме. Таким образом, изготавливают тонкостенные крупногабаритные изделия: корпуса приборов, деталей автомобилей, холодильников, тару для пищевых и технических продуктов.

Изделия, полученные разными способами, обладают разными свойствами. *Например*: капрон, полученный прессованием, имеет очень маленькую прочность, а полученный экструзией имеет прочность 50-60 МПа, а ориентированная пленка из капрона - 150-300 МПа, а волокно, где степень ориентации наивысшая – 500-800 МПа. Это связано с тем, что химическая структура полимера неизменна, но фазовое состояние, степень кристалличности, упорядоченности – надмолекулярная структура – различна. Это даже при одинаковом способе переработке полимера, а различная технология, тем более сильно меняет – прочностные характеристики материала.

Стеклопластиковые и другие армированные волокном пластики (асбестовое волокно, из нитрида бора) например, корпуса автомобилей, судов, получают различными методами в зависимости от назначения и габаритов. Методом намотки стекловолокна, стеклолент, стекложгута, пропитанных смолами, получают высокопрочные трубы и другие изделия.

*Пасты полимерные* – эмпирическое понятие для любых пластично вязких (пастообразных) тел, т.к. они содержат микрогетерогенные, гомогенные, многофазные системы. Для их переработки используют следующие методы: макание, заливка в формы, ротационное формование, экструзия, распыление и шпредингование (намазывание материала на движущуюся тканевую ленту

ножом или валиком – получение таким способом в частности искусственной кожи). Маканием получают перчатки, пипетки, втулки, прокладки, антикоррозионные покрытия. Заливку в *открытые формы* осуществляют на конвейере, лента которого проходит вначале заливочную машину, а затем печь и участок охлаждения. Способ пригоден для производства монолитных изделий.

### **Некоторые представители композиционных материалов, применяемых в строительстве**

**Полимербетоны.** Это композиционные материалы на основе мелких заполнителей (крупностью до 15 мм) - минерального порошка, терморезактивных и термопластичных смол холодного или горячего отверждения. Это высоконаполненные (до 95% массы) полимерные композиции, отличающиеся высокими техническими характеристиками: водостойкостью, теплостойкостью, морозостойкостью, износостойкостью. Композиционные материалы этого вида должны обладать устойчивостью к пластическим деформациям в летнее время (волны, наплывы) и устойчивостью к хрупким деформациям при отрицательных температурах (трещинам). Такие свойства можно получить при использовании улучшенных и составленных вяжущих материалов.

Износостойкость полимербетонов на терморезактивных смолах близка к цементобетону. Полимербетоны на основе фурановых, эпоксидных, полиэфирных смол служат для изготовления жестких синтетических гранитов, коррозионно-стойких полов в цехах химических производств, для гидротехнического строительства, однако, это дорогие продукты наиболее дешевым является полимербетон на основе карбамидных смол.

**Древесные пластики.** Применение полимеров для модификации древесины и получения древесных композиционных материалов позволяет достигать целого ряда положительных даже уникальных свойств: уменьшение водопоглощения, повышение влагоустойчивости, повышение устойчивости к

различным агрессивным средам, увеличение прочности (при сжатии вдоль и поперек волокон, ударном изгибе), жесткости, твердости, сопротивление к истиранию, короблению, хорошей обрабатываемости.

Производство древесно-стружечных, древесно-волокнистых плит во многих странах осуществляется в очень больших объемах для мебельной промышленности, внутренней отделки зданий, низкоэтажного строительства и др. Наиболее распространенными связующими для листовых материалов на основе древесины являются составы на основе мочевино- и фенолформальдегидных смол. Для улучшения качества, а главное, экологических свойств этих материалов ведутся дальнейшие разработки связующих составов на основе лигнина, модифицированных углеводов, фурановых смол, изоцианатов. Качество изделий повышается также путем совершенствования технологий их изготовления, применение различных модифицирующих и стабилизирующих добавок. В Московском институте материаловедения и эффективных технологий (МИМиЭТ) проводят исследования по разработке композиционных материалов на основе древесины и связующих термопластов (полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида и их сополимеров). Такие термопласты являются экологически чистыми и имеют более высокие физико-механические показатели.

**Клеящие материалы.** Клеи представляют собой вещества или смеси веществ органической, элементоорганической, неорганической природы пригодны для прочного соединения различных материалов. Процессам склеивания около 6000 лет. В древности использовались клеи природного (животного и растительного) происхождения. Растительные клеи (крахмал, декстрин, резиновый и др.) и животные клеи (костяной, казеиновый, столярный и др.) применяются для соединения дерева, кожи, текстильных материалов, бумаги. Они используются в виде растворов и затвердевают при испарении растворителя. Недостатком растительных и животных клеев является низкая стойкость к действию микроорганизмов и воды. Этим недостатком лишены синтетические клеи, которые обеспечивают высокую прочность склеивания раз-

личных материалов, обладают устойчивостью к внешним факторам и находят широкое применение.

*Синтетические клеи* - это композиции основой которых являются: фенолоформальдегидные, карбамидоформальдегидные, меламиноформальдегидные, ацетонформальдегидные, фуранформальдегидные, карбомидофурановые смолы. Перечисленные смолы рекомендованы в основном для приготовления клеев для склеивания древесины и древесных материалов.

Соединения синтетическими клеями вытеснили сварку и пайку многих материалов. При этом повышается качество соединений и достигается значительный экономический эффект. Для изготовления синтетических клеев используется большинство рассмотренных ранее термореактивных и термопластичных синтетических полимеров. Клеи на основе термопластичных полимеров дают менее прочные соединения и применяются, в основном, для склеивания неметаллических материалов. Клеи на основе термореактивных смол дают прочные, теплостойкие соединения и применяются для склеивания силовых конструкций из металлов и неметаллов. Они делятся на клеи холодного и горячего склеивания (отверждения). Клеи холодного склеивания непосредственно перед склеиванием смешиваются с отвердителями.

В состав клеевых композиций могут входить наполнители и стабилизаторы, пластификаторы и загустители, тиксотропные добавки и другие компоненты. Трудно назвать материалы, которые не склеивались бы клеевыми композициями. Однако выбор клея для конкретного назначения – сложная задача. Ассортимент клеев велик, универсальных клеев не существует.

Простейшие клеевые композиции могут быть получены растворением непосредственно полимера в таких растворителях как ацетон, толуол, ксилол, бутилацетат и др.

Специалистами НИИ химии и технологии полимеров им. акад. В.А. Каргина (г.Дзержинск) разработаны новые марки быстрополимеризующихся *цианакрилатных* клеев, отличающихся высокой прочностью. Клеи рекомен-

дованы для различных областей народного хозяйства, в том числе строительства.

Липкие ленты с *кремнийорганическим* клеевым слоем обеспечивают работоспособность в температурном интервале - 60<sup>0</sup>С -250<sup>0</sup>С. В строительстве они применяются в основном для герметизации.

