

**Министерство образования и науки Российской Федерации Федеральное  
государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования «Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

**Программа вступительных испытаний  
в магистратуру  
по направлению  
18.04.01 – Химическая технология**

**По магистерской программе:**  
*«Современная технология полимеров, композитов и покрытий»*

### **Разработчики программы:**

- профессор кафедры Химической технологии полимерных композиционных лакокрасочных материалов и покрытий, д.т.н. М.Ю. Квасников
- доцент кафедры Химической технологии полимерных композиционных лакокрасочных материалов и покрытий, д.х.н., А.Е. Антипов
- заведующий кафедрой технологии переработки пластмасс, д.х.н., проф. И.Ю. Горбунова
- и.о. заведующего кафедрой химической технологии пластических масс, д.х.н., проф. В.В. Киреев,
- декан факультета нефтегазохимии и полимерных материалов, к.х.н. И.С. Сиротин
- доцент кафедры химической технологии пластических масс, к.х.н. Ю.В. Биличенко,
- доцент кафедры химической технологии пластических масс, к.х.н. С.Н. Филатов

### **1. ВВЕДЕНИЕ**

Программа вступительных испытаний по образовательной программе высшего образования – программе магистратуры предназначена для лиц, желающих поступить в магистратуру ФГБОУ ВО «РХТУ им. Д.И. Менделеева» по направлению подготовки 18.04.01 – Химическая технология.

Программа разработана в соответствии с Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденным приказом Министерства образования и науки РФ от 5 апреля 2017 г. № 301, а также в соответствии с Федеральным государственным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.04.01 – Химическая технология (уровень магистратуры), утвержденным приказом Министерства образования и науки РФ от 21 ноября 2014 г. № 1494.

Программа рекомендуется для подготовки к вступительным испытаниям выпускников классических университетов, технологических и технических вузов, в основных образовательных программах подготовки которых содержатся дисциплины (модули), рабочие программы которых аналогичны по наименованию и основному содержанию рабочим программам перечисленных ниже учебных дисциплин, преподаваемых в РХТУ им. Д.И. Менделеева по уровню бакалавриата. Содержание программы базируется на следующих учебных дисциплинах, преподаваемых в РХТУ им. Д.И. Менделеева:

- «Химия и физика полимеров»
- «Технология и оборудование производств полимеров»
- «Технология и оборудование процессов переработки полимеров»
- «Проектирование производств полимеров»
- «Химия и физика полимеров»

- «Технология полимеров и полимерных пленкообразующих материалов»
- «Технология переработки полимеров»
- «Оборудование и основы проектирования предприятий производства лакокрасочных материалов»
- «Химическая технология пигментов и пигментированных лакокрасочных материалов»
- «Технология и оборудование получения лакокрасочных покрытий»; «Органическая химия»
- «Процессы и аппараты химической технологии»
- «Технология переработки полимеров»
- «Основы проектирования и оборудование предприятий по переработке полимеров»

и других специальных учебных дисциплинах, преподаваемых в РХТУ им. Д.И. Менделеева в рамках направления подготовки 18.03.01 Химическая технология, профиль «Технология и переработка полимеров».

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### *Программа «Современная технология полимеров, композитов и покрытий»*

#### **1. Химия высокомолекулярных соединений**

##### *1.1 Введение*

Основные понятия и определения химии ВМС: полимер, олигомер, мономер, составное повторяющееся звено, полимеризация, степень полимеризации; пространственные формы полимерных молекул: тактические, регулярные, стереорегулярные.

Структурные формы полимерных молекул: линейные (одно- и двухтяжные), макроциклические, циклоцепные, разветвленные, сшитые (трехмерные).

Номенклатура полимеров. Рациональная номенклатура и номенклатура, основанная на химическом строении составного повторяющегося звена.

Номенклатура регулярных линейных однотяжных и квазиоднотяжных неорганических и элементоорганических полимеров.

Классификация полимеров. Классификация ВМС по реакциям образования (происхождению) или по свойствам. Общая классификация полимеров по химическому строению составного повторяющегося звена цепи: класс-подкласс-группа-подгруппа-вид.

**1.2 Основные представители промышленных полимеров** (*исходные мономеры, способы получения. Области применения, в том числе в составе изделий из пластмасс, лакокрасочных материалов и полимерных композиционных материалов*)

Полимеры, получаемые цепной полимеризацией: полиолефины (полиэтилен, полипропилен, полиизобутилен), полидиены (полибутадиен, полиизопрен, полихлоропрен, сополимеры бутадиена со стиролом и другими

мономерами), полистирол, поливинилхлорид, поликапроамид, полиакрилаты (полиметилметакрилат, полиакриловая кислота, полиакриламид).

Полимеры, получаемые ступенчатой полимеризацией: сложные полиэфиры (полиэтилентерефталаты, поликарбонаты, полиарилаты, полисульфоны), полиамиды (полиметиленадипамид, поли-*p*-фенилен- и поли-*m*-фенилентерефталамиды), феноло-формальдегидные олигомеры, мочевиноальдегидные олигомеры, олиго- и полиэпоксиды.

Полимеры, синтезируемые полимераналогичными превращениями: поливинилацетат, поливинилен, карбин, полиакрилимиды, вулканизованные каучуки (резины), производные целлюлозы (простые и сложные эфиры).

#### *Полиолефины*

##### *Полиэтилен*

Этилен, его получения, свойства и методы очистки. Полимеризация этилена при высоком давлении, аппаратное оформление процесса. Увеличение единичной мощности агрегата за счет совершенствования аппаратного оформления, применения более активных катализаторов и повышения давления.

Получение полиэтилена при низком давлении с катализаторами Циглера-Натта. Применение растворимых катализаторов и совершенствование процесса очистки полимера.

Структура, свойства и способы стабилизации полиэтилена. Регулирование и модификация структуры и свойства полиэтилена. Методы переработки и области применения полиэтилена.

##### *Полипропилен*

Пропилен, его получение и свойства. Производство полипропилена, факторы, влияющие на образование атактического и изотактического полимера.

Способы регулирования структуры и свойств, получения модифицированного морозостойкого полипропилена. Свойства, переработка и области применения полипропилена.

##### *Полистирол и его сополимеры.*

Стирол, его получение, свойства и методы очистки. Общая характеристика методов получения полистирола. Пути интенсификации процесса полимеризации стирола.

Производство полистирола в массе непрерывным методом и анализ технологических схем. Производство полистирола блочно-суспензионным методом.

Технологические особенности производства полистирола в эмульсии и суспензии. Непрерывные автоматизированные агрегаты производства.

Свойства полистирола, полученного различными методами, его переработка и основные области применения.

Сополимеры стирола с акрилонитрилом, метилметакрилатом, с синтетическими каучуками, тройной сополимер АБС. Их свойства и применение. Модификация полистирола. Производство пенополистирола.

##### *Полимеры галогенпроизводных непредельных углеводородов*

### *Поливинилхлорид*

Винилхлорид, его получение и свойства. Сравнительный анализ методов получения поливинилхлорида и особенности технологических процессов.

Производство поливинилхлорида полимеризацией в массе, в суспензии и эмульсии.

Основные свойства, структура и переработка поливинилхлорида. Стабилизация поливинилхлорида. Винипласт и пластикат, способы их получения, свойства и применение. Хлорированный поливинилхлорид. Сополимеры винилхлорида.

### *Политетрафторэтилен*

Полимеры акриловой и метакриловой кислот.

Полимеры и сополимеры акриловой кислоты и ее эфиров.

Получение акриловых кислот и их полимеризация. Строение, свойства и применение полиакрилатов. Получение эфиров акриловых кислот, их полимеризация, свойства и применение.

Полимеры и сополимеры метакриловой кислоты и ее эфиров.

