

И. И. Осовская

**ПЕРЕРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ
ПОЛИМЕРОВ**

Выполнение лабораторных работ

Методические указания

**Санкт-Петербург
2021**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«Санкт-Петербургский государственный университет
Промышленных технологий и дизайна»
Высшая школа технологии и энергетики
Кафедра физической и коллоидной химии**

**ПЕРЕРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ
ПОЛИМЕРОВ**
Выполнение лабораторных работ

Методические указания для студентов всех форм обучения
по направлению подготовки
18.03.01 – Химическая технология

Составитель
И. И. Осовская

Санкт-Петербург
2021

Утверждено
на заседании кафедры ФиКХ
01.04.2021 г., протокол № 9

Рецензент А. Н. Евдокимов

Методические указания соответствуют рабочей программе и учебным планам дисциплины «Переработка и применение полимеров» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» и содержат описание лабораторных работ по разделам курса, раскрывающие основные способы получения и переработки полимеров.

В указаниях представлены рекомендации выполнения и оформления лабораторных работ.

Методические указания предназначены для бакалавров очной и заочной форм обучения.

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД
в качестве методических указаний

Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016, по паролю.
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 12.11.2021 Рег. № 88/21

Высшая школа технологии и энергетики СПб ГУПТД
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.

Содержание

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	4
2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ	7
Лабораторная работа № 1	7
Лабораторная работа № 2	9
Лабораторная работа № 3	10
Лабораторная работа № 4	13
Лабораторная работа № 5	14
Лабораторная работа № 6	15
Лабораторная работа № 7	19
Лабораторная работа № 8	27
3. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	30

1. Общие положения

Современные полимерные материалы являются основой создания самых разнообразных изделий бытового и технического назначения, науки, спорта, туризма, медицины и многих других областей применения. Давно прошло время, когда основными материалами были только металл, камень, керамика, древесина, текстиль из природных волокон. Технический прогресс был бы невозможен без создания новых материалов с заданными функциональными свойствами.

Основными в современной технологии синтеза полимерных материалов являются нижеследующие задачи:

1. Разработка новых полимеров и композиционных материалов: исследование состава, структуры, свойств новых полимерных материалов; исследование технологических свойств и областей применения новых материалов; исследование поведения новых материалов при эксплуатации.

2. Разработка технологических процессов производства существующих полимерных материалов: переход от периодических процессов к непрерывным; изменение механизма синтеза; изменение способов обработки и переработки продуктов.

3. Разработка технологических процессов производства новых полимерных материалов: модификация существующей технологии для производства новых полимерных материалов; создание новой технологии синтеза новых материалов.

4. Усовершенствование существующих технологических процессов: повышение производительности путем модернизации оборудования и интенсификации процесса; улучшение (модификация) качества продукции; снижение затрат на выпуск продукции и утилизацию отходов.

5. Разработка отдельных элементов технологических процессов: разработка методов аналитического контроля; разработка аппаратного оформления процесса; разработка методов автоматического регулирования и управления; разработка принципиально новых аппаратурных решений технологии синтеза и переработки полимерных материалов.

Ключевой проблемой современной химической технологии получения полимерных материалов продолжает оставаться проблема «структура – свойство». Она составляет предмет исследования ряда частично перекрывающихся научных дисциплин – физики полимеров, механики полимеров, реологии полимеров, полимерного материаловедения и других. Несмотря на крупные достижения в области теории строения высокомолекулярных соединений, большинство технических достижений по созданию новых полимеров базируется на экспериментальных исследованиях. В ходе исследований оценивается комплекс реологических, физико-химических, механических свойств, возможность переработки на стандартном и нестандартном оборудовании. Сами эти исследования увязывают с условиями синтеза полимерных материалов. Используя обратную связь и своевременно

корректируя условия синтеза на основании данных о перерабатываемости, можно довести разработку нового материала до успешного конца и, наоборот, если эта стадия исследования проводится отдельно, самостоятельно, то очень велика вероятность неудачи. Неправильный выбор методики оценки технологических свойств или неправильно выбранные ориентиры для сравнения могут свести на нет весьма перспективные разработки.

Усовершенствование полимеризационных процессов бывает направлено, прежде всего, на повышение производительности и снижение производственных затрат. Повышения производительности технологической линии можно достигнуть двумя путями:

- модернизацией оборудования;
- ускорением собственно полимеризационного процесса за счет повышения концентраций реагирующих мономеров, повышения температуры реакции, использования более активных катализаторов или инициаторов и т. п.

В целом возможен комбинированный подход, предполагающий одновременно оба пути.

Модификация полимерных материалов с целью придания им новых специальных характеристик или изменения баланса свойств может осуществляться разными приемами как на стадии синтеза, так и на любой последующей стадии обработки или переработки материала. Особенно большие возможности имеются в том случае, когда на основе базового полимера готовятся разнообразные композиции, содержащие наполнители, модификаторы, пластификаторы и т. п.

Резко возросшие во всем мире за последние годы требования к охране окружающей среды и экономии электроэнергии остро поставили очень важный для химической промышленности вопрос об утилизации химических отходов. При этом изменились представления об экономичности тех или иных решений. Например, сжигание отходов еще совсем недавно считалось чуть ли не наиболее приемлемым выходом из положения, и проектировщики обычно закладывали в проекты установки для сжигания отходов. Однако если учесть, что на сжигание нужно расходовать энергию, и вместо жидких или твердых отходов появляются нежелательные продукты сгорания, то этот способ явно малоэффективен.

Содержание лабораторных технологических исследований. Перед технологами, приступающими к разработке полимерного процесса, стоит задача использовать технологически приемлемые материалы и методы их очистки и контроля. Поэтому важной стадией в процессе синтеза полимерных материалов является подготовка сырья. Стадию подготовки сырья можно считать технологически отработанной в лаборатории, если:

- отработаны режимы синтеза в технических растворителях;
- разработаны технически и экономически обоснованные методы очистки реагентов и условия их хранения; разработаны методы аналитического контроля исходного сырья, установлены допустимые концентрации примесей, выявлено воздействие этих примесей в

- различных концентрациях на процесс синтеза;
- достигнуты статистически воспроизводимые результаты по скорости реакции, выходу продукта, содержанию в нем примесей, по его качественным показателям на укрупненной лабораторной установке;
 - установлены количественные критерии активности и эффективности катализатора или инициатора;
 - определено содержание примесей в реакционной среде и в продукте после завершения процесса синтеза и отработаны методы выделения и очистки продукта;
 - разработаны способы утилизации побочных продуктов.