Применение *эпоксидных* полимерных растворов обеспечивают равнопрочность соединения бетонных элементов и позволяет увеличить прочность стыков. Хорошей адгезией к бетону отличаются полимеры, содержащие эпоксидные, карбаксильные, гидроксильные и другие полярные группы.

В клеях сочетаются такие свойства как хорошая адгезия; механическая прочность в требуемом интервале температур; отсутствие хрупкости; минимальная усадка при отверждении и т.п..

Синтетические терморезактивные клеи выпускаются в виде: растворов и эмульсий полимеров в органических растворителях, воде, мономерах; жидких полимерных материалов и олигомеров; вспененных, порошкообразных клеевых смесей.

Термопластичные клеи выпускаются в виде: растворов в растворителях или мономерах; в виде олигомеров – вязкие жидкости; клеящих лент и пленок; порошкообразных клеевых смесей.

Клеи холодного отверждения имеют меньшую тепло – и термостойкость, механическую прочность, чем у клеев горячего отверждения, т.е. терморезактивные клеи. Терморезактивные клеи характеризуются высокой адгезией, механической прочностью; высокой теплостойкостью (применяются в силовых конструкциях).

*Основные характеристики клея:* концентрация полимерного материала (сухой остаток); вязкость при 20<sup>0</sup>С; жизнеспособность; адгезионные свойства; термостойкость; водостойкость;

### **Понятие адгезии, работа адгезии**

Адгезия – прилипание – связь между разнородными поверхностями. Причина адгезии – действие межмолекулярных сил или сил химического

взаимодействия. Склеиваемые поверхности – *субстраты*. Клеящее вещество – *адгезив*. Склеиваемые поверхности – *субстрат*. Когезия – сцепление между молекул внутри физического тела под действием сил притяжения. При склеивании в системе работают слабые силы – межмолекулярные; сильные – химические связи. Прочность клеевого соединения обусловлена: адгезионным взаимодействием склеиваемых поверхностей с клеевой прослойкой; когезионной прочностью клеевой прослойки и самих соединяемых материалов.

Рассмотрим схему образования клеевого шва, существующие и возникающие поверхностные натяжения (рис.6.2)



Рис.6.2. Схема образования клеевого шва

Совершаемая при этом работа адгезии рассчитывается по следующему уравнению (6.2):

$$W_a = \sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_{12} \quad (6.1)$$

где  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  – поверхностное натяжение на границе фаз 1 и 2 с окружающей средой (воздухом),  $\sigma_{12}$  – поверхностное натяжение на границе фаз 1 и 2, между которыми имеет место адгезия.

### Теории адгезии

*Механическая адгезия*: адгезив протекает в поры субстрата, где происходит полимеризация или поликонденсация – отверждение клея. Образуются как бы «заклепки», связывающие адгезив и субстрат. Или ворсинки ткани

прочно внедряются в адгезив. Механическая адгезия имеет место, но не всегда достаточна.

*Молекулярная теория* объясняет адгезию: 1) миграцией макромолекул адгезива к поверхности субстрата и образованием водородных связей между полярными группами; 2) на расстояниях меньше 0,5 нм (5 Å) начинают действовать Ван-дер-Ваальсовы силы притяжения между разного рода диполями. Чем больше полярных групп в субстрате и адгезиве, тем прочнее адгезия. *Например*, для карбоксилсодержащего полимерного материала адгезию можно выразить эмпирической формулой:

$$A = K[COOH]^n, \quad (6.2)$$

где  $A$ -адгезия,  $K$  и  $n$  – константы.

По *электрической теории Дерягина, Кротова* система адгезив – субстрат отождествляются с конденсатором, а двойной электрический слой, возникающий при контакте двух разнородных поверхностей с обкладками конденсатора. Но эта теория не объясняет адгезию полимеров близких по своей природе или адгезию неполярных полимерных материалов и др.

*Диффузионная теория Воюцкого*, хорошо объясняет адгезию между жидким, гибким адгезивом и субстратом, который может набухать а адгезиве, т.е. для взаиморастворимых систем. Эта теория хорошо объясняет кинетику процессов адгезии.

Все теории как бы дополняют друг друга и приложимы к определенным случаям. В разных случаях адгезия обусловлена разными механизмами.

Технологический процесс склеивания деталей состоит из следующих этапов: подготовки поверхности к склеиванию; нанесения клея; выдержки, сборки склеиваемых деталей; склеивания при определенных температуре и давлении с последующей выдержкой; очистки шва от подтеков клея и контроля качества клеевого соединения.

**Пленкообразующие и лакокрасочные материалы.** Пленкообразующие вещества создают защитную пленку и являются связующими для пиг-

ментов и наполнителей. К ним относят растительные масла и различные смолы. Пигменты — вещества в порошках (охра, цинковая зелень, алюминиевый порошок, железный сурик), которые не только придают краскам или лакам цвет, но и повышают их защитные свойства. Наполнители (тальк, мел, асбест) — это добавки к пигментам, которые повышают устойчивость и прочность красочного слоя. Пластификаторы — вещества придающие необходимую пластичность пленке и предохраняющие ее от растрескивания. В качестве пластификаторов применяют сложные эфиры минеральных и органических кислот (дибутилфтолат, трикрезилфосфат и др.). Сиккативы — вещества, ускоряющие высыхание масел. Растворители (спирт, скипидар, бензол) применяют для растворения пленкообразующих веществ, приготовления шпатлевки, грунта, эмалевых красок.

Лаки — это растворы пленкообразующих веществ (смол, смолopodobных продуктов) в различных растворителях.

В зависимости от пленкообразующих веществ лаки разделяют на природные (масляные) и искусственные — приготовленные на основе искусственных смол и эфиров целлюлозы, бакелитовые и нитролаки. Масляные краски представляют собой суспензию пигментов в олифах и выпускаются лакокрасочными заводами либо в виде густотертых паст, которые на месте разводят олифой до рабочей вязкости, либо в виде готовых к употреблению составов. Эмалевые краски — суспензия пигментов в лаках. При высыхании эти краски образуют твердую, блестящую, эластичную пленку, напоминающую эмаль. Эмульсионные краски изготовляют из эмульсии, т. е. однородных систем двух жидкостей. Для предотвращения расслаивания в эмульсии добавляют стабилизаторы — казеин, желатин, мыло. Эмульсионные краски применяют для окраски деревянных частей сеялок, жаток, комбайнов.

Лакокрасочные материалы во всех отраслях народного хозяйства применяют для защиты металлических изделий от коррозии, а деревянных изделий — от гниения и в декоративных целях. Основой для изготовления лакокрасочных материалов служат природные и искусственные смолы. К при-



родным смолам относят канифоль, асфальты, нефтяные битумы; к искусственным — алкидные, эпоксидные, полиакриловые смолы, синтетические каучуки. В состав лакокрасочного материала кроме смолы входят пленкообразующие вещества, пигменты, наполнители, сиккативы, растворители. Лакокрасочные материалы разделяют на грунты, шпатлевки, эмали, лаки, нитрокраски, масляные краски, эмульсионные краски.