Получение метакриловой кислоты, ее полимеризация, свойства и строение полимеров. Получение эфиров метакриловой кислоты. Способы полимеризации метилметакрилата. Свойства и строение полиметилметакрилата. Производство листового полиметилметакрилата в массе.

*Полиакрилонитрил.* Полимеризация нитрила акриловой кислоты.

Строение и свойства полиакрилонитрила, области применения. Синтетическое волокно (нитрон). Сополимеры акрилонитрила, их свойства и применение.

*Поликонденсация.*

Определение и классификация поликонденсационных процессов. Мономеры, применяемые при поликонденсации и их классификация. Основные реакции поликонденсационных процессов.

Механизм и кинетика равновесных процессов и реакции неравновесной поликонденсации. Стадии процессов и поликонденсации. Влияние различных факторов на процесс поликонденсации. Побочные процессы при поликонденсации: циклизация, деструкция, сшивка полимерных цепей.

Трехмерная поликонденсация, ее особенности, коэффициент разветвления и его связь со степенью завершенности процесса.

Закономерности вулканизации натуральных и синтетических каучуков.

Технические методы проведения поликонденсации. Поликонденсация в расплаве, растворе, эмульсии и их технологические особенности.

*Полиэфиры.*

Основные стадии и механизм образования полиэфиров. Исходные продукты для производства полиэфиров.

Полиэтилентерефталат. Методы синтеза полиэтилентерефталата. Технология и особенности производства полиэтилентерефталата,

производство пленки и волокон. Структура, свойства, переработка и применение полиэтилентерефталата.

Полиэфирьы, модифицированные маслами и жирными кислотами (алкиды).

Механизм и особенности получения алкидов, их классификация. Свойства и применение алкидов. Лакокрасочные материалы на основе алкидов.

Алкидностирольные и алкидноакриловые сополимеры для производства лакокрасочных материалов.

*Поликарбонаты.* Методы синтеза поликарбонатов. Основные типы поликарбонатов. Свойства, структура, переработка и перспективы применения поликарбонатов.

*Полиакрилаты.* Методы синтеза полиакрилатов. Основные типы полиакрилатов. Свойства, структура, переработка и перспективы применения полиакрилатов. Различные типы лакокрасочных материалов на основе полиакрилатов.

Ненасыщенные полиэфирьы. Механизм и особенности образования ненасыщенных полиэфирьов, их классификация. Свойства и применение ненасыщенных полиэфирьов. Стеклопластики и пресслитьевые материалы на основе ненасыщенных полиэфирьов, их получение и свойства.

*Полиамиды.*

Основные реакции образования полиамидов. Механизм реакции полиамидирования.

Исходные продукты для получения полиамидов.

Алифатические полиамиды: полигексаметиленадипамид, полигексаметиленсебацинамид. Их производство периодическим способом и свойства.

Поликапроамид. Производство поликапроамида периодическим и непрерывным способами. Свойства капролактама.

Структура полиамидов. Общие свойства и применение полиамидов. Производство волокон и пленок из полиамидов. Переработка полиамидов. Получение лакокрасочных материалов на основе полиамидов.

*Эпоксидные олигомеры.*

Различные классы эпоксидных олигомеров. Получение и свойства исходного сырья для получения диановых эпоксидных олигомеров. Механизм реакции эпоксидирования и влияния различных факторов и условий процесса на структуру и свойства эпоксидных олигомеров. Производство эпоксидных олигомеров. Механизм отверждения эпоксидных олигомеров и основные классы отвердителей. Свойства и применение эпоксидных олигомеров.

Клеи, литьевые пропиточные компаунды, слоистые пластики на основе эпоксидных олигомеров. Полиэпоксидные олигомеры. Лакокрасочные материалы на основе эпоксидных олигомеров. Их свойства и области применения.

*Аминоальдегидные и фенолоальдегидные олигомеры.*

*Аминоальдегидные олигомеры.*

Механизм реакций образования мочевиноформальдегидных олигомеров, характеристика продуктов конденсации. Процессы отверждения мочевиноформальдегидных олигомеров.

*Материалы на основе мочевиноформальдегидных олигомеров.*

Способы производства и аппаратное оформление получения пресспорошков, их свойства и применение. Производство и свойства слоистых пластиков и клеев. Производство лакокрасочных материалов на основе мочевиноформальдегидных олигомеров. Их свойства и сферы применения.

*Меламиноформальдегидные олигомеры.*

Получение меламиноформальдегидных олигомеров, их свойства, применение и переработка. Производство лакокрасочных материалов на основе мочевиноформальдегидных олигомеров. Их свойства и сферы применения.

*Фенолоальдегидные олигомеры.*

Механизм и особенности реакций образования фенолоформальдегидных олигомеров. Новолачные олигомеры, механизм и условия образования, периодический и непрерывный способ производства. Резольные олигомеры, механизм и условия образования, промышленное производство. Процесс отверждения фенолоформальдегидных олигомеров.

Материалы на основе фенолоформальдегидных олигомеров. Пресспорошки, их производство, свойства, переработка и применение. Волокнистые и слоистые прессматериалы, их свойства и применение. Лакокрасочные материалы на основе фенолоформальдегидных олигомеров, свойство и области применения.

*Кремнийорганические полимеры.*

Исходные вещества для получения кремнийорганических полимеров. Особенности реакций образования полиорганосилоксанов. Механизм отверждения. Прессматериалы и стеклопластики на основе полиорганосилоксанов.

*Полиуретаны.* Получение, свойства и области применения. Различные типы полиуретановых лакокрасочных материалов.

*Химически модифицированные природные полимеры.*

Целлюлоза, методы ее получения. Простые и сложные эфиры целлюлозы.

Способы получения, свойства и области применения эфиров целлюлозы.

Привитые сополимеры целлюлозы. Пластические массы на основе эфиров целлюлозы.

### **1.3 Особенности молекулярного строения полимеров и их физических свойств**

Понятия конформации и конфигурации в приложении к макромолекулам; вращательный и изгибательный механизмы гибкости цепных молекул.

Термодинамическая и кинетическая гибкость и факторы их определяющие.

Понятие сегмента Куна. Пространственные формы полимерных молекул.

Тепловое движение в полимерах; кинетические элементы цепных молекул (атомы и радикалы, сегменты, макромолекулы).

Количественная оценка гибкости: размер сегмента, квадрат расстояния между концами цепи, радиус инерции, персистентная длина, параметры заторможенности вращения. Гибкость жесткоцепных макромолекул.

#### **1.4 Цепные процессы образования макромолекул.**

Методы инициирования цепных процессов образования полимеров. Строение мономера и его способность к полимеризации по цепному механизму.

Радикальная полимеризация. Методы инициирования радикальной полимеризации. Инициаторы радикальной полимеризации; скорость инициирования. Стадии и кинетика радикальной полимеризации.

Методы осуществления радикальной полимеризации: в массе, в растворе, в суспензии и в эмульсии.

Ионная полимеризация. Общие закономерности ионной полимеризации (ИПМ). Активные центры ИПМ. Общее кинетическое описание ИПМ при быстром и медленном инициировании.

Анионная полимеризация алкенов: виды инициирования; полимеризация неполярных мономеров в неполярных и полярных средах; особенности анионной полимеризации полярных мономеров в полярных средах.

Катионная полимеризация алкенов: инициирование протонными кислотами, солями карбония и комплексами кислот Льюиса. Рост и обрыв цепи при катионной полимеризации алкенов.

Ионная полимеризация мономеров по карбонильной, нитрильной и изоцианатной группам.

Ионно-координационная полимеризация: гомогенные и гетерогенные катализаторы. Наиболее вероятные механизмы стереорегулирования, кинетика.

