

# **ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ И ПЛАСТИКОВ**

**Лабораторный практикум  
по одноименному курсу для студентов  
специальности 1-48 01 05 «Технология и применение  
полимеров в производстве древесных плит и пластиков»  
специализации 1-48 01 05 02 «Технология древесных плит  
и пластиков»**

Минск БГТУ 2006

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

# **ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ И ПЛАСТИКОВ**

**Лабораторный практикум  
по одноименному курсу для студентов  
специальности 1-48 01 05 «Технология и применение  
полимеров в производстве древесных плит и пластиков»  
специализации 1-48 01 05 02 «Технология древесных плит  
и пластиков»**

Минск 2006

УДК 678.067.3 (076.5)

ББК 37.133.6 я73

Т 38

Рассмотрен и рекомендован к изданию редакционно-издательским советом университета

Составители:

*В. Я. Полуянович, О. М. Касперович*

Рецензенты:

доктор химических наук; ведущий научный сотрудник  
Института физико-химических проблем БГУ *В. В. Богданова*;

кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник  
Института физико-органической химии НАН Беларуси

*А. Я. Валендо*

Т 38      **Технология и применение полимеров в производстве древесных плит и пластиков** : лаб. практикум по одноименному курсу для студентов специальности 1-48 01 05 «Технология и применение полимеров в производстве древесных плит и пластиков» специализации 1-48 01 05 02 «Технология древесных плит и пластиков» / сост. В. Я. Полуянович, О. М. Касперович. – Мн. : БГТУ, 2006. – 42 с.

ISBN 985-434-588-2

Лабораторный практикум состоит из двух разделов. В первом разделе приведены планы коллоквиумов, а во втором – изложены методики выполнения 26 лабораторных работ. Описаны устройство лабораторных установок, порядок выполнения, обработки и анализа полученных результатов.

**УДК 678.067.3 (076.5)**

**ББК 37.133.6 я73**

**ISBN 985-434-588-2**

©УО «Белорусский государственный  
технологический университет», 2006

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

# **ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ И ПЛАСТИКОВ**

**Лабораторный практикум  
по одноименному курсу для студентов  
специальности 1-48 01 05 «Технология и применение  
полимеров в производстве древесных плит и пластиков»  
специализации 1-48 01 05 02 «Технология древесных плит  
и пластиков»**

Минск 2006

УДК 678.067.3 (076.5)

ББК 37.133.6 я73

Т 38

Рассмотрен и рекомендован к изданию редакционно-издательским советом университета

Составители:

*В. Я. Полуянович, О. М. Касперович*

Рецензенты:

доктор химических наук; ведущий научный сотрудник  
Института физико-химических проблем БГУ *В. В. Богданова*;  
кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник  
Института физико-органической химии НАН Беларуси  
*А. Я. Валендо*

Т 38      **Технология и применение полимеров в производстве древесных плит и пластиков** : лаб. практикум по одноименному курсу для студентов специальности 1-48 01 05 «Технология и применение полимеров в производстве древесных плит и пластиков» специализации 1-48 01 05 02 «Технология древесных плит и пластиков» / сост. В. Я. Полуянович, О. М. Касперович. – Мн. : БГТУ, 2006. – 42 с.

ISBN 985-434-588-2

Лабораторный практикум состоит из двух разделов. В первом разделе приведены планы коллоквиумов, а во втором – изложены методики выполнения 26 лабораторных работ. Описаны устройство лабораторных установок, порядок выполнения, обработки и анализа полученных результатов.

**УДК 678.067.3 (076.5)**

**ББК 37.133.6 я73**

**ISBN 985-434-588-2**

©УО «Белорусский государственный  
технологический университет», 2006

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Лабораторный практикум по технологии и применению полимеров в производстве древесных плит и пластиков – важная часть учебной программы, необходимая для углубления и закрепления знаний студентов по специальности.

Задачи лабораторного практикума – практическое обучение студентов технологическим приемам синтеза полимеров и исследования их свойств. Полученные связующие и полимеры могут быть использованы студентами при выполнении лабораторных практикумов по курсам «Технология композиционных материалов и изделий» и «Технология древесных пластиков и плит».