По выпуску полимерных материалов Россия значительно отстает от развитых стран мира. Это приводит к снижению эффективности хозяйства страны в целом. В этой связи стратегия управления ускорением научно-технического прогресса состоит в том, чтобы быстро и целеустремленно вести научные исследования, проектные и конструкторские разработки, которые обеспечат создание и освоение принципиально новых технологий и оборудования по выработке полимерных материалов разного назначения. Есть и другие пути решения этой важной задачи.

Производство и переработка эластомерных материалов и в XXI веке остается одной из наиболее интенсивно развивающихся областей науки и промышленности, целью которой является получение материалов, готовых работать как в бытовых, так и в экстремальных условиях. Существует множество видов каучуков: натуральный каучук (НК), синтетический полиизопрен (СКИ), бутилкаучук, полихлоропрен, хлоркаучук (ХК), фторкаучук и т. д. На сегодняшний день самый большой объем производства имеет НК и СКИ. Из них делают автомобильные покрышки, резиновые прокладки, на его основе получают некоторые клеи и производят множество каучуков специального назначения.

Особый интерес вызывают уникальные свойства хлор- и фторорганических производных, позволяющие использовать их в качестве стойких пластмасс и покрытий, клеев, хладагентов, нестареющих масел, на долгие годы предопределил пути развития этой области органической химии. В связи с этим в пособии сделан акцент на свойства и получение фтор- и хлоркаучуков.

Одним из основных разделов химии, технологии и переработки полимеров является производство лакокрасочных материалов. Лакокрасочным материалом называют композицию, которая, будучи равномерно нанесена на поверхность окрашиваемого изделия, в результате сложных физических и химических превращений формируется в сплошное полимерное покрытие с определенными свойствами (защитными, декоративными, специальными). Общим свойством всех лакокрасочных покрытий является изоляция поверхности от внешних воздействий, придание ей определенных вида, цвета и фактуры. Это достигается за счет получения твердой пленки на основе органических (и неорганических, например, жидкого стекла) веществ. При этом

толщина пленки может составлять несколько десятков или сотен микрометров. Следовательно, главным компонентом любого лакокрасочного материала, определяющим свойства получаемого покрытия, является пленкообразующее вещество. К природным пленкообразующим относятся растительные масла, подвергнутые специальной обработке, смолы естественного происхождения (янтарь, канифоль, копалы и др.), битумы и асфальты, белковые вещества (казеин, костный клей), специально обработанная целлюлоза. Группа синтетических пленкообразующих веществ, используемых в производстве лакокрасочных материалов, гораздо шире и разнообразнее. Это алкидные, эпоксидные, карбамидо- и меламиноформальдегидные, фенолоформальдегидные, перхлорвиниловые и другие смолы. Основная часть пленкообразующих веществ используется для получения лакокрасочных покрытий, кроме того, их применяют для пропитки пористых поверхностей (дерева, картона, бумаги) и других целей. В композиции часто вводят пигменты (неорганические и органические) и наполнители для придания определенных свойств покрытию.

2. Лабораторные работы

Лабораторная работа № 1

Получение ПВС омылением ПВА. Щелочной способ

Вариант 1. В раствор ПВА вводят щелочь

Реактивы:

1. Спиртовой раствор ПВА – (7 % раствор) – 3,5 г ПВА + 46,5 г этилового или метилового спирта.
2. Этиловый или метиловый спирт – 50 г.
3. Раствор щелочи, спиртовой – 5 % (5 г гидроксида натрия в 95 мл спирта), можно 2,5 г гидроксида натрия + 47,5 г этилового спирта.
4. Предварительно гидроксид натрия измельчают в ступке.

Приборы:

1. Стакан на 200 мл.
2. Мешалка.
3. Воронка Бюхнера.
4. Капельная воронка.

Задание:

1. Определить выход ПВС.
2. Написать уравнение реакции.

Ход работы:

В реакционной колбе при 65 – 70 °С растворяют ПВА в этиловом спирте при энергичном перемешивании, раствор охлаждают до 30 °С и в колбу вводят половину раствора щелочи небольшими порциями при перемешивании.

Омыление ведут при 30 °С до выпадения геля, через 40 минут добавляют вторую половину раствора щелочи и ждут превращения геля в порошок при той же температуре. Далее смесь нагревают до кипения и омыление продолжают в течение 30 минут. Порошкообразный осадок ПВС отфильтровывают на воронке Бюхнера, 0,5 г осадка ПВС промывают многократно спиртом до нейтральной реакции и высушивают в шкафу при 30 – 40 °С. ПВС может высадиться в виде комков. Получение ПВС проверяют.

Вариант 2. В раствор щелочи вводят раствор ПВА

Реактивы:

1. Спиртовой раствор ПВА – (20 % раствор) – 50 мл (10 г ПВА + 40 г этилового спирта).
2. Этиловый или метиловый спирт – 50 г.
3. Раствор щелочи, спиртовой – 9 % (9 г гидроксида натрия в 91 мл спирта) можно 4,5 гидроксида натрия + 45,5 мл этилового спирта.
4. Предварительно гидроксид натрия измельчают в ступке.

Приборы:

1. Стакан на 200 мл.
2. Мешалка.
3. Воронка Бюхнера.
4. Капельная воронка.

Задание:

1. Определить выход ПВС.
2. Написать уравнение реакции.

Ход работы:

В стакан наливают 50 мл спиртового раствора щелочи, устанавливают мешалку и при 60 °С, энергично помешивая, в течение 30 минут приливают по каплям из капельной воронки 50 г спиртового раствора ПВА. По мере омыления ПВА ПВС осаждается из раствора в виде порошка. Продолжительность реакции не более 2 – 3 часов.

Порошкообразный осадок ПВС отфильтровывают на воронке Бюхнера, промывают многократно спиртом до нейтральной реакции и высушивают в шкафу при 30 – 40 °С. Может выделиться ПВС в виде комков. Этанолом промывают 0,5 г осадка до нейтральной реакции.

Вывод:

Лабораторная работа № 2

2.1 Получение новолачной фенолформальдегидной смолы

Цель: синтезировать фенолформальдегидную смолу, определить выход полимера.

Реактивы:

1. Фенол.
2. Формалин технический (37 %).
3. Соляная кислота, 1 н раствор.

Оборудование и посуда:

1. Колба круглодонная на 100 мл.
2. Воздушный холодильник.
3. Термометр на 100 °С.
4. Водяная баня.