Цепная сополимеризация. Общие положения, дифференциальные уравнения сополимеризации; константа относительной активности сомономеров и методы их определения. Идеальная и чередующаяся сополимеризация.

Радикальная сополимеризация, стерический и полярный эффекты при радикальной сополимеризации, скорость процесса.

Катионная и анионная сополимеризация ненасыщенных мономеров. Сополимеризация гетероциклов.

#### **1.5 Ступенчатые процессы образования макромолекул.**

Мономеры, используемые в ступенчатых процессах синтеза макромолекул; реакционные центры, функциональность, возможность образования трехмерных полимеров и возможность циклизации. Классификация мономеров для поликонденсации.

Стадии и кинетика поликонденсации.

Методы осуществления ступенчатых процессов получения полимеров.

### **1.6 Полимераналогичные превращения полимеров**

Полимераналогичные превращения (ПАП). Отличие ПАП от соответствующих реакций низкомолекулярных соединений. Реакционная способность полимеров (полимерные эффекты): доступность функциональных групп, влияние соседних групп, конформационный, конфигурационный, электростатический, кооперативный и надмолекулярный эффекты. Циклизация в процессе ПАП. Особенности ПАП трехмерных полимеров.

Деструкция полимерных молекул: деполимеризация по закону концевых групп, распад по закону случая, смешанный тип распада. Особенности деструкции полимеров в твердом состоянии.

Реакции сшивания макромолекул: взаимодействие функциональных групп цепей одного и того же или различных полимеров. Реакции макромолекул с полифункциональным низкомолекулярным агентом. Вулканизация каучуков, циклообразование при вулканизации.

### **1.7 Растворы и методы определения молекулярной массы полимеров**

Особенности свойств растворов полимеров. Химическая природа полимера и его способность к растворению. Термодинамика растворов полимеров: верхняя и нижняя температура смешения. Осмотическое давление растворов полимеров; второй вириальный коэффициент. Изменение термодинамических параметров при растворении полимеров. Влияние различных факторов на термодинамику растворения. Понятия «хороший», «плохой», идеальный растворитель.

### **1.8 Особенности упорядоченного строения полимеров. Кристаллические и жидкокристаллические полимеры**

Мезоморфные состояния веществ. Глобулярные, лиотропные и термотропные жидкие кристаллы полимеров. Необходимые условия кристаллизации полимеров. Особенности свойств кристаллических полимеров. Кинетика кристаллизации и многообразие морфологических форм кристаллических полимеров. Причины складывания макромолекул при кристаллизации и пути исключения складывания.

### **1.9 Физические состояния аморфных полимеров**

Физические состояния линейных аморфных полимеров и методы их определения: термомеханический, частотно-температурный, дилатометрический, диэлектрический, по изменению теплоемкости, метод ЯМР.

Природа и особенности высокоэластичности. Термодинамика высокоэластической деформации. Релаксационные механические свойства полимеров: упругое последствие, релаксация напряжения, упругий гистерезис.

Механические модели аморфных полимеров.

Стеклообразное состояние высокомолекулярных соединений. Причины нехрупкого поведения, температуры стеклования и хрупкости, области работоспособности стеклообразных полимеров.

Вязко-текучие полимеры. Особенности свойств жидких полимеров. Деформации при течении ВМС. Сегментарный, молекулярный и надмолекулярный механизмы течения полимеров. Законы течения полимеров. Наибольшая и наименьшая ньютоновские вязкости, эффективная вязкость.

## **2. Химическая технология получения полимеров**

### **2.1 Введение**

История и основные направления развития промышленности пластических масс в России и за рубежом. Основные виды и источники сырья для производства полимерных материалов. Полимеры в народном хозяйстве.

Классификация полимерных материалов. Перспективы развития производства полимеров.

Предмет и задача общей химической технологии полимеров как основы технологических процессов их синтеза. Совершенствование существующих производств и создание новых высокопроизводительных технологических процессов получения полимерных материалов. Влияние технологических и гидродинамических условий процесса на свойства получаемого полимера в реальных условиях. Пути улучшения качества полимеров и пластических масс на их основе.

Технологический регламент производства и его аппаратурно-технологическая схема – техническая документация, обеспечивающая получение полимера с необходимыми потребительскими свойствами.

Классификация пластических масс по методам синтеза полимеров:

- пластические массы на основе полимеров, получаемых по реакциям полимеризации;
- пластические массы на основе полимеров, получаемых по реакциям поликонденсации;
- пластические массы, получаемые химической модификацией природных и синтетических полимеров.

Специфические особенности массо- и теплообменных процессов в зависимости от метода производства полимеров.

Наполненные и ненаполненные пластические массы. Исходные вещества для получения пластических масс: связующие, наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, отвердители, смазывающие вещества и другие добавки. Влияние компонентов на эксплуатационные свойства пластмасс.

Классификация полимерных материалов по их поведению при нагревании: термопластичные и термореактивные полимеры и пластмассы на их основе. Различие их свойств и способов переработки в изделия.

### **2.2 Пластические массы на основе полимеров, получаемых по реакции полимеризации**

Способы проведения полимеризации: в газовой фазе, в массе, в суспензии, в эмульсии, в растворе, в твердой фазе. Молекулярно-массовые характеристики полимеров, полученных различными способами. Зависимость физико-химических свойств от способа получения. Методы стабилизации полимеров.

Факторы, влияющие на процесс: температура, давление, концентрация инициатора или катализатора, их природа и др.

Особенности конструкций реакторов и их отдельных узлов, связанные со следующими факторами: высокая вязкость реакционных сред, гетерогенность процессов, трудность отвода тепла экзотермических реакций, налипание полимера на стенки аппарата, высокое давление в реакторе при полимеризации газообразных мономеров.

Способы создания устойчивых режимов в реакторах. Способы перемешивания реакционных сред. Способы подачи исходных компонентов и эвакуации реакционных масс из реакторов.

Рециклы в полимеризационных процессах. Очистка сточных вод и газовых выбросов. Сравнение экономической эффективности способов полимеризации.

### **2.2.1 Полимеризация в массе**

Особенности осуществления процесса полимеризации в массе. Полимеризация в массе до глубоких степеней превращения. Достоинства и недостатки способа.

Стадии технологического процесса полимеризации в массе. Необходимость проведения процессов до неполных конверсий мономеров. Наличие рециклов в схемах с очисткой мономеров, возвращаемых в технологический процесс.

Аппаратурное оформление основных и вспомогательных стадий процесса. Способы отвода тепла экзотермических реакций – основная проблема при осуществлении полимеризации в массе.

Основные промышленные процессы полимеризации в массе: полиэтилен высокого давления, полипропилен, полистирол и сополимеры стирола, АБС пластики, поливинилхлорид, поликапрамид, полиметилметакрилат. Основные закономерности и параметры процессов. Периодические и непрерывные процессы полимеризации в массе. Перспектива способа полимеризации в массе.

Основные правила безопасного ведения процессов полимеризации в массе. Энергоемкость процессов полимеризации в массе.

### **2.2.2 Полимеризация в растворе**

Особенности процессов гомогенной и гетерогенной полимеризации в растворе. Достоинства и недостатки способа.

Стадии технологических процессов гомогенной и гетерогенной полимеризации в растворе. Наличие стадий регенерации растворителей и возврат их в технологический процесс.

Аппаратурное оформление основных и вспомогательных стадий процесса полимеризации в растворе. Перспектива практического использования способа полимеризации в растворе.

Основные промышленные процессы полимеризации в растворе: полиолефины, полиформальдегид и сополимеры формальдегида, поливинилацетат и поливиниловый спирт, полиакриламид, полиоксиалкилены, полиуретаны, пентон.

Основные закономерности и параметры процессов. Периодические и непрерывные процессы полимеризации в растворе. Энергоемкость процессов.