Процесс окраски состоит из нескольких основных операций: подготовки поверхности, грунтовки, шпатлевки (при наличии шероховатостей, неровностей, трещин, раковин), просушки, нанесения краски. Нанесение покрытий осуществляют кистью механическим и воздушным распылением (пульверизацией), окунанием или обливанием. Затем изделие подвергают естественной или искусственной сушке.

### **Тестовые задания для самоподготовки**

1. Элементарным звеном полимерного клея ПВА является остаток:
 

а) винилового спирта	б) винилацетата
в) пропилена	г) бутадиена
2. Макромолекулы вулканизированного каучука в отличие от натурального имеют следующую структуру:
 

а) линейную	б) стереорегулярную	в) сетчатую	г) разветвленную
-------------	---------------------	-------------	------------------
3. Продукт вулканизации каучука, содержащий  $< 5\%$  серы называется:
 

а) латекс	б) резина	в) эбонит	г) резол
-----------	-----------	-----------	----------
4. При нагревании белков в водных растворах кислот и щелочей происходит:
 

а) окисление	б) денатурация	в) деструкция	г) гидролиз
--------------	----------------	---------------	-------------
5. Макромолекулы природного каучука имеют \_\_\_\_\_ структуру:
 

а) линейную	б) лестничную	в) разветвленную	г) неупорядоченную
-------------	---------------	------------------	--------------------
6. Процесс изменения свойств полимеров во времени влиянием внешних условий в процессе эксплуатации называется:
 

а) деформацией	б) эрозией	в) тиксотропией	г) старением
----------------	------------	-----------------	--------------

7. Для повышения эластичности и устранения хрупкости в полимерные композиции вводят:

а) стабилизаторы б) пластификаторы в) инициаторы г) отвердители

8. Получение ацетатного шелка из целлюлозы возможно благодаря наличию в ней:

а) метиленовых групп в) циклических фрагментов;

б) эпоксидных групп г) гидроксильных групп.

9. Пластмассы состоят из:

а) полимера, красителя, наполнителя и серы

б) полимера, стабилизатора, пластификатора и отходов деревообработки

в) цемента, алюминиевой пудры, порошка известняка и стабилизатора

г) битума, песка, щебня и отходов получения синтетического каучука.

10. Лак от латекса отличается тем, что:

а) система первого содержит отдельные молекулы полимеров в растворителе, а система второго содержит агрегаты молекул полимера в воде

б) система первого – это раствор полимера, а система второго коллоидный раствор полимера

в) система первого – полимер, разбавленный растворителем, а система второго взвесь полимера

г) первая система содержит олигомер в растворителе, а вторая содержит один полимер

11. Полимербетоны – это композиционные материалы, \_\_\_\_\_

а) обладающие высокой прочностью;

б) состоящие из терморезактивного полимера и красителя;

в) полученные прессованием под давлением;

г) состоящие из полимера, мелкого заполнителя и добавок.

12. Терморезактивные клеи образуют прочный клеевой шов в результате \_\_\_\_\_

а) термообработка клеевого шва;

б) внесения в клеевую композицию отвердителей;

в) склеивания разнородных поверхностей;

г) склеивания специально обработанных материалов.

13. Адгезия – это \_\_\_\_\_

- а) прилипание;
- б) перемешивание;
- в) скручивание молекул полимера;
- г) нейтрализация.

14. Лаки применяют для \_\_\_\_\_

- а) создания красивой и гигиеничной поверхности;
- б) защита от влаги и света;
- в) упрочнение материала;
- г) для имитации другого материала.

15. Способы формования изделий

- а) каландрирование, экструзия, грануляция;
- б) литье под давлением, таблетирование, охлаждение;
- в) прессование, экструзия, вакуум-формование;
- г) литье под давлением, охлаждение, вакуум-формование.

**Литература:** [1 – гл. 16, §§ 16.1...16.3].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Корнев, А.Е.**, Буканов А.М., Шевердяев О.Н. Технология эластомерных материалов. М.: Эксим, 2000.

2. **Кирпичников, А.П.**, Аверко-Антонович Л.А., Аверко-Антонович Ю.О. Химия и технология синтетического каучука. Л.: Химия, 1987.

3. **Основы технологии переработки пластмасс** /Под ред. В.Н. Кулезнева, В.К. Гусева. М.: Химия, 1995.

4. **Басов, Н.И.**, Вражинский В.А., Казанков Ю.В. Расчет и конструирование формующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов. М.: Химия, 1991.

5. **Принципы создания полимерных композиционных материалов** / Ал.Ал. Берлин, С.А. Вольфсон, В.Г. Ошмян, Н.С. Ениколопов. М.: Химия, 1990.

6. **Кошелев, Ф.Ф.**, Корнев А.Е., Буканов А.М. Общая технология резины. 4-е изд., переработ. и доп. М.: Химия, 1978.

7. **Технология резиновых изделий** / Ю.О. Аверко-Антонович и др. Л.: Химия, 1991.

8. **Вольфсон, С.А.** Основы создания технологического процесса получения полимеров. М.: Химия, 1987.

9. **Семчиков, Ю.Д.** Высокомолекулярные соединения: Учеб. Для вузов / Ю.Д. Семчиков. – М: Изд. Центр “Академия”, 2005. – 368 с.

10. **Гелелр, Б.Э., А.А.Геллер, Чиртулов, В.Г..** Практическое руководство по физико-химии волокнообразующих полимеров. М.: Химия, 1996. - 432с.

**ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ,  
РАЗРАБОТАННЫХ НА КАФЕДРЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ХИМИКО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПОЛУЧЕНИЯ  
ПОЛИМЕРНЫХ КОМПАЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ»**

п/ п	Наименование издания	Вид издания (учебник, учебное пособие, методические указания, компьютерная программа)	Автор (авторы)	Год издания	Место хранения и количество
1	Высокомолекулярные соединения	Метод. указан. к внеаудиторн. самостоят. работе для студ. 1-го курса всех специальностей Воронеж, – 40 с. №681	Л.Г. Барсукова, С.С. Глазков –	2011	Библиотека – 200 экз., электронная копия на сайте Воронежского ГАСУ
2	Высокомолекулярные соединения	Метод. указан. к выполнению лабораторных работ по «Химии и физике ВМС» для бакалавров спец.ХФММ Воронеж, – 34 с. № 400	Л.Г. Барсукова, С.С. Глазков –	2012	Библиотека – 50 экз., электронная копия на сайте Воронежского ГАСУ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Воронежский государственный архитектурно-строительный университет»

## **СПИСОК ОБОРУДОВАНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов**

Авторы: Глазков С.С., Вострикова Г.Ю.  
Кафедра «Химии»