Ход работы:

В колбу емкостью 100 мл, снабженную воздушным холодильником и термометром, помещают 4,7 г фенола, нагревая колбу до 45 – 50 °С, расплавляют фенол, добавляют к нему 4,25 мл 36 %-ного формалина. После перемешивания на холоде до полного растворения к содержимому колбы приливают 3 мл 1 н раствора соляной кислоты, ставят в баню, постепенно нагревают до 80 °С (быстрое нагревание смеси после введения катализатора запрещается, т. к. это приводит к вспениванию и выбросу реакционной массы из колбы). Нагревание продолжают до помутнения. С момента помутнения смесь продолжают держать на слабом огне примерно 50 минут до резкого расслоения смоляного и водного слоев. По окончании конденсации перемешивание и нагревание прекращают, содержимое колбы охлаждают в течение 30 минут, далее сливают верхний водный слой. Горячую смолу сливают в фарфоровую чашку или жестяной противень и сушат при 60 °С. Полученный новолак представляет собой твердую прозрачную термопластичную смолу от светло-желтого до красного цвета молекулярной массой 300 – 600. Он не растворим в воде, легко растворим в спиртах, ацетоне, щелочах. Колба должна быть закрыта часовым стеклом.

2.2 Получение олигомеров резольного типа из фенола и формальдегида в присутствии аммиака

Цель: написать реакцию получения фенолформальдегидной смолы; получить фенолформальдегидную смолу.

Реактивы:

1. Фенол.
2. Формалин 40 %.
3. Раствор аммиака 25 %.

Приборы и посуда:

1. Аналитические весы.
2. Водяная баня.
3. Колба емкостью 100 мл.
4. Воздушный холодильник.
5. Стеклянные палочки.
6. Фарфоровая чашка.

Ход работы:

В колбу помещают 25,2 г фенола, 26,2 формалина и 1,4 г аммиака. Реакционную смесь нагревают на водяной бане до 85 – 90 °С, после чего начинается экзотермическая реакция. Колба должна погружаться полностью в воду, т. е. раствор должен быть в воде. Через 1 – 1,5 часа реакционная смесь мутнеет и разделяется на два слоя: верхний водяной слой и нижний смолообразующий продукт поликонденсации, причем нижний слой быстро увеличивается в объеме. Нагревание прекращают и содержимое колбы выливают в фарфоровую чашку. После охлаждения смеси верхний слой выливают, а нижний слой можно использовать для изготовления пресспорошков и слоистых пластиков. При сушке эмульсионной смолы получают твердую массу. При добавлении наполнителя сушка идет более энергично.

Вывод:

Лабораторная работа № 3 **Физико-химические свойства пленкообразующих полимеров**

Пленкообразователи – это природные и синтетические смолы и другие высокомолекулярные соединения, которые при определенных условиях способны формировать на твердой подложке сплошную пленку, обладающую твердостью, прочностью и эластичностью, адгезией к подложке и верхним слоям покрытия, устойчивостью к воздействию влаги и т. д. Для получения покрытий, отвечающих определенным требованиям, пленкообразователь можно применять самостоятельно или в комбинации с пигментами и наполнителями, пластификаторами, модификаторами, и другими функциональными добавками.

3.1. Получение пленок из заданного полимера

Цель: получение пленок из заданного полимера.

Реактивы:

1. Полимер.
2. О-ксилол.
3. Пигмент (нафтопиран).
4. Глицерин.

5. Ацетон.

Приборы и посуда:

1. Аналитические весы.
2. Водяная баня.
3. Колба емкостью 100 мл.
4. Чашка Петри.
5. Стеклянная палочка.
6. Фарфоровая чашка.
7. Сушильный шкаф.
8. Термометры.

Ход работы:

Готовят раствор полимера различных концентраций. Раствор помещают в мерный стакан и заливают растворителем, добавляют пигмент, смесь нагревают при температуре 80 – 90 °С, время растворения полистирола и пигмента в монорастворителе – 1 час, в смеси растворителя не более 60 секунд. Затем смесь охлаждают, 25 мл выливают в чашку Петри и оставляют до полного высыхания (1 сутки при комнатной температуре).

Название полимера	Концентрация полимера, %	Масса полимера, г	Объем растворителя, мл
Полистирол			
Полистирол			

Определяют фотохромный эффект прибором с УФ излучением.

3.2 Получение пленки из полистирола и смеси растворителей ацетон – четыреххлористый углерод (ЧХУ)

Цель: получение пленок из заданного полимера.

Реактивы:

1. Полимер.
2. О-ксилол.
3. Пигмент (нафтопиран).
4. Глицерин.
5. Ацетон.
6. ЧХУ.

Приборы и посуда:

1. Аналитические весы.
2. Водяная баня.
3. Колба емкостью 100 мл.
4. Чашка Петри.
5. Стеклянная палочка.
6. Фарфоровая чашка.
7. Сушильный шкаф.
8. Термометры.

9. Магнитные мешалки.
10. Цилиндр.
11. Подложки (дерево, стекло, металл, пластик).

Ход работы:

Готовят раствор полимера в смеси растворителей: 10 мл ацетона и 10 мл ЧХУ. Смесь растворяют в ледяной бане при температуре 65 – 70 °С. Нагревают 15 минут до полного растворения. Раствор охлаждают при комнатной температуре и заливают в чашку Петри, оставляют до полного высыхания. Растворы наносят на различные подложки и наблюдают за покрытием.

Название полимера	Концентрация полимера, %	Масса полимера, г	Объем растворителя, мл

3.3 Получение пленки из поливинилацетата (ПВА) и ацетона

Цель: получение пленок из ПВА и ацетона.

Реактивы:

1. Полимер.
2. Ацетон.

Приборы и посуда:

1. Аналитические весы.
2. Водяная баня.
3. Стеклянные цилиндры.
4. Чашка Петри.
5. Стеклянная палочка.
6. Сушильный шкаф.
7. Термометры.
8. Магнитные мешалки.
9. Мерный стакан.

Ход работы:

Готовят раствор полимера, заливают растворителем (время растворения – 60 минут), смесь нагревают на водяной бане при температуре 50 °С. Нельзя допускать образование пузырей из-за быстрого испарения растворителя. Раствор охлаждают на воздухе в течение одних суток для удаления пузырей и неровностей, заливают раствор в чашку Петри и оставляют сушить до полного высыхания.