Предлагаемое пособие состоит из двух разделов. В первом разделе приводятся планы коллоквиумов и рекомендуемая литература; во втором представлены методики лабораторных работ. Лабораторные работы практикума делятся по циклам согласно разделам курса. Перед выполнением каждой студенты сдают коллоквиум, что позволяет им осмысленно выполнять данные работы. Приступая к выполнению любой лабораторной работы, следует внимательно ознакомиться с заданием и методикой ее выполнения. При изучении курса «Технология и применение полимеров в производстве древесных плит и пластиков» студенты сдают 5 коллоквиумов и выполняют 7–10 лабораторных работ.

Готовая работа оформляется в лабораторном журнале каждым студентом с указанием даты выполнения и в порядке, аналогичном приведенному в данном практикуме. Результаты должны быть оформлены в виде описания проведенных опытов с представлением необходимых рисунков, графиков и механизмов протекающих реакций. Описание порядка работы не должно дублировать текст настоящего практикума. Студент не допускается к выполнению следующей работы, если данная не оформлена

К экзамену по теоретическому курсу студенты допускаются после выполнения всех запланированных работ и сдачи зачета по лабораторному практикуму.

## **ПЛАНЫ КОЛЛОКВИУМОВ**

## **Коллоквиум № 1. Фенолоальдегидные олигомеры и материалы на их основе**

Исходное сырье. Особенности процессов синтеза фенолоальдегидных олигомеров.

Новолачные олигомеры, механизм и условия образования, промышленные способы производства. Свойства новолачных олигомеров.

Резольные олигомеры, механизм и условия образования, промышленное производство. Свойства резольных олигомеров.

Фенолофурфурольные смолы.

Модифицированные фенолоформальдегидные олигомеры.

Процесс отверждения фенолоальдегидных олигомеров.

Материалы на основе фенолоальдегидных олигомеров (пресс-порошки, волокнистые пресс-материалы, слоистые пластики, крошкообразные пресс-материалы, лаки, клеи).

Применение фенолоформальдегидных олигомеров для производства древесных пластиков. Фенолоформальдегидные олигомеры в производстве древесностружечных плит.

Техника безопасности при производстве фенолоальдегидных олигомеров и полимеров и защита окружающей среды.

## **Коллоквиум № 2. Аминоальдегидные олигомеры и материалы на их основе**

Исходное сырье. Особенности процессов синтеза карбамидоформальдегидных олигомеров.

Производство карбамидоформальдегидных олигомеров.

Отверждение.

Модифицирование карбамидоформальдегидных олигомеров.

Меламиноформальдегидные олигомеры.

Материалы на основе аминоальдегидных олигомеров (пресс-порошки, декоративные бумажные слоистые пластики, древесностружечные плиты, пенопласт мипора).

Карбамидные клеи.

Техника безопасности при производстве аминоальдегидных олигомеров и защита окружающей среды.

## **Коллоквиум № 3. Сложные полиэфиры. Эпоксидные олигомеры**

Алкидные полимеры. Производство, свойства и применение.  
Ненасыщенные полиэферы. Сырье. Производство ненасыщенных полиэфиров. Свойства и применение.  
Полиэтилентерефталат. Получение, свойства, применение.  
Поликарбонаты. Полиарилаты.  
Исходное сырье для синтеза эпоксидных олигомеров. Механизм реакций образования олигомеров. Производство эпоксидных олигомеров.  
Механизм отверждения. Основные классы отвердителей.  
Свойства и применение эпоксидных полимеров. Клеи и цементы. Пропиточные компаунды. Стеклопластики.  
Техника безопасности при производстве сложных полиэфиров и эпоксидных полимеров. Защита окружающей среды.

#### ***Коллоквиум № 4. Полистирол. Акриловые полимеры***

Стирол, его свойства и получение.  
Блочный полистирол. Производство, свойства, применение.  
Производство полистирола эмульсионным методом и в суспензии. Свойства и области применения.  
Сополимеры стирола. Ударопрочный и пенополистирол.  
Полимеры на основе эфиров акриловой и метакриловой кислот.  
Производство полиметилметакрилата. Полиметилметакрилатные клеи.  
Техника безопасности при производстве полистирола и акриловых полимеров. Защита окружающей среды.