#### **Учебно-лабораторное оборудование**

- |  |             |
|--|-------------|
| 1. Учебно-лабораторный комплекс «Химия   | - ауд. 6421 |
| 2. Ионномер Н-160  | - ауд. 6421 |
| 3. Лабораторный рН-метр ЛПУ-01   | - ауд. 6421 |
| 4. Шкаф с вытяжной вентиляцией   | - ауд. 6421 |
| 5. Лабораторная химическая посуда  | - ауд. 6421 |
| 6. Аквадистиллятор   | - ауд. 6422 |
| 7. Электронагревательные приборы   | - ауд. 6422 |
| 8. Весы: технические и аналитические   | - ауд. 6420 |
| 9. Приборы для определения вязкости, показателя преломления,<br>краевого угла смачивания | - ауд. 6426 |
| 10. Вакуум насос   | - ауд. 6426 |
| 11. Механические мешалки   | - ауд. 6426 |
| 12. Термостат  | - ауд. 6426 |

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Воронежский государственный архитектурно-строительный университет»

## **ПЕРЕЧЕНЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ, ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ЭЛЕКТРОННЫХ ОБУЧАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ОБУЧЕНИЯ**

### **ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов**

Авторы: Глазков С.С., Вострикова Г.Ю.  
Кафедра «Химии»

Ноутбук	- отдел инновационных образовательных
Медиапроектор	программ
Стационарный компьютер	- 6420 ауд.

#### **ИНТЕРАКТИВНЫЕ ССЫЛКИ НА ЛИТЕРАТУРУ ПО Химико-технологическим процессам получения полимерных композиционных материалов**

1. [www.e-plastic.ru](http://www.e-plastic.ru)
2. [www.kniga-free.ru](http://www.kniga-free.ru)
3. [www.chemistry.nglib.ru](http://www.chemistry.nglib.ru)
4. [www.oglibrary.ru](http://www.oglibrary.ru)
5. [www.readnewbook.ru](http://www.readnewbook.ru)
6. [www.universal-p.ru](http://www.universal-p.ru)
7. [www.by-chgu.ru](http://www.by-chgu.ru)
8. [www.inorgchem.nglib.ru](http://www.inorgchem.nglib.ru)
9. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
10. [www.chem.msu.ru/rus](http://www.chem.msu.ru/rus)

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАЧЕТУ**

### **ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

#### **Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов**

Авторы: Глазков С.С., Вострикова Г.Ю.  
Кафедра «Химии»

1. Технология получения синтетических и природных полимеров.
2. Основные процессы синтеза и переработки полимеров и полимерных материалов. Их роль в промышленности, технике, строительстве.
3. Радикальная, ионная, стереоспецифическая полимеризация.
4. Ступенчатая полимеризация и поликонденсация. Характеристика равновесной и неравновесной поликонденсации.
5. Взаимосвязь молекулярной структуры и технологических свойств полимерных материалов.
6. Варианты технологических процессов производства фторопластов.
7. Варианты способов и технологических процессов получения производства пластических масс и других полимерных материалов на основе полиакрилатов.
8. Химия и технология производства анилиноформальдегидных смол.
9. Варианты технологических процессов производства карбамидных, меламиноформальдегидных смол и материалов из них.
10. Варианты технологических процессов производства лавсана, его структурных аналогов, полиарилатов и поликарбонатов, модифицированных и немодифицированных алкидных смол.
11. Химия и технология производства ненасыщенных полиэфиров и материалов на их основе.
12. Варианты технологических процессов производства полиамидов.



13. Варианты технологических процессов производства пенополиуретанов с разной кажущейся плотностью.
14. Полимерные материалы на основе полиуретанов.
15. Варианты технологических процессов производства диановых эпоксидных смол, модифицированных эпоксидных смол, полиэпоксидных смол.
16. Отверждение эпоксидных смол разными способами.
17. Варианты технологических процессов производства полиорганосилоксанов в промышленности и материалы на их основе.
18. Материалы на основе ароматических полиимидов.
19. Химия и технология производства катионитов разных марок разными методами.
20. Химия и технология производства вискозы и полимерных материалов из нее.
21. Химия и технология производства коллоксилина и полимерных материалов из него.
22. Образование нелинейных полимеров и сеток. Сшивание полимерных цепей. Вулканизация каучуков. Формирование полимерных изделий из реакционно-способных полимеров.
23. Натуральные и синтетические каучуки. Взаимосвязь между структурой каучуков и их свойствами.
24. Жидкие олигомеры и получение полимерных материалов на их основе.
25. Подготовка композиций к формованию.
26. Способы формования изделий и краткое описание агрегатов, используемых на практике.
27. Полимербетоны. Приведите формулы полимеров, наиболее широко используемых для их приготовления.
28. Древесные пластики, их достоинства и использование.
29. Клеящие материалы и требования, предъявляемые к ним.

30. Адгезия, основные теории адгезии.
31. Клеевые композиции: состав, состояние, технология применения.
32. Защитные и декоративные свойства пленкообразующих и лакокрасочных материалов.
33. Полимерные клеи. Характеристика процесса растворения полимера. Виды клеев. Области применения клеев.
34. Изготовление полимерных изделий из латекса. Коллоидно-химические свойства латексов и их влияние на технологию производства изделий.
35. Способы вторичного использования полимеров, их технико-экономическая оценка.

## ТЕМАТИКА ДОМАШНИХ ЗАДАНИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### **Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов**

Авторы: Глазков С.С., Вострикова Г.Ю.  
Кафедра «Химии»

1. Что такое технология? Что является предметом изучения курса «Химико-технологические процессы получения полимеров»?
2. Приведите классические определения процессов полимеризации и поликонденсации. Дайте характеристику процессам полимеризации и поликонденсации с точки зрения их механизма.
3. Чем определяется выбор способа проведения полимеризации? Какие промышленные способы синтеза полимеров по механизму полимеризации вы знаете?
4. Что такое полимеризация в массе? Каковы разновидности этого процесса?
5. Принципиальная блок-схема полимеризации в массе. Каковы технологические особенности осуществления каждой стадии процесса?
6. Достоинства и недостатки способа полимеризации в массе.
7. Что такое полимеризация в суспензии? Компоненты системы и требования к ним.
8. Какие факторы влияют на процесс суспензионной полимеризации?
9. Принципиальная блок-схема полимеризации в суспензии. Каковы технологические особенности осуществления каждой стадии процесса?
10. Достоинства и недостатки способа суспензионной полимеризации.
11. Что такое полимеризация в растворе? Компоненты системы и требования к ним.

12. Влияет ли растворитель на характеристики полимера при осуществлении полимеризации в растворе?

13. Чем отличаются процессы, проводимые в кинетической и диффузионной областях? Чем будут при этом отличаться полимеры?

14. Принципиальная блок-схема полимеризации в растворе. Каковы технологические особенности осуществления каждой стадии процесса?

15. Достоинства и недостатки способа полимеризации в растворе.

16. Что такое полимеризация в эмульсии? Компоненты системы и требования к ним.

17. Особенности механизма эмульсионной полимеризации.

18. Принципиальная блок-схема полимеризации в эмульсии. Каковы технологические особенности осуществления каждой стадии процесса?

19. Достоинства и недостатки способа полимеризации в эмульсии.