Название полимера	Концентрация полимера, %	Масса полимера, г	Объем растворителя, мл

Выводы:

Лабораторная работа № 4

Идентификация полимеров

Для идентификации полимеров и полимерной основы композиции используются различные методы: простые, основанные на физико-химических и физико-механических свойствах полимеров, химических.

Цель: формирование и закрепление у студентов основных представлений, ознакомление с методологией идентификации; развитие у студентов практических навыков распознавания полимеров.

В данной лабораторной работе идентифицируем следующие полимеры:

- *основные свойства поликарбоната (ПК):* обладает высокой химической устойчивостью к большей части неинертных веществ, что предоставляет возможность использовать его в агрессивных средах, однако по своей природе ПК не устойчив к воздействию УФ лучей. Структурная формула $(-O - R - O - CO-)_n$.
- *Основные свойства поливинилацетата (ПВА):* аморфный, бесцветный термопластичный полимер, без вкуса и запаха. Является полимером винилацетата, а точнее продуктом полимеризации винилового эфира уксусной кислоты – винилацетата. ПВА обладает хладотекучестью, устойчив к старению в атмосферных условиях, высокой адгезией к различным поверхностям, износостоек, хорошо растворим в кетонах, сложных эфирах, хлорированных и ароматических УВ, в метаноле, хуже в этаноле. Не растворим в воде, алифатических УВ, бензине, минеральных маслах, гликолях. Структурная формула $[-CH_2CH(OCOCH_3)-]_n$.
- *Основные свойства поливинилхлорида (ПВХ):* Бесцветный, прозрачный термопластичный полимер. Отличается химической стойкостью к щелочам, минеральным маслам, многим кислотам и растворителям. Не горит на воздухе и обладает малой морозостойкостью (-15 °С). Структурная формула $[-CH_2 - CHCl-]_n$.

Цель работы: идентифицировать полимер по его внешнему виду, способности к горению, по воздействию на него химических веществ, по растворимости в них.

Полимеры: ПВА, ПВХ, ПК

Реактивы: органические и неорганические растворители

Приборы и посуда:

1. Спиртовка.
2. Водяная баня.
3. Стеклянные стаканы.
4. Часовые стеклышки.
5. Стеклянная палочка.
6. Сушильный шкаф.
7. Термометры.
8. Мешалка с электрическим приводом.

9. Мерный стакан.

10. Пинцет.

11. Спички.

Ход работы:

Оценивают плотность испытуемого полимера. Берут стакан с водой и помещают в него данный образец. Определяют условную плотность по принципу: всплывет или утонет.

Испытание на горение. Образец вводят в бесцветную область пламени спиртовки. Наблюдают за поведением полимера при горении отвечают на следующие вопросы:

- горит или плавится материал;
- каков цвет пламени;
- запах при горении;
- скорость горения;
- тип и цвет образующегося дыма;
- является ли материал самозатухающим или продолжает гореть после удаления источника пламени;
- характер материала, оставшегося после горения (обугливание, расплав, твердый или мягкий комочек).

Оценка растворимости. Определяют, растворится ли полимер в различных органических растворителях, а также в щелочи и кислотах. С этой целью помещают образец в стакан с растворителем и нагревают при постоянном перемешивании, делают вывод о растворимости полимера.

Образец	Внешний вид	Плотность, ρ , г/см ³	Цвет, характер пламени	Растворимость (Р / Н)

Выводы:

Лабораторная работа № 5

Функциональные добавки: маслосмектность наполнителя

Цель: Определить реологические свойства наполнителя.

Реактивы:

1. Связующий агент – льняное, растительное масло.
2. Наполнители: крахмал А, крахмал Б, декстрин, мел, коалин.

Приборы и посуда:

1. Аналитические весы.
2. Чашка Петри.

3. Стеклянные палочки.

4. Химические стаканы.

Ход работы:

На электронных технических весах взвешивают 5 г наполнителя, помещают наполнитель в чашку Петри, растительное масло по каплям добавляют в наполнитель, постоянно перемешивая. Добавление масла прекращают при образовании сплошного комка наполнителя.

Маслоемкость(X) рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{100 \cdot V \cdot \rho}{m},$$

где V – объем масла; ρ – плотность масла; m – навеска наполнителя, 5 г.

Плотность растительного масла согласно справочным данным – 0,9 г/см³.

Выводы:

Лабораторная работа № 6 Лаки и краски

Цель: получение навыков приготовления краски. Определение ее свойств.

Лакокрасочными материалами называют вязкожидкие составы, наносимые на поверхность конструкции тонким слоем, который через несколько часов отвердевает и образует пленку, прочно сцепляющуюся с основанием. Они оберегают дерево от гниения, металл от коррозии, предохраняют изделия от разрушающего влияния атмосферы, придают изделиям красивый внешний вид. Лакокрасочные материалы долговечны, их нанесение не требует сложного оборудования, их легко обновить. Поэтому они широко используются как в быту, так и во всех областях народного хозяйства. Таким образом, ЛКМ имеют 2 основных функции: декоративную и защитную. Свойства лакокрасочных покрытий зависят как от качества применяемых ЛКМ, так и от способа подготовки поверхности к окраске, от выбора технологического режима окраски и сушки. За последнее время ассортимент ЛКМ резко изменился: от натуральных красок постепенно перешли к материалам на синтетической основе, к порошковым краскам. Санкт-Петербург занимает одно из ведущих мест в России по производству 66 лакокрасочной продукции. ЛКМ разделяют на 6 видов: краски, лаки, эмали, грунтовки, шпатлевки. Лак – раствор вещества, способного на поверхности субстрата после испарения растворителя образовывать прозрачное однородное покрытие. Такой способностью обладают некоторые полимеры, их называют пленкообразователями или связующими. Лаки могут быть спиртовые и масляные. Краска – суспензия твердых частиц в олифе или в водных суспензиях синтетических полимеров или в природном полимере. В результате потери летучих компонентов или химических реакций краска, нанесенная на твердую поверхность тонким слоем, превращается в покрытие, причем непрозрачное, обычно без блеска. Эмаль – лакокрасочный материал, похожий

на краску. Различие между ними в том, что эмаль представляет собой суспензию наполнителей и пигментов в растворе синтетического или искусственного полимера. Покрытие, образующееся из эмали, блестит и, как правило, значительно более твердое, чем из краски. Порошковая краска – композиция, составленная из порошкообразных пленкообразователей, пигмента, наполнителя. Если эту композицию нанести на поверхность, расплавить на ней, а потом охладить, то также образуется покрытие. Грунтовка – краска или эмаль, которая способна образовывать покрытие с особо высокой адгезионной прочностью. К покрытию из грунтовки лучше, чем к субстрату, прилипают лакокрасочные материалы. Отсюда следует, что грунтовка предназначена для формирования первого слоя в многослойном лакокрасочном покрытии. Шпатлевка – композиция по большей части густая, вязкая, состоящая из 67 тех же компонентов, что и краска или эмаль, но с другим соотношением, предназначенная для заполнения неровностей и сглаживания окрашиваемых поверхностей.