Основные правила безопасного ведения процессов полимеризации в растворе.

### **2.2.3 Полимеризация в эмульсии**

Особенности эмульсионной полимеризации. Компоненты реакционной среды при полимеризации в эмульсии. Достоинства и недостатки способа.

Стадии технологического процесса эмульсионной полимеризации. Агрегативная устойчивость и выделение полимеров.

Аппаратурное оформление основных и вспомогательных стадий процесса. Перспектива практического использования способа. Ограничения в его применении. Большое количество сточных вод и трудность очистки их от мономеров и других компонентов эмульсионной полимеризации.

Основные промышленные процессы полимеризации в эмульсии: полистирол и сополимеры стирола, поливинилхлорид и сополимеры винилхлорида, полиметилметакрилат, полиакрилонитрил, политетрафтор- и политрифторхлорэтилен.

Основные закономерности и параметры процессов. Периодические и непрерывные процессы эмульсионной полимеризации. Энергоемкость процессов.

Основные правила безопасного ведения процессов полимеризации в эмульсии.

### **2.2.4 Полимеризация в суспензии**

Полимеризация в суспензии как разновидность эмульсионной полимеризации. Стабилизаторы суспензии. Основные компоненты реакционной среды. Достоинства и недостатки способа. Сравнения со свойствами полимеров, полученных полимеризацией в массе и в эмульсии.

Стадии технологического процесса суспензионной полимеризации.

Аппаратурное оформление основных и вспомогательных стадий процесса.

Перспектива развития способа. Высокое качество полимеризационных материалов и удобства в управлении процессом – основа для расширения способа суспензионной полимеризации. Ограничения в применении непрерывных процессов. Разработка промышленных периодических процессов полимеризации в суспензии в аппаратах большой единичной мощности.

Основные промышленные процессы полимеризации в суспензии: полистирол и сополимеры стирола, поливинилхлорид, полиакрилаты, фторированные полимеры, полиоксиолефины.

Блочно-суспензионная полимеризация на примере получения пенеполистирола. Особенности процесса и перспективы его развития.

### **2.2.5 Пластические массы и композиционные материалы на основе полимеров, получаемых по реакции полимеризации**

Исходные компоненты для производства пластических масс на основе полимеров, получаемых по реакции полимеризации. Аппаратурное оформление процессов получения композиционных материалов (смесители, вальцы, червячные машины). Пластические массы на основе поливинилхлорида: винипласт и мягкий поливинилхлорид (пластикат пленочный и кабельный).

Композиционные материалы на основе термопластов: дисперснонаполненные термопласты (наполнители: мел, тальк, графит и др.), стекло- и асбонаполненные термопласты (полиолефины, полиамиды).

Газонаполненные полиуретаны: эластичные (поролон) и жесткие пенопласты. Пенополистирол, получаемый прессовым методом.

Перспектива развития производства композиционных материалов.

Перечень основных свойств полимерных материалов: диэлектрические, механические, теплофизические, химическая стойкость, морозостойкость, водостойкость, физиологическая безвредность, горючесть, а также оптические свойства.

Классификация полимерных материалов на группы в зависимости от свойств.

Области практического использования полимеров и пластических масс на их основе в зависимости от принадлежности по свойствам к той или иной группе.

### **2.3 Пластические массы на основе полимеров, получаемых по реакции поликонденсации**

Основные закономерности процесса поликонденсации. Гомополиконденсация и гетерополиконденсация. Равновесная и неравновесная поликонденсация.

Способы проведения процессов поликонденсации: в расплаве, в растворе, в эмульсии, на границе раздела фаз (межфазная поликонденсация), в твердой фазе.

Факторы, влияющие на процесс: температура, характер и концентрация катализатора, соотношение мономеров, характер растворителя и др.

Применение методов моделирования и оптимизации при разработке промышленных поликонденсационных процессов.

Реакционная аппаратура периодического и непрерывного действия для проведения поликонденсационных процессов. Специфические особенности конструкций реакторов и их отдельных узлов.

Способы создания устойчивых режимов в реакторах. Способы перемешивания, подачи исходных компонентов, эвакуации реакционных масс из реакторов, герметизации рабочих пространств реакторов.

Особенности оборудования, применяемого на последующих стадиях поликонденсационного процесса: охлаждения, сушки, измельчения, грануляции и др.

Вспомогательная аппаратура к реакторам для поликонденсации: мерники, плавители, дозирующие устройства, обеспечивающие строгое соблюдение соотношения исходных компонентов.

Создание безотходных и экологически чистых поликонденсационных процессов.

Энергоемкость процессов поликонденсации в зависимости от способа проведения.

### **2.3.1 Неравновесная поликонденсация (в растворе, в эмульсии, на границе раздела фаз)**

Основные закономерности процессов неравновесной поликонденсации в растворе, в эмульсии и в суспензии. Назначение и характер растворителя.

Гомогенные и гетерогенные процессы, сопровождаемые выделением полимера из раствора в ходе реакции поликонденсации в растворе.

Влияние основных факторов на характеристику полимера при проведении процесса в растворе, в эмульсии и на границе раздела фаз. Влияние основных факторов на характеристики полимеров, полученных в различных процессах и системах: жидкость-жидкость и жидкость-газ. Характер растворителей в межфазной поликонденсации и роль границы раздела фаз. Поликонденсация во встречных потоках растворов мономеров. Достоинства и недостатки способов.

Стадии технологических процессов гомогенной и гетерогенной поликонденсации в растворе, в эмульсии и на границе раздела фаз. Регенерация растворителей.

Технологические параметры и аппаратурное оформление основных промышленных процессов неравновесной поликонденсации в растворе: фенолоальдегидные, карбамидо- и меламиноформальдегидные олигомеры, полиэпоксиды, фурановые олигомеры, элементарорганические полимеры, полиэферы, получаемые при участии хлорангидридов и ангидридов кислот, в эмульсии: фенилона и на границе раздела фаз: поликарбонатов, полиарилатов.

Периодические и непрерывные процессы поликонденсации в растворе.

Энергоемкость процессов. Основные закономерности и параметры процессов, правила их безопасного ведения, сравнение характеров и энергоемкости

### **2.3.2. Равновесная поликонденсация (в расплаве, в растворе)**

Закономерности обратимых реакций поликонденсации в расплаве и в растворе. Побочные реакции.

Особенности параметров обратимых реакций: высокая температура, пониженное давление, инертная атмосфера и др. Влияние параметров процессов на свойства полимеров. Достоинства и недостатки способов.

Стадии технологических процессов и аппаратурное оформление основных и вспомогательных стадий промышленных процессов получения путем равновесной поликонденсации следующих полимеров: в расплаве – полиэфиров (термопластичных насыщенных и ненасыщенных), полиамидов, поликарбонатов, в растворе – насыщенных полиэфиров, полиарилатов, полиимидов.

Периодические и непрерывные процессы поликонденсации в расплаве и в растворе. Характер и энергоемкость процессов и основные правила их безопасного ведения.

### **2.3.3 Пластические массы и композиционные материалы на основе полимеров, получаемых по реакции поликонденсации**

Исходные компоненты в производстве пластических масс: связующие, наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, красители, смазывающие вещества и др.

Классификация фенопластов в зависимости от характера наполнителя: порошкообразные фенопласты, волокниты, текстолиты, гетинаксы и др. Сухой и мокрый способы производства фенопластов.

Стадии технологических процессов и аппаратурное оформление при производстве фенопластов различного типа. Вальцевый и экструзионный способы производства порошкообразных фенопластов. Характер и конструкции смесителей.

Аппаратурное оформление и параметры процессов получения аминопластов, эпоксидных компаундов, наполненных полиамидов, пластических масс на основе фурановых олигомеров с различными наполнителями.