20. Дайте краткую характеристику каждого из рассмотренных способов проведения полимеризации.

21. Назовите уникальные свойства полимеров и изделий на их основе.

22. Укажите области использования полимеров и материалов с их участием.

23. Какие материалы называются композитами. Назовите их главные составляющие.

24. Какие процессы и где протекают при формировании структуры композита, какова причина этого явления.

25. Перечислите основные этапы формирования композита.

26. Факторы заполнителей, определяющие физико-механические свойства композиционного материала.

27. Как влияют состав и строение вяжущего на свойства композита.

28. Какие процессы называются адгезией и когезией и как можно судить о силе этих процессов по явлению смачивания.

29. Опишите основные методы смешения компонентов вяжущего и укажите на процессы, происходящие при этом.

30. В чем заключается суть модифицирования поверхности заполнителя и какие вещества для этого используются?

31. Назовите два вида полимеров по отношению к температуре и как это учитывается при их переработке.

32. Подготовка композиций к формованию.

33. Назовите широко используемые клеевые композиции: состав, состояние, технология применения.

34. Защитные и декоративные свойства пленкообразующих и лакокрасочных материалов.

35. Перечислите основные процессы окраски и назовите полимерную составляющую наиболее известных композиций этого профиля.

## **МАТЕРИАЛЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ**

Вопросы контрольного тестирования по **различным темам**, входящие в итоговый контроль после завершения изучения дисциплины «Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов» могут выглядеть следующим образом:

1. Процесс образования высокомолекулярного вещества путем соединения друг с другом исходных низкомолекулярных веществ:

- а) полимеризация                      в) алкилирование  
б) диспропорционирование      г) галогенирование

2. Полимеризация олефинов в зависимости от механизма может быть двух видов:

- а) радикальная и сополимерная    в) радикальная и каталитическая  
б) изомерная и каталитическая      г) сополимерная и изомерная

3. Реакция полимеризации не характерна для:

- а) альдегидов
- б) кетонов
- в) алкенов
- г) алкадиенов

4. Выделяют .... стадии полимеризации:

- а) 2
- б) 3
- в) 4
- г) 5

5. Реакцию, в которую вступают смеси мономеров называют смешанной полимеризацией или:

- а) димеризацией
- б) тримеризацией
- в) сополимеризацией
- г) ионизацией

6. Заключительной стадией полимеризации является:

- а) ингибирование
- б) обрыв цепи
- в) иницирование
- г) пластификация

7. Исходные низкомолекулярные вещества в процессе полимеризации называются:

- а) олигомеры
- б) мономеры
- в) димеры
- г) тримеры

8. Полимеризация, которая протекает под действием протондонорных катализаторов называется:

- а) катионной
- б) анионной
- в) радикальной
- г) сополимерной

9. Отношение скоростей прямой и обратной реакций при полимеризации называют:

- а) степенью полимеризации
- в) константой равновесия

б) константой растворимости      г) ростом цепи

10. Цепная молекула полимера называется:

а) макромолекулой      в) мегамолекулой

б) мономером      г) изомером

11. Отличительной особенностью полимеров является:

а) износостойкость      в) термоустойчивость

б) низкая химическая активность      г) большая молекулярная масса

12. К образованию ВМС приводят:

а) полимеризация и поликонденсация

б) ингибирование и поликонденсация

в) катализ и полимеризация

г) поликонденсация и катализ

13. Процесс образования полимера из низкомолекулярного соединения, содержащего две или несколько функциональных групп с выделением простого вещества, называется:

а) поликонденсация      в) полимеризация

б) олигомеризация      г) димеризация

14. Величина, указывающая на число мономерных звеньев, образующих макромолекулу называется:

а) масса полимеризации      в) уровень полимеризации

б) число полимеризации      г) степень полимеризации

15. Если основная цепь полимера имеет боковые ответвления меньшей длины, чем основная цепь, состоящие также из элементарных звеньев, то такой полимер называется:

- а) разветвленным
- б) сетчатым
- в) пространственным
- г) линейным

16. Полимеры, свойства и строение которых после нагревания и последующего охлаждения не меняются, называются:

- а) термоактивными
- б) термоэластопластичными
- в) термопластичными
- г) терморезистивными

17. Если полимер представляет собой структуры, состоящие из макромолекулярных цепей, соединенных между собой посредством поперечных мостиков, состоящих из атомов или групп атомов, то этот полимер называется:

- а) разветвленным
- б) сетчатым
- в) линейным
- г) кольцевым

18. При повышенных температурах полимеры подвергаются следующему виду деструкции:

- а) химической
- б) фотолитической
- в) окислительной
- г) термической

19. Органические соединения с двумя реакционно-способными группами являются:

- а) полифункциональными
- б) монофункциональными
- в) олигофункциональными
- г) бифункциональными

20. Если основная цепь макромолекулы полимера содержит только атомы углерода, то этот полимер:

- а) сшитый
- б) карбоцепной
- в) пространственный
- г) гетероцепной

21. Реакции получения полимеров по своему характеру подразделяются на:



- а) цепные и ступенчатые
- б) катионные, анионные и ионокоординационные
- в) катионные и анионные
- г) свободно-радикальные и ионные

22. Беспорядочное взаимное расположение макромолекул обуславливает структуру:

- а) упорядоченную
- б) кристаллическую
- в) аморфную
- г) смешанную

23. Процесс, позволяющий получить изделия с большей эластичностью и меньшей хрупкостью, называется:

- а) «сшивание»
- б) пластификацией
- в) наполнением
- г) стабилизацией

24. ... - строго определенное пространственное расположение атомов в молекуле, не изменяющееся в процессе теплового движения:

- а) структура
- б) конформация
- в) изомерия
- г) конфигурация

25. Полимеры, которые при нагревании приобретают пространственную структуру, необратимо теряя способность плавиться и растворяться, называются:

- а) терморезистивными
- б) термопластичными
- в) сетчатыми
- г) термоактивными

26. Полимеры, содержащие ассиметричные атомы углерода могут быть пространственно упорядоченными, т.е.:

- а) стереорегулярными
- б) кристаллическими
- в) стереонерегулярными
- г) атактическими

27. Потеря первоначальных физико-химических свойств полимером с течением времени – это:

- а) дегидрирование
- б) старение
- в) эксплуатация
- г) пластификация

28. К природному полимеру не относится:

- а) лигнин
- б) гуттаперча
- в) целлюлоза
- г) тефлон

29. В зависимости от способа получения и молекулярной массы различают два вида полиэтилена:

- а) плотный и пористый
- б) конденсац. и полимеризационный
- в) низкого и высоко давления
- г) низкой и высокой температуры

30. При получении полиэтилена высокой плотности в качестве катализатора используются:

- а) окись хрома
- б) катализатор Циглера-Натта
- в)  $H_2SO_4$
- г) Pt, Pd

31. Процесс образования высокомолекулярного вещества путем соединения друг с другом исходных низкомолекулярных веществ:

- а) полимеризация
- б) диспропорционирование
- в) алкилирование
- г) галогенирование

32. Полимеризация олефинов в зависимости от механизма может быть двух видов:

- а) радикальная и сополимерная
- б) изомерная и каталитическая
- в) радикальная и каталитическая
- г) сополимерная и изомерная

33. Реакция полимеризации не характерна для:

- а) альдегидов
- б) кетонов
- в) алкенов
- г) алкадиенов

34. Для улучшения механических свойств полимеров в их состав вводят:

- а) разрыхлители
- б) наполнители
- в) катализаторы
- г) стабилизаторы

35. К синтетическим полиамидным волокнам относятся:

- а) вискоза, лавсан, капрон
- б) капрон, нейлон, энант
- в) только капрон
- г) нейлон, лавсан, капрон

36. Высокомолекулярные кремний-органические соединения придают материалам гидрофобность, т.е. образуют пленку, которая:

- а) отталкивает воду
- б) усиливает термоустойчивость
- в) защищает от коррозии
- г) придает негорючесть

37. Синтетические волокна особо широко применяются нами в:

- а) медицине
- б) текстильной промышленности
- в) строительстве
- г) металлургии

38. Высокомолекулярные соединения из которых получают лавсан – это:

- а) полиен
- б) полиуретан
- в) полиэфир
- г) полиол

39. Капрон получают полимеризацией:

- а) этилена
- б) формальдегида
- в) виниловых эфиров
- г) капрола октама

40. На основе феноло-формальдегидных смол получают:

- а) фторопласты
- б) фенопласты
- в) пеноплаты
- г) пентаплаты

41. При поликонденсации формальдегида с мочевиной или меламином получают:

- а) фенолформальдегидные смолы
- б) параформ
- в) карбомидные смолы
- г) изопрен

42. Фенолформальдегидные смолы – это продукты поликонденсации:

- а) фенола и формальдегида
- б) нафтола и ацетальдегида
- в) фенола и ацетальдегида
- г) нафтола и формальдегида

43. Тефлон относится к:

- а) хлоропластам
- б) полиэфирам
- в) полиенам
- г) фторопластам

44. Вещества, которые предотвращают прилипание полимера к оборудованию – это:

- а) соосаждающие вещества
- б) отвердители
- в) индикаторы
- г) смазывающие вещества

45. Катализатор – диэтилалюминийхлорид, применяемый при производстве полипропилена считается особо опасным соединением. Почему:

- а) при контакте с водой и кислородом он взрывается
- б) не реагирует с водой
- в) не реагирует с кислородом

46. Сущность, какого процесса заключается в образовании новых поперечных связей между полимерными цепями:

- а) изомеризация
- в) вулканизация

б) олигомеризация г) полимеризация

47. Технический продукт превращения каучука:

а) гуттаперча в) резина

б) ликопин г) латекс

48. Фамилия ученого, разработавшего промышленный метод производства бутадиенового каучука:

а) П. Карнер в) Д.И. Менделеев

б) С.В. Лебедев г) Г. Вильямс

49. Первый промышленный метод производства бутадиенового каучука был разработан в:

а) СССР в) США

б) Англии г) Германии

50. В состав силиконовых каучуков входит:

а) фосфор в) кремний

б) алюминий г) азот

51. Натуральный каучук получают из молочного сока:

а) хлебного дерева в) одуванчика

б) гивеи г) секвойи

52. Прозрачная пленка, получаемая из вискозы – это:

а) полиэтилен в) капрон

б) лавсан г) целлофан

53. Структурное звено – это

а) многократно повторяющаяся в макромолекуле группа атомов

- б) молекула вещества, из которого синтезируют полимер
- в) часть макромолекулы полимера

54. Для полимеров, полученных реакцией полимеризации, мономер и структурное звено имеют

- а) одинаковое строение
- б) одинаковые состав и строение
- в) одинаковый состав

55. Кристалличность полимеров означает, что

- а) макромолекулы полимеров имеют форму кристаллов
- б) такие полимеры – твердые вещества
- в) макромолекулы полимера расположены упорядоченно

56. Молекулярная масса полимера – это

- а) средняя величина, поскольку массы отдельных молекул различны
- б) приближенная величина
- в) постоянная величина

57. Линейные полимеры при нагревании

- а) сразу подвергаются химическому разложению
- б) сначала размягчаются, образуют вязкотекучую жидкость, затем разлагаются
- в) сначала размягчаются, образуют вязкотекучую жидкость, затем переходят в газообразное состояние

58. Полимер – это

- а) соединение большой молекулярной массы
- б) продукт реакции полимеризации

в) высокомолекулярное соединение, состоящее из многократно повторяющихся групп атомов

59. Для полимеров, полученных в результате реакции полимеризации, мономер и структурное звено различаются

- а) составом
- б) количеством атомов водорода
- в) строением

60. Аморфное состояние полимера характеризуется

- а) вязкостью
- б) отсутствием упорядоченности макромолекул
- в) изменением молекулярной массы

61. При нагревании сетчатых полимеров происходит

- а) размягчение полимера, переход в вязкотекучее состояние, а затем разложение
- б) переход полимера из твердого состояния в жидкое
- в) разложение молекул полимера без перехода в вязкотекучее состояние

62. Все волокна подразделяются на

- а) природные и синтетические
- б) природные и химические
- в) животные и растительные

63. Отличие между искусственными и синтетическими волокнами в том, что

- а) сырье для получения искусственных волокон – природный полимер, для получения синтетических волокон – синтетический полимер
- б) сырье для получения искусственных волокон – искусственно полученный полимер

в) искусственные волокна получают механической обработкой природных полимеров, а синтетические при химической обработке природных полимеров

64. При производстве тканей для одежды лавсан используют преимущественно в смеси с другими волокнами, потому что

- а) лавсан неизносостоек, необходимо добавлять более прочное волокно
- б) лавсан негигроскопичен, поэтому необходимо добавлять волокно, обеспечивающее гигиеничность изделия
- в) ткани из чистого лавсана сильно мнутся

65. Растворяются полимеры

- а) линейного строения
- б) пространственного (сетчатого) строения
- в) линейного и разветвленного строения

66. Полимеры не имеют определенной точки плавления, потому что

- а) степень полимеризации полимера колеблется в определенном интервале, а значит, сила, способная нарушить взаимодействие между этими макромолекулами, переменна
- б) макромолекулы полимера неодинаковы по ширине
- в) невозможно точно определить точку плавления

67. Широкое применение полимеров обусловлено сочетанием:

- а) легкости, химической стойкости и высокой механической прочности
- б) растворимости, легкости, термостойкости
- в) пластичности, термостойкости, растворимости

68. Исходным веществом для получения капрона является:

- а) E капролактам



б)  $\epsilon$ -аминокапроновая кислота

в) капроновая кислота

69. Волокно капрон обладает следующими свойствами:

а) устойчивость к истиранию, действию кислот и щелочей, теплостойкость

б) износостойкость, малая устойчивость к действию кислот, небольшая теплостойкость