6.1 Измерение массовой доли нелетучих веществ

Реактивы:

1. Водно-дисперсионная краска.

Приборы и оборудование:

1. Аналитические весы.
2. Бюксы.
3. Термостат.
4. Кисти различных марок.

Ход работы:

Предварительно взвешенные на аналитических весах 2 пробы лакокрасочного материала воднодисперсионной краски сушат в термостате при определенной температуре (50 ± 2) °С до постоянной массы.

Массовую долю нелетучих веществ (сухой остаток С. О., %) вычисляют по формуле:

$$\text{С. О.} = \frac{(m_2 - m_0)}{(m_1 - m_0)} \times 100,$$

где m_0 – масса чашки, г; m_1 – масса чашки + ЛКМ (до нагревания), г; m_2 – масса чашки + ЛКМ (после нагревания), г; С. О. – сухой остаток.

6.2 Методика измерения условной вязкости

Приборы и оборудование:

1. Вискозиметр ВЗ – 246.
2. Химические стаканы.

Ход работы:

За условную вязкость ЛКМ принимают продолжительность

непрерывного истечения (в секундах) определенного объема испытуемого материала ($V = 100$ мл).

Время (секунда) истечения ЛКМ из вискозиметра является условной вязкостью этого материала. Значение условной вязкости берут как среднее арифметическое из трех измерений.

Проба	1	2	3
разбавленная			
концентрированная			

6.3 Методика измерения укрывистости

Приборы и оборудование:

1. Черно-белая контрастная пластинка.
2. Кисть.
3. Вододисперсионная краска.

Ход работы:

Метод заключается в нанесении слоев ЛКМ вододисперсионной краски на контрастную пластинку до тех пор, пока ее контуры станут невидимыми.

Укрывистость высушенной ЛКМ (D), в $г/м^2$, вычисляют по формуле:

$$D = (m_1 - m_0) / S \times 10^6,$$

где m_0 – масса неокрашенной пластины, г; m_1 – масса пластинки с высушенной ЛКМ, г; S – площадь пластинки, $мм^2$.

6.4 Методика измерения времени и степени высыхания

Приборы и оборудование:

1. Стеклоподложка.
2. Фильтровальная бумага.
3. Сушильный шкаф.
4. Вододисперсионная краска.

Ход работы:

Степень высыхания характеризует состояние поверхности ЛКМ, нанесенного на подложку, при определенных времени и температуры сушки. Испытания начинают после исчезновения липкости ЛКМ, которую устанавливают легким прикосновением пальца к поверхности.

6.5 Адгезия ЛКМ

Приборы и оборудование:

1. Кисть.
2. Стеклоподложка.
3. Лезвие.
4. Линейка.

Ход работы:

Сущность метода решетчатых надрезов заключается в нанесении на готовое лакокрасочное покрытие решетчатых надрезов и визуальной оценки состояния покрытия по 4-х бальной системе (см. таблицу ниже).

Характеристика покрытий по 4-х бальной системе

Балл	Внешний вид покрытия
1	Края надрезов полностью гладкие, нет признаков отслаивания ни в одном квадрате решетки.
2	Незначительное отслаивание покрытия в виде мелких чешуек в местах пересечения линий решетки. Нарушение соблюдается не более 5 % поверхности решетки.
3	Частичное или полное отслаивание покрытия вдоль линий надрезов решетки или в местах их пересечения. Нарушение наблюдается не менее чем на 5 % и не более чем на 35 % поверхности решетки.
4	Полное отслаивание покрытия или частичное, превышающее 35 % поверхности решетки.

6.6 Определение смываемости покрытия

Приборы и оборудование:

1. Аналитические весы.
2. Стеклянная пластина.
3. Вододисперсионная краска.
4. Вода.

Ход работы:

Стеклопластиковую пластинку с покрытием из ЛКМ взвешивают на аналитических весах. Далее данную пластинку с покрытием выдерживают под струей воды комнатной температуры в течение 30 с. Затем образец высушивают и взвешивают.

Смываемость краски (X) в $г/м^2$ вычисляется по формуле:

$$X = (m_0 - m_1) / S,$$

где m_0 – масса высушенного стеклянного образца с краской до смываемости, г; m_1 – масса до смываемости, г; S – площадь образцов, $мм^2$.

6.7 Кипячение ЛКМ в воде

Приборы и оборудование:

1. Фарфоровая чашка.
2. Водяная баня.
3. Термометр.

4. Стеклянная пластина.
5. Воднодисперсионная краска.

Ход работы:

Метод заключается в том, что стеклянную пластинку с данным покрытием погружают в фарфоровую чашку с водой ($V = 100$ мл) и выдерживают на водяной бане в течение часа при определенной температуре ($50 - 60$ °С). Смываемость проверяют каждые 10 минут. По истечении определенного времени делаем вывод о том, что произошло с покрытием.

6.8 Определение pH водной вытяжки пигментов

Приборы и оборудование:

1. Колба для удаления CO_2 .
2. Сухой фильтр.
3. Лакмусовая бумага.

Ход работы:

Перед приготовлением суспензии получают воду с $\text{pH} = 7$ (кипячением дистиллированной воды в колбе для удаления CO_2). Для определения реакции водной вытяжки готовят в колбе 10 % суспензию пигмента и помещают ее в чистый сосуд. Сосуд закрывают пробкой и энергично встряхивают в течение 1 минуты. Дают суспензии отстояться в течение 5 минут, открывают пробку и фильтруют через сухой фильтр. В полученный фильтрат опускают красную лакмусовую бумагу. Посинение красной бумаги указывает на щелочную реакцию водной вытяжки, покраснение синей бумаги указывает на кислую реакцию. Если окраска бумаги не меняется, то раствор имеет нейтральную реакцию. pH реакцию также определяют на pH-метре. pH водной вытяжки равен 4.