Энергоемкость процессов. Механизация и автоматизация процессов.

Экологические проблемы, связанные с большим выделением пыли и вредных паро- и газообразных веществ.

Охрана труда на производствах с возможными случаями травматизма при работе смесителей, вальцев, дробильных агрегатов.

Характеристика основных свойств полимеров и пластических масс на их основе: диэлектрических, физико-механических, теплофизических, химической стойкости, водостойкости и др. Выделение полимерных материалов с высокими механическими и теплофизическими свойствами: текстолит, стеклотекстолит, полиарилаты, поликарбонаты, полиимиды, фурановые полимеры и др.

Области практического использования полимеров поликонденсационного типа и пластмасс на их основе.

## **3. Свойства полимеров и материалов на их основе. Методы их оценки**

### **3.1 Структура полимеров.**

Современные представления о строении и особенностях надмолекулярной структуры полимеров. Полимеры аморфные и кристаллизующиеся.

Условия образования различных видов надмолекулярных структур, влияние химического строения и внешней среды; возможности их взаимного перехода.

Надмолекулярные структуры аморфных полимеров, их виды. Предпосылки и условия возникновения кристалличности. Надмолекулярные структуры кристаллических полимеров: единичные кристаллы, дедриты, сферолиты и др. Складчатая и сферолитная кристаллизация. Образование кристаллов с выпрямленными цепями. Специфические свойства кристаллических образований в полимерах.

Современные методы исследования структуры полимеров – электронная и оптическая микроскопия, рентгеновские методы, ИК-спектроскопия, дифференциальный термический анализ, дифференциальная сканирующая калориметрия, нейтронография и др.

### **3.2 Полимеры и полимерные материалы.**

Классификация полимеров по сферам применения и масштабам производства. Основные сферы применения полимеров и их связь со свойствами полимеров.

Понятие о полимерных материалах и их классификация. Материалы наполненные и армированные. Полимерные композиционные материалы.

Возможности регулирования свойств полимерных материалов.

### **3.3 Компоненты полимерных материалов.**

Состав полимерных материалов, функции различных компонентов.

Основные виды наполнителей и их влияние на свойства материалов.

Пластификация и пластификаторы.

Стабилизаторы и их виды. Антистатика. Антипирены.

Пути регулирования свойств полимерных материалов.

### **3.4 Методы приготовления полимерных материалов.**

Методы смешения полимеров: сухое смешение, смешение в жидкой фазе и в расплаве. Контроль качества смешения.

Методы пропитки волокнистых и листовых наполнителей.

Контроль технологических свойств полимерных материалов.

### **3.5 Реология расплавов и концентрированных растворов полимеров**

Основные аксиомы реологии полимеров. Реологические жидкости, их классификация. Реологические модели. Тиксотропия и реопексия. Тиксотропия лакокрасочных материалов. Основные реологические уравнения. Кривые течения и реологические характеристики расплавов полимеров.

Вязкость при сдвиговом течении. Температурная зависимость вязкости энергии активации вязкого течения. Зависимость вязкостных свойств от молекулярной массы и разветвленности полимеров; критическая молекулярная масса. Зависимость вязкости от давления. Обобщенная характеристика вязкостных свойств полимеров.

Установившееся ламинарное изотермическое течение жидкости в каналах круглого сечения и в зазоре между двумя коаксиальными цилиндрами.

Куэтовское и пузелейлевское течения. Уравнения Пузелейля, Рабиновича-Вайсенберга, Маргулиса. Экспериментальные методы изучения реологических свойств расплава и концентрированных растворов полимеров. Капиллярные и ротационные вискозиметры, принципы их работы и сравнительная характеристика.

Нормальные напряжения при течении полимерных систем. Эффект Вайсенберга. Аномалия вязкости и нормальные напряжения.

Высокоэластическая деформация в растворах и расплавах полимеров.

Зависимость высокоэластичности полимерных систем от молекулярного массового распределения. Свободное упругое восстановление струи и Баррус-эффект.

Неустойчивое течение расплавов полимеров, явление срыва. Явление "проскальзывание-прилипание".

### **3.6 Реологические свойства структурирующихся полимерных систем**

Реологические свойства терморезактивных полимеров и резиновых смесей. Основные закономерности и эффекты, протекающие при деформировании материалов на основе реакционноспособных олигомеров. Реологические основы создания литевых терморезактивных материалов. Явление сверханомалии вязкости. Внутренний срыв. Бессдвиговое течение наполненных олигомеров. Методы и приборы для изучения реологических свойств реактопластов, каучуков и резиновых смесей.

### **3.7 Физические и химические процессы при переработке полимеров**

Формирование свойств термопластичных полимеров в процессах стеклования и кристаллизации; роль надмолекулярных структур. Остаточные напряжения и их проявление. Методы регулирования структуры и свойств в процессах переработки термопластов.

Структурирование каучуков и отверждение олигомеров. Отверждающие и вулканизирующие системы. Стадии процесса отверждения. Пространственная сетка и методы ее оценки. Релаксационные свойства структурированных систем, остаточные напряжения и пути их снижения. Методы регулирования свойств сшитых полимеров в процессах переработки.

Радиационное сшивание полимеров различного строения, его преимущества и недостатки.

### **3.8 Деструкция и стабилизация полимеров.**

Общие представления о деструктивных процессах в полимерах в свете положений квантовой физики и химической термодинамики.

Термоокислительная деструкция, ее характер и механизм. Особенности термоокисления основных типов полимеров. Уравнения важнейших реакций.

Пути стабилизации и основные классы стабилизаторов. Синергизм.

Термическая деструкция. Характер процессов и влияние на свойства.

Стабилизация полимеров различного строения.

Фотохимическая и радиационная деструкция. Влияние химического строения, температуры, интенсивности облучения. Существующие подходы к стабилизации и важнейшие классы стабилизаторов.

Деструкция, инициированная механическим воздействием. Основное уравнение механокрекинга, возможные пути использования этого явления.

Связь деструктивных процессов с особенностями структуры; структурная стабилизация. Процессы структурирования и условия их протекания. Деструкция в процессах переработки и эксплуатации полимеров. Старение полимеров. Стабилизация полимеров в процессах переработки и эксплуатации.

#### **4. Основные процессы переработки полимеров**

##### **4.1 Современное состояние промышленности переработки пластмасс, перспективы развития.**

Классификация методов получения изделий из пластмасс, исходя из состояния и свойств материала, места в общем объеме производства изделий.

Выбор метода переработки в зависимости от свойств материала, назначения изделия, его конфигурации и тиражности.

Общая схема процесса производства изделий из пластмасс. Основные стадии процесса. Переработка в вязкотекучем, высокоэластическом, стеклообразном состояниях. Особенности переработки термопластичных и терморезистивных материалов.

Особенности переработки термопластичных и терморезистивных материалов.

##### **4.2 Подготовка полимерного материала к переработке.**

Оценка технологических свойств полимерного материала и выбор условий формования. Смешение. Смеси полимеров, композиционные материалы.

Оценка качества смешения. Сушка. Измельчение. Транспортировка полимерного материала.

##### **4.3 Формование изделий из термопластичных материалов.**

Формование в вязкотекучем состоянии.

##### **4.4 Экструзия (непрерывное профильное выдавливание).**

Сущность процесса. Работа экструзионного агрегата. Питание экструдера материалом. Пластикация материала. Особенности процесса на одно- и двухчервячных экструдерах. Формующая головка.

Гидродинамическая теория червячной экструзии. Зоны червяка. Виды потоков. Уравнение, описывающее течение расплава в канале червяка. Производительность червяка. Связь производительности с геометрией червяка и переменными параметрами режима экструзии. Расход через головку. Влияние характеристик червяка и головки на производительность экструдера.