в) износостойкость, растворимость в воде, теплостойкость

70. При получении волокна лавсан и капрон расплавленную смолу продавливают через фильеры для того, чтобы

а) ориентировать макромолекулы вдоль оси волокна

б) получить тонкую нить

в) отделить друг от друга макромолекулы

71. Процесс образования полимера из низкомолекулярного соединения, содержащего две или несколько функциональных групп с выделением простого вещества, называется:

а) поликонденсация

в) полимеризация

б) олигомеризация

г) димеризация

72. Величина, указывающая на число мономерных звеньев, образующих макромолекулу называется:

а) масса полимеризации

в) уровень полимеризации

б) число полимеризации

г) степень полимеризации

73. Если основная цепь полимера имеет боковые ответвления меньшей длины, чем основная цепь, состоящие также из элементарных звеньев, то такой полимер называется:

а) разветвленным

в) пространственным

б) сетчатым

г) линейным

74. Исходными веществами для получения волокна лавсан являются

- а) этилен и терефталевая кислота
- б) терефталевая кислота и диэтиловый эфир
- в) терефталевая кислота и этиленгликоль

75. Волокно лавсан характеризуется следующими свойствами:

- а) большая прочность, износостойкость, свето- и термостойкость, устойчивость к действию концентрированных кислот и щелочей.
- б) большая прочность, износостойкость, свето- и термостойкость, устойчивость к действию кислот и щелочей средней концентрации
- в) износостойкость, свето- и термостойкость, кислотостойкость, электропроводность

76. Волокно лавсан относится к

- а) полиэфирным волокнам
- б) полиамидным волокнам
- в) искусственным волокнам

77. Волокно капрон получают по реакции:

- а) полимеризации      б) обмена      в) поликонденсации

78. Недостатками капрона являются:

- а) малая износостойкость и прочность
- б) малая кислото – и теплостойкость
- в) водонепроницаемость и малая теплостойкость

79. В производстве волокон лавсан и капрон их вытягивают на вращающихся с разной скоростью барабанах для того, чтобы

- а) увеличить ориентацию макромолекул, степень кристалличности полимера и, следовательно, прочность
- б) распрямить макромолекулы полимера и получить как можно более тонкую нить
- в) получить макромолекулы полимера близкие по молекулярной массе, т.е. получить как можно более однородный полимер

80. В качестве мономера в реакциях полимеризации используют соединения, содержащие:

- а) кратные связи
- б) карбоксильные группы
- в) –ОН группы
- г) водородные связи

81. Полимерные волокна, образующиеся в результате обработки целлюлозы уксусным ангидридом, называются:

- а) искусственными
- б) химическими
- в) натуральными
- г) синтетическими

82. Элементарным звеном полимерного клея ПВА является остаток:

- а) винилового спирта
- б) винилацетата
- в) пропилена
- г) бутадиена

83. К синтетическим неорганическим полимерам относятся:

- а) целлюлоза
- б) кварц
- в) корунд
- г) алмаз

84. К неорганическим полимерам относятся:

- а) фосфор красный
- б) параформ
- в) йод
- г) сера

85. К карбоцепным полимерам, цепь которых состоит только из атомов углерода, относятся:

- а) полипропилен
- б) капрон
- в) крахмал
- г) полиуретан

86. К природным полимерам относятся:

- а) гормоны    б) нуклеиновые кислоты  
в) витамины    г) дисахариды

87. Среди перечисленных понятий химии ВМС лишними являются:

- а) сополимеризация    б) гомополимеризация  
в) поликонденсация    г) диетиляция

88. Основную массу промышленно ванных полимеров получают:

- а) поликонденсацией    б) вулканизацией  
в) полимеризацией    г) сополимеризацией

89. Макромолекулы вулканизированного каучука в отличие от натурального имеют следующую структуру:

- а) линейную    б) стереорегулярную    в) сетчатую    г) разветвленную

90. Полимеры, в молекулах которых звенья цепи располагаются в определенном порядке, называются:

- а) сшитыми    б) стереорегулярными  
в) атактическими    г) привитыми

91. Продукт вулканизации каучука, содержащий < 5% серы называется:

- а) латекс    б) резина    в) эбонит    г) резол

92. Природные полимеры крахмал и целлюлоза построены из остатков:

- а) лактозы    б) глюкозы    в) фруктозы    г) сахарозы.

93. При нагревании белков в водных растворах кислот и щелочей происходит:

- а) окисление    б) денатурация    в) деструкция    г) гидролиз

94. Макромолекулы природного каучука имеют\_\_\_\_\_структуру:

- а) линейную
- б) лестничную
- в) разветвленную
- г) неупорядоченную

95. Высокоэластическое состояние полимера обуславливается:

- а) сетчатой структурой
- б) кристалличностью и наличием кратных связей
- в) гибкостью макромолекул
- г) огромным числом межмолекулярных связей

96. Процесс изменения свойств полимеров во времени влиянием внешних условий в процессе эксплуатации называется:

- а) деформацией
- б) эрозией
- в) тиксотропией
- г) старением

97. Разрушение полимеров под действием физико-механических факторов называется:

- а) крекингом
- б) дестабилизацией
- в) деструкцией
- г) коррозией

98. Процесс образования дисульфидных мостиковых связей в структуре каучука называется:

- а) деформацией
- б) деструкцией
- в) вулканизацией
- г) сульфированием

99. Для повышения эластичности и устранения хрупкости в полимерные композиции вводят:

- а) стабилизаторы
- б) пластификаторы
- в) инициаторы
- г) отвердители

100. Получение ацетатного шелка из целлюлозы возможно благодаря наличию в ней:

- а) метиленовых групп
- в) циклических фрагментов;
- б) эпоксидных групп
- г) гидроксильных групп.

101. Пластмассы состоят из:

- а) полимера, красителя, наполнителя и серы
- б) полимера, стабилизатора, пластификатора и отходов деревообработки
- в) цемента, алюминиевой пудры, порошка известняка и стабилизатора
- г) битума, песка, щебня и отходов получения синтетического каучука.