Выводы:

Лабораторная работа № 7

7.1 Исследование механизма процесса набухания каучуков

Цель: получение навыков в определении свойств каучуков и резин.

Приборы и оборудование:

1. Каучук или вулканизат.
2. Растворитель.

Оборудование и посуда:

1. Аналитические весы.
2. Химический стакан на 100 мл.
3. Фильтровальная бумага.
4. Штатив.

Ход работы:

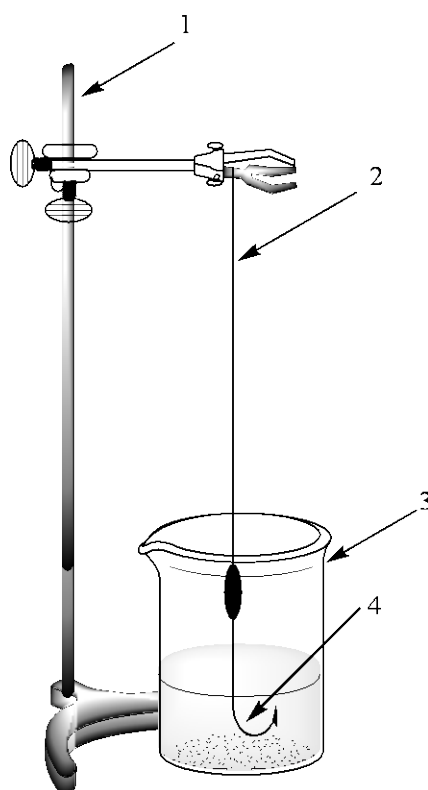
Для проведения эксперимента берут навески различных каучуков (или

вулканизатов) массой $m = 0,2 - 1,0$ г. Образцы взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,001 г и помещают в прибор для набухания.

В стакан наливают 30 мл растворителя, погружают каучук, время погружения образцов фиксируют. Набухание проводят при заданной температуре. Через равные промежутки времени (1, 5, 10, 15, 30 мин.) исследуемый образец извлекают, удаляют капли растворителя с поверхности фильтровальной бумагой и взвешивают. Полученные результаты заносят в таблицу. Установка для определения степени набухания представлена на рисунке.

Полимер	Масса образца до набухания г	Растворитель	Масса растворителя г	Масса полимера после набухания в течение 1-30 мин, г					
				1	5	10	15	30	max

После достижения постоянной массы образца испытания прекращают.



Установка для определения набухания полимеров: 1 – штатив; 2 – подвижная нить; 3 – стакан с растворителем; 4 – крючок

Степень набухания оценивается с помощью весового метода:

$$a = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100,$$

где a – степень набухания образца, %; m_0 и m – масса полимера до и после набухания соответственно, г.

Изменение степени набухания представляют в виде кривой: $a = f(\tau)$

7.2 Определение двойных связей в каучуке

Приборы и реактивы:

1. Каучук или вулканизат.
2. Растворитель.
3. Йод.
4. Бензин.

Оборудование и посуда:

1. Аналитические весы.
2. Бюкс.
3. Эксикатор.
4. Чашка Петри.
5. Пипетка.

Ход работы:

Взвешивают навеску каучука $m \sim 1$ г, помещают в бюкс и заливают избытком растворителя (не более 50 мл). Бюкс закрывают и помещают в эксикатор, герметично закрывают и оставляют до полного набухания. Готовят насыщенный раствор йода в бензине.

Продолжительность набухания ~ 170 часов (7 дней).

Небольшой образец набухшего каучука помещают в чашку Петри и капают на него из пипетки свежеприготовленный раствор йода в бензине; наблюдают изменение окраски раствора. Делают вывод о наличии двойных связей в исследуемом образце.

7.3 Получение резинового клея

Приборы и оборудование:

1. Мягкий каучук или вулканизат.
2. Бензин.
3. Этиловый спирт.
4. Склеиваемые материалы (дерево, резина, металл, картон и др.)

Оборудование и посуда:

1. Канцелярский нож или ножницы.
2. Химический стакан на 100 мл.
3. Фильтровальная бумага.
4. Мешалка или стеклянная палочка.

Ход работы:

Кусок мягкого каучука (содержащего наполнители или пластификаторы) режут на мелкие кусочки; помещают в бензин; настаивают в течение нескольких часов; периодически перемешивают. Рекомендуется добавлять необходимое количество бензина частями.

Продолжительность набухания ~ 3 суток.

По окончании набухания получается раствор каучука, который осторожно сливают, фильтруют и оставляют открытым в теплом месте до получения клея. При необходимости для снижения вязкости клея добавляют этиловый спирт, не более 5 % от массы раствора.

Проверяют клеящие свойства полученного продукта на небольших образцах резины, дерева, плотного картона. Делают вывод о качестве полученного клея.

7.4 Определение летучести и влажности

Реактивы:

1. Каучук или вулканизаты.

Оборудование и посуда:

1. Аналитические весы.
2. Сушильный шкаф.
3. Бюкс.
4. Эксикатор.

Ход работы:

Для проведения анализа необходимо высушить две навески каучука (0,5 г каждая) в бюксе при 100 °С. Навеску для определения летучести сушат в течение 30 минут, а навеску для определения влажности сушат до постоянной массы около двух часов. Высушенный образец с бюксом помещают в эксикатор и после охлаждения взвешивают.

Расхождение между результатами двух последних измерений не должно превышать 0,5 %. Относительную влажность и летучесть каучука в % рассчитывают по одной формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} * 100,$$

где m_0 – масса пустого бюкса, г; m_1 – масса бюкса с навеской до высушивания, г; m_2 – масса бюкса с навеской после высушивания, г.

7.5 Определение влагопоглощения паров воды

Реактивы:

1. Каучук или вулканизаты.
2. Насыщенные растворы KCl, K₂SO₄.

Оборудование и посуда:

1. Аналитические весы.

2. Сушильный шкаф.
3. Бюкс.
4. Эксикатор.

Ход работы:

Влагопоглощение определяется статическим методом сорбции паров воды. 0,5 г абсолютно-сухого каучука помещают в предварительно взвешенный бюкс, ставят бюкс с навеской в герметичный эксикатор с водой на 24 часа. По истечении заданного времени бюкс с навеской взвешивают и определяют массу каучука после поглощения паров воды. Влагопоглощение рассчитывают по формуле:

$$A = \frac{m_2 - m_1}{m_1} * 100,$$

где m_1 – масса абсолютно сухого ХК до поглощения паров воды, г; m_2 – масса ХК после поглощения паров воды, г.