Влияние технологических параметров и реологических свойств полимера на качество изделий.

Использование экструзии для получения различных профильных изделий.

Получение пленок. Основные технологические особенности различных способов производства. Получение листов, труб. Способы калибровки.

Характеристика работоспособности труб при эксплуатации. Формование полых изделий. Нанесение кабельной изоляции при экструзии. Особенности процессов.

Основные тенденции развития экструзионных методов переработки пластмасс.

#### **4.5 Литье под давлением.**

Сущность процесса. Цикл формования. Основные операции. Технологические параметры процессы. Выбор температурного режима. Изменение давления в форме во время цикла. Взаимосвязь температуры, давления и объема отливки. Рабочая диаграмма цикла. Определение оптимальных условий формования. Температура формы. Время цикла. Остаточные напряжения в изделиях при литье, причины возникновения и возможности их устранения.

Особенности литья аморфных и кристаллизующихся полимеров.

#### **4.6 Вальцевание и каландрование.**

Основные процессы, происходящие при вальцевании и каландровании.

Гидродинамика течения расплава между валками. Производительность процесса. Распорное усилие между валками. Способы компенсации прогиба валков. Стадии процесса. Вальцевание. Формование на каландре. Каландровый эффект. Технологические процессы производства листовых и пленочных изделий.

#### **4.7 Специальные методы.**

Ротационное формование, спекание и др. Технологические особенности процессов, перерабатываемые материалы. Формование изделий из фторопластов.

#### **4.8 Формование в высокоэластическом состоянии (формование изделий из листовых термопластичных материалов).**

Сущность процесса и области применения. Используемые материалы.

Основные стадии процесса: подготовка заготовки, нагрев, вытяжка заготовки, охлаждение. Технологические параметры и их влияние на качество изделий. Степень вытяжки и «формоустойчивость» изделий. Способы: штампование; пневмо- и вакуумформование (негативное, позитивное, с предварительной вытяжкой). Комбинированные способы. Выбор способа, исходя из конфигурации изделия и требований к его качеству.

#### **4.9 Формование при температуре ниже температуры плавления или стеклования («холодное» формование).**

Особенности процесса формования за счет реализации вынужденной высокоэластической деформации и рекристаллизации. Способы формования.

Применение.

Формование изделий из терморезистивных материалов.

#### **4.10 Прессование.**

Сущность процесса. Основные технологические свойства прессматериалов и их влияние на параметры процесса и качество формируемых изделий.

Стадии процесса. Влияние предварительного нагрева и пластикации на режим прессования и свойства изделий. Виды прессования. Особенности технологии. Определение оптимальных условий формования. Обработка изделий.

#### **4.11 Литье под давлением реактопластов.**

Сущность процесса и особенности технологии. Требования к перерабатываемому материалу. Основные операции: пластикация, оформление изделия.

Технологические параметры режима литья под давлением.

Формование профильных изделий.

Сущность метода, особенности технологии, применение.

Получение изделий из мономеров и олигомеров.

Примеры совмещения получения полимера и изделия в едином технологическом процессе. Получение изделий из капролона (полимеризация капролактама в форме), блочная полимеризация метилметакрилата (органическое стекло и др.).

Заливочные композиции на основе олигомеров.

Способы формования. Выбор способа формования в зависимости от конфигурации изделия и свойства полимерного материала.

Обработка изделий.

Особенности механической обработки пластмасс. Нанесение защитных покрытий. Металлизация изделий. Назначение металлизации, способы нанесения металлических покрытий.

Особенности склеивания изделий. Способы сварки.

### **5. Свойства и основные процессы переработки лакокрасочных материалов**

Компоненты лакокрасочных материалов.

Состав полимерных материалов, функции различных компонентов.

Основные виды наполнителей и их влияние на свойства материалов.

Пластификация и пластификаторы.

Красители и пигменты: особенности окрашивания полимеров и полимерных материалов. Химические, физические и технологические свойства пигментов.

Изменение свойств поверхности пигмента модифицированием. Взаимодействие поверхности пигмента с компонентами пленкообразующих систем.

Стабилизаторы и их виды. Антистатики. Антипирены.

Пути регулирования свойств полимерных материалов.

Наполнители: их свойства и классификация. Методы введения различных наполнителей. Оптимальные и предельные концентрации наполнителей.

Технологические процессы получения наполненных лакокрасочных материалов. Жидкие лакокрасочные материалы (органодисперсионные и вододисперсионные), 100%-ные пленкообразующие системы, порошковые лакокрасочные материалы. Оптимизация состава лакокрасочных материалов.

Оптимизация условий диспергирования пигментов и наполнителей в пленкообразующих системах. Технологические схемы процесса производства лакокрасочных материалов различных типов. Основные стадии процессов. Основное оборудование для получения жидких и порошковых лакокрасочных материалов. Вспомогательное оборудование. Методы получения лакокрасочных материалов различных типов. Сравнительные объемы производства лакокрасочных материалов различных типов.

Классификация и выбор методов окрашивания. Выбор метода окрашивания для различных изделий. Окраска распылением (характеристика, разновидности). Окраска электроосаждением (разновидности метода, ограничения применимости метода, особенности подготовки поверхности металла, окрашиваемого электроосаждением). Окувание и облив. Способы нанесения порошковых лакокрасочных материалов (в кипящем слое, в электрическом поле, трибоэлектростатический метод, плазменное напыление и др.).

Специфика окраски неметаллических изделий.

Сушка лакокрасочных материалов. Классификация методов. Критерии выбора метода сушки для различных изделий.

Основное оборудование для нанесения лакокрасочных материалов. Типы конструкций сушильных камер.

## **6. Расчет и конструирование изделий и форм**

Связь конструкции изделия с условиями его эксплуатации и свойствами материала. Роль фактора времени.

Общие требования к конструированию изделий. Зависимость точности изделий от условий формования и материала. Изделия с арматурой, внутренние напряжения в изделиях.

Классификация форм. Гнездность. Условия извлечения изделий из форм. Системы крепления, литниковых и вентиляционных каналов, нагрева и охлаждения, выталкивания изделий. Прессформы, литьевые формы, экструзионные головки, формы для пневмоформования, контактного формования, оснастка для производства армированных изделий. Изготовление оснастки и форм. Правила эксплуатации форм.

*Примерное содержание вопросов по программе «Современная технология полимеров, композитов и покрытий»*

### **Вопросы по химической технологии:**

1. Полимеризация в массе. Влияние основных факторов на процесс полимеризации в массе. Достоинства и недостатки способа. Привести примеры.

2. Пластические массы на основе стирола и его сополимеров.

3. Полимеризация в суспензии. Влияние основных факторов на процесс полимеризации в суспензии. Достоинства и недостатки способа. Привести примеры.

4. Промышленные полимеры, получаемые химической модификацией высокомолекулярных соединений.