102. Лак от латекса отличается тем, что:

- а) система первого содержит отдельные молекулы полимеров в растворителе, а система второго содержит агрегаты молекул полимера в воде
- б) система первого – это раствор полимера, а система второго коллоидный раствор полимера
- в) система первого – полимер, разбавленный растворителем, а система второго взвесь полимера
- г) первая система содержит олигомер в растворителе, а вторая содержит один полимер

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Воронежский государственный архитектурно-строительный университет»

## КАРТА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ЛИТЕРАТУРОЙ Химико-технологические процессы получения полимеров

Автор (ы): Глазков С.С., Вострикова Г.Ю.  
Кафедра «Химии»

№ п/п	Наименование дисциплины	Кол-во обучающихся, изучающих дисциплину	Полное библиографическое описание издания	Кол-во экземпляров
Основная литература				
1	Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов	10	Корнев А.Е., Буканов А.М., Шевердяев О.Н. Технология эластомерных материалов. М.: Эксим, 2000.	20
2	Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов	10	Кирпичников А.П., Аверко-Антонович Л.А., Аверко-Антонович Ю.О. Химия и технология синтетического каучука. Л.: Химия, 1987.	15
3	Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов	10	Основы технологии переработки пластмасс /Под ред. В.Н. Кулезнева, В.К. Гусева. М.: Химия, 1995.	15
4	Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов	10	Басов Н.И., Вразинский В.А., Казанков Ю.В. Расчет и конструирование формующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов. М.: Химия, 1991.	10
5	Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов	10	Принципы создания полимерных композиционных материалов / Ал.Ал. Берлин, С.А. Вольфсон, В.Г. Ошмян, Н.С. Ениколопов. М.: Химия, 1990.	10

6	Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов	10	Технология резиновых изделий / Ю.О. Аверко-Антонович и др. Л.: Химия, 1991.	15
7	Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов	10	Вольфсон С.А. Основы создания технологического процесса получения полимеров. М.: Химия, 1987.	15
8	Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов	10	Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения: Учеб. для вузов / Ю.Д. Семчиков. – М: Изд. Центр “Академия”, 2005. – 368 с.	20
9	Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов	10	Гелелр Б.Э., А.А.Геллер, Чиртулов, В.Г.. Практическое руководство по физико-химии волоконно-образующих полимеров. М.: Химия, 1996. - 432с.	9
<b>Дополнительная литература</b>				
1	Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов	10	Федосова Н.Л. Химические основы полимеров и вяжущих веществ . Сборник задач и упражнений: учебное пособие, 2005, - 174 с.	20
2	Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов	10	Аскадский А.А. Лекции по физико-химии полимеров. М.: Физический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, 2001. 222с.	10
3	Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов	10	Высокомолекулярные соединения: метод. указан. к внеаудиторн. самост. работе для студ. 1-го курса всех специальностей/ Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т; сост.: Л.Г. Барсукова, С.С. Глазков – Воронеж, 2011. – 40 с. №681	200



4	Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов	10	Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения: Учеб. М.: Высшая школа, 1992. - 512с.	20
5	Химико-технологические процессы получения полимерных композиционных материалов	10	Бартенев Г М, Зеленев Ю.В. Физика и механика полимеров: Учеб. М.: Высшая школа, 1983. 391с.	5

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Воронежский государственный архитектурно-строительный университет»

## **ТОЛКОВЫЙ СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ (ГЛОССАРИЙ)**

### **Химико-технологические процессы получения полимеров**

Автор (ы): Глазков С.С., Вострикова Г.Ю., Барсукова Л.Г.  
Кафедра «Химии»

#### **ТОЛКОВЫЙ СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ**

**Антимикробные агенты** - добавки, препятствующие зарождению и размножению микроорганизмов в полимерных материалах.

**Антиоксиданты** - это антиокислители, природные или синтетические вещества, способные тормозить или предотвращать процессы, приводящие к старению полимеров.

**Деформацией** называется изменение размеров и формы тела под действием приложенных к нему сил. Деформация может быть упругой и пластичной.

**Красители** применяют для окрашивания материалов, для окраски полимеров используют различные органические красители и пигменты.

**Механические свойства материалов** – это способность материалов сопротивляться деформирующему и разрушающему воздействию внешних механических сил в сочетании со способностью при этом упруго и пластически деформироваться.

**Наполнители** - вещества, придающие изделию прочность, твердость, теплопроводность, стойкость к действию агрессивных сред, липкость и другие физико-механические свойства. Наполнители по происхождению делятся на органические и минеральные, по структуре на порошкообразные и волокнистые. В качестве наполнителя применяют древесную муку, стекловолокно, порошки различных металлов, минералов.

**Прочностью** называют способность материала сопротивляться действию внешних сил, не разрушаясь и не деформируясь. Прочность материала зави-

сит от его природы, строения, размеров изготовленных из него изделий, величины нагрузок и характера их действия.

**Полимеры** - вещества, молекулы которых состоят из большого числа повторяющихся звеньев. Основными исходными соединениями для получения полимерных материалов являются мономеры и олигомеры. Для облегчения переработки полимеров и придания им комплекса требуемых свойств в их состав вводят различные компоненты - наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, красители, сшивагенты, антимикробные агенты.

**Пластификаторы** - вещества, придающие материалам пластичность в процессе обработки, и обеспечивающие эластичность готового материала. В качестве пластификаторов используют дибутилфтолат, диоктилфтолат и другие.

**Пластичность** – свойство материала, не разрушаясь, изменять форму под действием нагрузок и сохранять эту форму после того, как нагрузка перестает действовать.

**Пластмассы** делятся на самотвердеющие, или холодного отвердения, т.е. затвердевающие при комнатной температуре, и пластмассы горячего отвердения, затвердевающие при термической обработке.

**Процесс схватывания пластмассы проходит несколько стадий:**

**первая стадия – насыщения**, заключается в смешивании порошка и жидкости, при этом не допускается наличия, как свободной жидкости, так и порошка. Оптимальным является объемное соотношение мономера к полимеру 1:3;

**вторая стадия – песочная**, масса напоминает смоченный водой песок;

**третья стадия – тянущихся нитей**, масса становится более вязкой, а при её растягивании появляются тонкие нити;

**четвертая стадия – тестообразная**, отличается еще большей плотностью и исчезновением тянущихся нитей при разрыве;

**пятая стадия – резиноподобная** или стадия затвердевания пластмассы.

Работают с пластмассой в тестообразной стадии. Пластмассы горячего отвердения при правильном режиме полимеризации содержат 0,5% , быстроотвердевающие – 3,5% остаточного мономера.

Нарушение режима полимеризации приводит к дефектам готовых изделий (пузырьки, пористость, разводы, участки с повышенным внутренним напряжением).

**Стабилизаторы** - вещества, тормозящие старение полимеров. Применяются антиоксиданты, препятствующие окислению; фотостабилизаторы, ингибирующие фотолиз и фотоокисление; антиарды, препятствующие старению под действием излучения.

**Сшивагенты** - вещества, которые образуют поперечные связи между макромолекулами для повышения прочности полимерных материалов.

**Твердостью** называется способность тела оказывать сопротивление при внедрении в его поверхность другого тела. Это важная характеристика материала, позволяющая судить о способности материала сопротивляться износу.

**Технологические свойства** – это свойства, определяющие пригодность материала к обработке и возможность применения его в тех или иных условиях.

**Текучесть** - понимают способность материала в жидком, пластифицированном или расплавленном состоянии заполнять тонкие места прессовочной формы.

**Упругость** – это способность материала изменять форму под действием внешней нагрузки и восстанавливать форму после снятия этой нагрузки.

После устранения действия силы все эти тела приобретают прежнюю форму.

**Усадка** – это уменьшение объема отлитой или отпрессованной детали при охлаждении или затвердении материала при переходе из одного состояния в другое и хранении. Она зависит от свойств материалов, степени их нагрева и способа охлаждения.