7.6 Определение плотности

Реактивы:

1. Каучук или вулканизаты.
2. Дистиллированная вода.
3. Не растворитель.

Оборудование и посуда:

1. Аналитические весы.
2. Сушильный шкаф.
3. Пикнометр.
4. Фильтровальная бумага.
5. Плитка.

Ход работы:

Взвешивают высушенный пикнометр на 25 мл с точностью до 0,0002 г. Через воронку заполняют дистиллированной водой на 2 – 3 мм выше метки и выдерживают в термостате при 20 °С не менее 20 минут. С помощью фильтровальной бумаги доводят уровень воды в пикнометре до метки и закрывают пикнометр пробкой. Пикнометр с водой взвешивают с точностью до 0,0002 г. Воду выливают и после сушки в пикнометр помещают около 1 г каучука и определяют вес пикнометра с веществом. Затем в пикнометр с навеской заливают жидкость, в которой каучук не растворяется и не набухает. Жидкость наливают в пикнометр так, чтобы ее уровень был немного выше уровня вещества. Для удаления пузырьков воздуха заполненный пикнометр слегка подогревают и встряхивают. После чего пикнометр заливают жидкостью на 2 – 3 мм выше метки, термостатируют, доводят уровень жидкости до метки и взвешивают пикнометр. Пикнометр моют, сушат и находят вес пикнометра с жидкостью. Относительную плотность полимера рассчитывают по формуле:

$$\rho = \frac{G \cdot \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0}}{G + m_2 - m_3},$$

где G – масса исследуемого образца; m_0 – масса пустого пикнометра; m_1 – масса пикнометра с водой; m_2 – масса пикнометра с жидкостью; m_3 – масса пикнометра с полимером и жидкостью.

7.7 Определение зольности

Реактивы:

1. Каучук или вулканизаты.

Оборудование и посуда:

2. Аналитические весы.
3. Фарфоровый тигель.
4. Газовая горелка.
5. Муфельная печь.
6. Эксикатор.
7. Асбестовая пластина.

Ход работы:

Зольность определяют по ГОСТ 19816.4-91. Взвешивают пробу каучука, нагревают в фарфоровом тигле на газовой горелке до полного удаления летучих веществ. Тигель помещают в муфельную печь и нагревают до полного выгорания углеродосодержащих веществ и достижения постоянной массы.

Чистый тигель нагревают в муфельной печи при температуре (550 ± 25) °С около 30 минут. Вынимают тигель из печи, охлаждают в эксикаторе до температуры окружающей среды и взвешивают с точностью до 0,1 мг. Пробу каучука массой 5 г взвешивают с точностью до 0,1 мг. Помещают взвешенную пробу в тигель, установленный в отверстие асбестовой пластины. Осторожно нагревают тигель на горелке под колпаком вытяжной вентиляции, следя за тем, чтобы каучук не воспламенился. При выбросе или иной потере продукта испытание повторяют с новой пробой.

После обугливания каучука постепенно увеличивают нагрев горелкой до полного удаления летучих веществ и получения сухого углеродного остатка. Тигель с содержимым помещают в муфельную печь, нагретую до температуры (550 ± 25) °С, оставляя дверцу печи приоткрытой, что обеспечивает приток воздуха для окисления углерода. Продолжают нагревание до полного окисления углерода и получения светлой золы.

Вынимают тигель с содержимым из муфельной печи, охлаждают в эксикаторе до температуры окружающей среды и взвешивают с точностью до 0,1 мг. Снова нагревают тигель с содержимым в течение 30 минут в муфельной печи, нагретой до температуры (550 ± 25) °С, охлаждают в эксикаторе до температуры окружающей среды и взвешивают с точностью до 0,1 мг. Эта масса не должна отличаться от массы, полученной в предыдущем взвешивании более чем на 0,1 мг. Если это условие не выполняется, повторяют нагревание,

охлаждение и взвешивание до тех пор, пока это условие не будет выполнено.

Массовую долю золы (зольность) определяют по формуле:

$$X = \frac{m_2 - m_1}{m_0} \cdot 100,$$

где m_0 – масса пробы, г; m_1 – масса пустого тигля, г; m_2 – масса тигля с золой, г.

7.8 Пленкообразующая способность

Реактивы:

1. Каучук или вулканизаты.
2. Растворитель.

Оборудование и посуда:

1. Канцелярский нож или ножницы.
2. Химический стакан на 100 мл.
3. Водяная баня или плитка.
4. Мешалка или стеклянная палочка.
5. Фторопластовая форма.
6. Сушильный шкаф.
7. Толщиномер.

Ход работы:

Для получения пленки каучук измельчают и рассчитывают количество растворителя для приготовления 10 % раствора каучука; для лучшего набухания растворитель заливают постепенно. Причем вторую порцию растворителя заливают после набухания каучука в первой порции. Растворение проводят при перемешивании и нагревании. Полноту растворения контролируют до получения гомогенного раствора. Часть раствора выливают в специальную фторопластовую форму, ставят в термостат для выпаривания растворителя до полного высушивания при температуре, меньшей температуры кипения растворителя. После сушки пленку извлекают из формы. Полученную пленку осматривают и измеряют ее толщину.

7.9 Стойкость каучука к воздействию агрессивных сред

Реактивы:

1. Каучук или вулканизаты.
2. Агрессивная среда (кислота, щелочь, растворители, масла и др.).

Оборудование и посуда:

1. Канцелярский нож или ножницы.
2. Несколько химических стаканов на 100 мл.
3. Водяная баня или плитка.
4. Мешалка или стеклянная палочка.
5. Фторопластовая форма.
6. Сушильный шкаф.

Ход работы:

Для проведения испытания получают пленки из каучуков, либо каучук измельчают. Образцы помещают в химические стаканы и добавляют кислоту, щелочь, органические растворители или масла. Эксперимент проводят при комнатной температуре и при повышенных температурах (80 °С); наблюдают реакцию каучука на среду.

Выводы:

Лабораторная работа № 8 **Клеящая способность природных и синтетических полимеров**

8.1 Получение белкового клея (казеинового)

Цель: получить клей, провести склеивание бумаги, картона, дерева, металла.

Оборудование и реактивы:

1. Сито.
2. Стеклянная палочка.
3. Химический стакан.
4. Термометр.
5. Обезжиренный творог.
6. Нашатырный спирт.
7. Склеиваемый материал.