5. Пластические массы на основе фенолформальдегидных олигомеров.
6. Полимеризация в эмульсии. Влияние основных факторов на процесс полимеризации в эмульсии. Достоинства и недостатки способа. Привести примеры.
7. Особенности получения и технологии производства полиэфиров. Переработка полиэфиров.
8. Промышленные процессы полимеризации в растворе. Влияние основных факторов на процесс, сравнительная характеристика, достоинства и недостатки. Привести примеры.
9. Особенности получения и технология получения полиолефинов.
10. Межфазная поликонденсация. Влияние основных факторов на процесс межфазной поликонденсации в системе жидкость-жидкость. Достоинства и недостатки способа. Привести примеры.
11. Сравнительная оценка различных способов проведения процессов полимеризации. Зависимость свойств полимеров от способа производства. Привести примеры.
12. Сравнительная оценка различных способов проведения процессов поликонденсации. Зависимость свойств полимеров от способа производства. Привести примеры.
13. Поликонденсация в растворе. Особенности проведения процесса в активных растворителях. Привести примеры.
14. Особенности получения и технология производства пенопластов. Привести примеры.
15. Технологические особенности оформления процессов производства промышленных полимеров. Привести сравнение.
16. Основные особенности процесса поликонденсации на границе раздела фаз. Влияние основных факторов на характеристики полимеров при поликонденсации в системах: жидкость-жидкость.
17. Основные особенности процесса поликонденсации на границе раздела фаз. Влияние основных факторов на характеристики полимеров при поликонденсации в системах: жидкость-газ.
18. Полипропилен, особенности получения и технология производства.
19. Общая технологическая схема производства полимерных пленкообразующих материалов. Принципы составления. Основные аппаратные элементы процессов получения пленкообразующих веществ и пигментированных материалов.
20. Порошковые краски. Состав. Способы получения в расплаве и сухим смешением. Оборудование для получения. Отверждение. Свойства. Технологическая схема производства порошковых красок способом смешения в расплаве.
21. Периодические реакторы для синтеза пленкообразующих веществ. Основные конструкционные элементы. Принципы выбора перемешивающих устройств. Типы применяемых мешалок. Конструкции уплотнительных устройств вала мешалки.

22. Основные виды обогрева реакторов для синтеза пленкообразующих веществ. Схема обогрева реактора жидким ВОТ. Принцип и схема обогрева реактора с помощью индукционных катушек.

23. Физико-химические основы диспергирования пигментов и наполнителей. Оптимизация процесса. Факторы, влияющие на эффективность диспергирования. Основное оборудование процесса. Основные виды диспергаторов с жестко закрепленными рабочими телами и со свободно движущимися рабочими телами.

24. Бисерные мельницы с горизонтальным расположением рабочей камеры. Принцип работы. Конструкции дисков, расположенных на валу бисерной мельницы. Факторы, влияющие на эффективность диспергирования. Бисерные мельницы циркуляционного типа. Принцип работы. Особенности конструкции мешалки.

25. Производство цветных лакокрасочных материалов методом «белых базовых эмалей». Принципиальная аппаратурно-технологическая схема производства. Основное оборудование.

26. Производство пигментированных лакокрасочных материалов способом «многопигментных цветных» паст. Принципиальная блок-схема технологического процесса. Основное оборудование.

27. Наиболее важные физико-механические, защитные и декоративные свойства лакокрасочных покрытий. Общее описание методов испытаний физико-механических и технических свойств лакокрасочных покрытий.

28. Химические способы очистки металлов. Эмульсионное, ультразвуковое и электрохимическое обезжиривание металлов. Основы способов, обезжиривающие составы, оборудование.

29. Виды конверсионных покрытий, сравнение и особенности. Кристаллическое фосфатирование поверхности металла: химизм процесса, особенности технологии, применяемые составы и их особенности. Виды кристаллического фосфатирования. Сравнение, особенности технологии и применяемые составы

30. Электроосаждение из водных растворов. Описание. Сравнение анодного и катодного электроосаждения. Зависимость толщины покрытия от продолжительности осаждения. Химические реакции, протекающие на катоде. Требования к лакокрасочным материалам. Недостатки и преимущества метода.

31. Электростатическое и трибоэлектрическое распыление порошковых материалов. Описание и сравнение методов. Факторы, влияющие на эффективность трибозарядки порошковых материалов. Конструкция трибо-распылителя. Схема зарядки в поле коронного разряда при распылении порошковых красок. Процессы в осажденном слое порошковых материалов на поверхности изделия. Эффект «обратной короны».

32. Конвективный способ отверждения покрытий. Основы способа. График зависимости продолжительности отверждения покрытий от температуры. Схема движения газов в сушильных камерах конвективного типа. Конструкционные разновидности сушильных камер.

33. Переработка полимеров методом экструзии. Принципиальная схема одношнекового экструдера. Основные параметры процесса экструзии. Виды шнеков и их характеристики. Особенности технологии изготовления листов, труб. Схемы экструзионных головок.

34. Переработка полимеров методом ротационного формования. Принципы. Последовательность техпроцесса. Основные достоинства и недостатки. Примеры получения типовых изделий.

35. Методы модификации полимеров.

36. Отверждение олигомеров. Методы отверждения и состав отверждающих систем.

37. Методы получения композиционных материалов на основе терморезистивных связующих

38. Методы получения композиционных материалов на основе термопластичных связующих

39. Получение пленок из термопластов экструзией

40. Технологические свойства полимерных материалов и их влияние на параметры режима переработки.

41. Получение профильных изделий из термопластов.

42. Особенности формования изделий из заготовок

### **Теоретические вопросы**

1. Классификация полимеров: карбоцепные и гетероцепные полимеры /свойства, примеры отдельных видов полимеров/. Классификация реакций синтеза полимеров: ступенчатые и цепные реакции, их сравнительная характеристика, примеры реакций.

2. Влияние низкомолекулярного побочного продукта на молекулярную массу полимера при равновесной поликонденсации и способы его преодоления. Влияние функциональности мономеров на ход реакции поликонденсации, уравнение Карозерса.

3. Влияние соотношения исходных мономеров и добавок монофункциональных соединений на молекулярную массу полимера при линейной поликонденсации. Практическое значение этих зависимостей. Поликонденсация: основные элементарные стадии процесса поликонденсации, влияние добавок монофункциональных соединений и соотношения мономеров на молекулярную массу полимера.

4. Поликонденсация: функциональность мономеров, ее влияние на процесс, понятие о средней функциональности системы. Поликонденсация: влияние характера исходных соединений на строение образующегося полимера, понятие о средней функциональности системы. Примеры систем с различной функциональностью.

5. Реакции поликонденсации: основные виды, зависимость молекулярной массы полимера от глубины поликонденсации и исходного соотношения мономеров. Равновесная и неравновесная поликонденсация: определение понятий общая характеристика, примеры реакций равновесной и неравновесной поликонденсации. Кинетика реакции полиэтерификации.

6. Трехмерная поликонденсация: определение понятия, основные закономерности, основные понятия: коэффициент разветвленности, явление гелеобразования, изменение характеристик реакционной системы в ходе процесса трехмерной поликонденсации. примеры реакции.

7. Термопластичные и термореактивные полиакрилаты: получение, свойства, применение в лакокрасочной промышленности. Сырье для получения. Технологические стадии получения. Отверждение. Свойства. Применение. Переработка

8. Алкидные олигомеры. Исходное сырье для получения. Схема синтеза. Отверждение. Свойства.

9. Эпоксидные олигомеры. Исходное сырьё для получения диановых эпоксидных олигомеров. Технологический процесс получения низкомолекулярных олигомеров. Отверждение. Свойства. Применение.

10. Фенол-формальдегидные олигомеры. Исходное сырье для получения. Схема синтеза. Отверждение. Свойства. Применение.

11. Поливинилхлорид. Исходное сырьё. Методы получения поливинилхлорида. Суспензионный поливинилхлорид. Мягкий поливинилхлорид (пластикат). Свойства, области применения, переработка. Стабилизаторы и пластификаторы

12. Пенополистирол. Прессовый и блочно-суспензионный способы получения пенополистирола. Технологические стадии. Особые свойства. Основные сферы применения.

13. Основные закономерности смачивания жидкими лакокрасочными материалами твердой поверхности. Факторы, определяющие формирование поверхности контакта.

14. Классификация и характеристика способов защиты металлов от коррозии. Принципы электрохимической и протекторной защиты металлов от коррозии.

15. Реологические свойства пигментированных материалов. Стабильность наполненных систем.

16. Физические (релаксационные) состояния полимеров.