Ход работы:

Растереть через сито 50 – 100 г обезжиренного творога, промыть теплой водой, добавить нашатырный спирт до получения прозрачной желеобразной массы (получили казеин). В казеин добавить немного теплой воды 25 – 30 °С, примерно 10 % от объема до получения сметаны, перемешивать стеклянной палочкой 30 – 60 минут до консистенции сметаны. Проклеивает любые материалы. Определить продолжительность жизни клея, по истечении какого времени он теряет свои свойства. Проверить гигроскопичность клея, осмотреть клей на предмет поглощения воды.

8.2 Получение желатинового клея (костного)

Цель: получить клей, провести склеивание бумаги, дерева, металла.

Оборудование и реактивы:

1. Водяная баня.
2. Химический стакан.
3. Термометр.
4. Желатин.
5. Склеиваемый материал.

Ход работы:

1 в. ч. желатина смешать с 9 в. ч. воды. Набухание при комнатной

температуре 1,5 – 2,0 часа, но не более 70 °С, добиваясь полного растворения. Раствор готов к использованию.

8.3 Получение альбуминового клея

Цель: получить клей, провести склеивание бумаги, дерева, металла.

Оборудование и реактивы:

1. Химический стакан.
2. Сухой белок.
3. Гашеная известь.
4. Склеиваемый материал.

Ход работы:

Сухой белок смешивают с небольшим количеством гашенной извести (получают альбумин).

8.4 Получение клея на основе фенолформальдегидной смолы и хлоркаучука

Цель: получить клей, провести склеивание бумаги, дерева, металла.

Оборудование и реактивы:

1. Химический стакан.
2. Сухой белок.
3. Фенолформальдегидная смола.
4. Хлоркаучук.
5. Этанол.
6. Ацетон.
7. Толуол.
8. Глицерин.
9. Водяная баня.

Ход работы:

Для получения образца №1 к 2,5 мл этанола добавляем 5,8 г фенолформальдегидной смолы. Далее полученную смесь нагревают на водяной бане до полного растворения смолы.

Для получения образца №2 к 5 мл ацетона добавляют 8,3 г фенолформальдегидной смолы. Далее полученную смесь нагревают на водяной бане до полного растворения смолы.

Для получения образца №3 к 2,5 мл этанола добавляем 5,8 г фенолформальдегидной смолы. Далее полученную смесь нагревают на водяной бане до полного растворения смолы. В полученный клей добавляют 2 – 3 капли глицерина, выступающего в качестве пластификатора.

Для получения образца №4 к 5 мл ацетона добавляют 8,3 г фенолформальдегидной смолы. Далее полученную смесь нагревают на водяной бане до полного растворения смолы. В полученный клей добавляют 2 – 3 капли глицерина, выступающего в качестве пластификатора.

Для получения образца №5 к 3 мл толуола добавляем 1,8 г хлоркаучука

небольшими порциями для получения однородной консистенции.

Для получения образца №6 к 3 мл толуола добавляем 1,8 г хлоркаучука небольшими порциями для получения однородной консистенции. В полученный клей добавляют 2 – 3 капли глицерина, выступающего в качестве пластификатора. Полученные результаты наблюдения заносят в таблицу.

№ образца	Полимер, г	Растворитель, мл	Пластификатор	Время растворения, мин

8.5 Определение клеящей способности полученных образцов клея

Цель: определение клеящей способности.

Оборудование и реактивы:

1. Подложки.
2. Кисть.

Ход работы:

Полученные образцы клея наносят на различные подложки (дерево, стекло, пластик, бумага) и оставляют высыхать. По истечении определенного времени определяют клеящую способность образцов, полученные данные заносят в таблицу.

Образец	Клеящая способность			
	дерево	стекло	пластик	бумага
1				
2				

Выводы:

3. Библиографический список

1. Уайт Дж. Полиэтилен, полипропилен и другие полиолефины / Дж. Уайт, Д. Чой. – СПб.: Профессия, 2007. – 250 с.
2. Саммерс Дж. Поливинилхлорид / Дж. Семмерс, Е. Уилки, Ч. Даниэл. – СПб.: Профессия, 2008. – 723 с.
3. Технология полимерных материалов / под ред. В. К. Крыжановского. СПб.: Профессия, – 2008. – 533 с.
4. Михайлин Ю. А. Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы / Ю. А. Михайлин. – СПб.: Профессия, 2006. – 623 с.
5. Наполнители для полимерных КМ: Справочное пособие/ пер. с англ. под ред. Л. Г. Бабаевского. – М.: Химия, 1986. – 726 с.
6. Крыжановский В. К. Инженерный выбор и идентификация пластмасс / В. К. Крыжановский. – СПб.: НОТ, 2009. – 234 с.
7. Основы технологии переработки пластмасс/ Под ред. В. Н. Кулезнева, В. К. Гусева. – М.: Химия, 1995. – 526 с.
8. ЛИ Х. Справочное руководство по эпоксидным смолам / Х. Ли, К. Невилл. – М.: Энергия, 1973. – 212 с.
9. Кноп А. Фенольные смолы и материалы на их основе / А. Кноп, В. Шейб. – М.: Химия, 1983. – 312 с.
10. Панова Л. Г. Наполнители для полимерных композиционных материалов: учеб. пособие / Л. Г. Панова. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2010. – 68 с.
11. Б. А. Догадкин, В. А. Шершнева. Химия эластомеров. – М.: Химия, 1981. – 376 с.
12. Технология резины: Рецептуростроение и испытания/ под ред. Дика Дж. С; Пер. с англ. под ред. Шершнева В. А. – СПб.: Научные основы и технологии, 2010. – 620 с.
13. Краски, покрытия и растворители / Д. Стойе, В. Фрейтаг (ред.); пер. с англ. под ред. Э. Ф. Ицко. – СПб.: Профессия, 2007. – 528 с.
14. Осовская И. И., Полимерные материалы. Применение и переработка: учебное пособие / ВШТЭ СПбГГУПТД. – СПб., 2017. – С.89.
15. Осовская И. И., Литвинов М. Ю., Васильева А. П. Технология полимеров. Применение и переработка. Самовосстанавливающиеся покрытия: учебное пособие / ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2020. – 80 с.
16. Осовская И. И., Савина Е. В., Левич В. Е. Эластомеры: учебное пособие / ВШТЭ СПбГУТД. – СПб., 2016. – 126 с.
17. Осовская И. И. Комплексное использование древесины: природные и химические волокна: учебное пособие/ СПбГТУРП. – СПб., 2015.