17. Стеклообразное состояние полимеров

18. Высокоэластическое состояние полимеров.

19. Вязкотекучее состояние полимеров

20. Кристаллическое состояние полимеров.

21. Жидкокристаллическое состояние полимеров.

22. Ориентированное состояние полимеров.

23. Методы модификации полимеров.

24. Пластификация полимеров.

25. Смеси полимеров.

26. Остаточные напряжения в полимерных изделиях.

27. Основные понятия и определения химии ВМС. Номенклатура и классификация полимеров.

28. Основные представители промышленных полимеров (исходные мономеры, способы получения, области применения).

29. Гибкость полимерных молекул.
30. Особенности теплового движения в полимерах.
31. Радикальная полимеризация. Инициирование, рост, обрыв и передача цепи при радикальной полимеризации. Кинетика радикальной полимеризации.
32. Ионная полимеризация. Анионная полимеризация алкенов. Катионная полимеризация алкенов. Ионная полимеризация мономеров по карбонильной, нитрильной и изоцианатной группам.
33. Ионно-координационная полимеризация. Кинетика и особенности процесса.
34. Цепная сополимеризация. Кинетика и особенности процесса.
35. Методы осуществления ступенчатых реакций синтеза полимеров.
36. Полимераналогичные превращения полимеров. Деструкция полимерных молекул. Реакции сшивания макромолекул.
37. Физико-химия растворов полимеров.
38. Физические состояния аморфных полимеров.
39. Особенности упорядоченного строения полимеров. Кристаллические и жидко-кристаллические полимеры.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сорокин М.Ф., Кочнова З.А., Шодэ Л.Г. Химия и технология пленкообразующих веществ. - М.: Химия. 1989. -490с.
2. Ермилов П.И., Индейкин Е.А., Толмачев И.А. Пигменты и пигментированные лакокрасочные материалы. -Л.: Химия. 1987. -200с.
3. Яковлев А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий. - СанктПетербург: Химиздат, 2008, 448с.
4. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. -М. Химия. -1978, -544 С.
5. Горловский И.А., Козулин Н.А., Евтюков Н.З. Оборудование заводов лакокрасочной промышленности. СПб, Химия, 1992. 333с.
6. Фомичева Т.Н. Химия и технология пигментов. Кристалличность неорганических пигментов. Текст лекций. —М.: МХТИ им. Менделеева, - 1981. - 32 с.
7. Брок Т., Гротеклиус М., Мишке П. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям. — М.: ООО «Пейнт-Медиа», 2004.
8. Технология пластических масс. Под ред. В.В. Коршака. М. Издательство Химия, 1985 г., 560 С.
9. Кулезнёв В.Н., Шершнева В.А. Химия и физика полимеров. Учебник для вузов. М.: Высш. шк. 1988, 312 с.
10. Тугов И.И., Кострыкина Г.И. Химия и физика полимеров. М.: Химия.- 1989.- 432 с.
11. Малкин А.Я., Куличихин С.Г. Реология в процессах образования и превращения полимеров.- М.: Химия.- 1985.- 240 с.
12. Кербер М.Л., Буканов А.М., Вольфсон С.И., Горбунова И.Ю., Кандырин Л.Б., Сирота А.Г., Шерышев М.А. Физические и химические

процессы при переработке полимеров М.: Научные основы и технологии. 2013, 314 с.

13. А.Е. Корнев, А.М. Буканов, О.Н. Шевердяев. Технология эластомерных материалов. – М.: Эксим, 2000. – 288 с.

14. Б.А. Догадкин, А.А. Донцов, В.А. Шершнева. Химия эластомеров. 2-е изд. перераб. и дополн. – М.: Химия, 1981. – 376 с.

15. А.П. Кирпичников, Л.А. Аверко-Антонович, Ю.О. Аверко-Антонович. Химия и технология синтетического каучука, - Л.: Химия, 1987, 423 с.

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

17. Бортников В.Г. Производство изделий из пластмасс: Учебное пособие для вузов в трех томах. Том 1. Теоретические основы проектирования изделий, дизайн и расчет на прочность. Казань: Изд-во «Дом Печати». - 2001. –246 с.

18. Кербер М. Л., Горбаткина Ю.А., Куперман А.М. и др. Полимерные композиционные материалы. Структура. Свойства. Технологии. Издательство Профессия. 2011.- 500 с.

19. Шерышев М.А. Основы конструирования формующего инструмента для переработки пластмасс. Учебное пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2007, 152 с.

20. В.Е. Гуль, В.Н. Кулезнев. Структура и механические свойства полимеров. 4-е изд. дополн. и перераб. – М.: Лабиринт, 1994. – 367с.

21. Гуль В.Е., Акутин М.С. Основы переработки пластмасс. – М.: Химия.1985. – 399 с.

22. Басов Н.И., Вражинский В.А., Казанков Ю.В. Расчет и конструирование формующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов. – М.: Химия, 1991. – 349 с.

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

24. В.В. Киреев Высокомолекулярные соединения, М. изд. «Юрайт», 2013г

25. Сборник лабораторных работ по химии полимеров под редакцией И.А. Новакова, ВолГТУ, 2013г.

26. Савельянов В.П. Общая химическая технология полимеров: учеб. пособие для вузов. М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. 336 с.

27. Сутягин В.М., Ляпков А.А. Общая химическая технология полимеров: учеб. пособие . Томск: Изд-во ТПУ, 2007. 195 с.

#### **Дополнительная литература**

1. Ф.Ф. Кошелев, А.Е. Корнев, А.М. Буканов. Общая технология резины. Изд. 4-е, переработ, и дополн. – М.: Химия, 1978. - 528 с.

2. Ю.О. Аверко-Антонович и др. Технология резиновых изделий. – Л.: Химия, 1991. – 351с.

3. Вольфсон С.А. Основы создания технологического процесса получения полимеров. М.: Химия, 1987.
4. Торнер Р.В., Акутин М.С. Оборудование заводов по переработке пластмасс. – М.: Химия, 1986. – 394 с.
5. Энциклопедия полимеров. – М.: Сов. энциклопедия, т. 1, 1972 г; т. 2, 1974 г.; т. 3, 1977 г.
6. В.И. Кленин, И.В. Федусенко Высокомолекулярные соединения, С-Пб. изд. «Лань», 2013г.
7. Ю.Д. Семчиков, С.Ф. Жильцов, С.Д. Зайцев Введение в химию полимеров, С-Пб. изд. «Лань», 2013г.
8. В.И. Иржак Архитектура полимеров, М. изд. «Наука», 2012г.
9. Зотов С.Б., Тужиков О.О., Алейникова Т.П. Моделирование технологических процессов синтеза ВМС: учебное пособие. Волгоград: Изд-во ВГТУ, 2006. 110 с.
10. Подвальный С.Л. Моделирование промышленных процессов полимеризации. М.: Химия, 1979. 256 с.
11. Силинг М.И. Поликонденсация. Физико-химические основы и математическое моделирование. М.: Химия, 1988. 256 с.
12. Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения. М.: «Академкнига», 2003. 368 с.
13. Симонов-Емельянов И.Д., Кулезнев В.Н. Основы создания композиционных материалов: Учебное пособие. МИТХТ им. М.В. Ломоносова. М., 1986. 86 с.
14. Коршак В.В., Виноградова С.В. Равновесная поликонденсация. М.: Наука, 1972. 444 с.
15. Коршак В.В., Виноградова С.В. Неравновесная поликонденсация. М.: Наука, 1972. 696 с.
16. Вольфсон С.А. Основы создания технологического процесса получения полимеров. М.: Химия, 1987. 262 с.
17. Николаев А.Ф. Технология пластических масс. Л.: Химия, 1977. 368 с.