#### ***Коллоквиум № 5. Поливинилацетат. Поливиниловый спирт и его производные***

Винилацетат, его свойства и получение. Производство, свойства и применение поливинилацетата.  
Поливиниловый спирт. Производство, свойства и применение.  
Поливинилацетали. Получение, свойства и применение поливинилформалия, поливинилэтилаля, поливинилформальэтилаля и поливинилбутираля.  
Техника безопасности при производстве поливинилацетата, поливинилового спирта. Защита окружающей среды.

### **ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

## Работа № 1. ПОЛУЧЕНИЕ НОВОЛАЧНОГО ФЕНОЛОФОРМАЛЬДЕГИДНОГО ОЛИГОМЕРА

*Задание:*

- получить новолачный фенолформальдегидный олигомер. Определить выход олигомера (в г и % от фенола);
- определить температуру каплепадения олигомера по Уббеллоде;
- установить температуру размягчения по методу «кольца и шара» олигомера;
- определить скорость отверждения олигомера в присутствии гексаметиленetetраамина;
- написать реакции образования новолачного олигомера и его отверждения.

*Исходные вещества:* фенол – 32 г; формалин 36%-ный – 21 г; соляная кислота – 0,5 г.

*Оборудование:* трехгорлая круглодонная колба емкостью 300 мл; обратный холодильник; мешалка; водяная баня; электрическая плитка; термометр на 250°C; фарфоровая чашка; металлическая форма.

### Получение смолы

*Ход работы.* Навески фенола и формалина помещают в круглодонную колбу (рис. 1) и взбалтывают до полного растворения фенола.

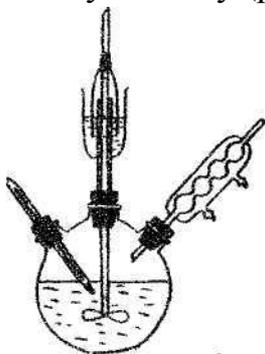


Рис. 1. Трехгорлая колба, снабженная мешалкой, обратным холодильником и термометром

Затем добавляют 0,5 г концентрированной соляной кислоты, соединяют колбу с обратным холодильником и нагревают на водяной бане при 90°C до резкого разделения смоляного и водяного слоев. Содержимое колбы сливают через 1 ч после разделения слоев в фарфоровую чашку (под тягой), дают отстояться и сливают верхний водный слой. Оставшуюся в чашке жидкую смолу промывают теплой водой (30°C) до нейтральной реакции (проверяют рН универсальной индикаторной бумагой), затем высушивают смолу при обычном давлении на электрической плитке с асбестовой сеткой, постепенно повышая темпера-

туру смолы до 200°C. Готовую смолу сливают из фарфоровой чашки в заранее приготовленную металлическую форму.

*Примечание.* Фенол и его производные ядовиты, они вызывают ожоги или раздражение кожи, поэтому при работе необходимо надевать резиновые перчатки. Работу с фенолом и его производными следует проводить в вытяжном шкафу. В случае попадания их на кожу смыть тампоном, смоченным спиртом. Формальдегид сильно действует на слизистую оболочку и дыхательные пути, вызывает раздражение кожи. Работу с ним следует проводить только в вытяжном шкафу. При попадании формалина на кожу и слизистую оболочку следует промыть пораженное место водой, 2%-ным раствором соды и снова водой.

## Определение температуры каплепадения по Уббеллоде

**Температурой каплепадения** называют температуру, при которой капля олигомера или полимера отделяется от равномерно нагретой массы испытуемого вещества под действием собственной массы.

*Исходное вещество:* фенолоформальдегидная новолачная смола – 1 г; глицерин.

*Оборудование:* прибор Уббеллоде для определения температуры каплепадения (рис. 2); чашка для разогрева смолы; стеклянная пластинка; электрическая плитка.

Прибор состоит из термометра, ртутный шарик которого опущен в стеклянную чашечку с отверстием. Чашечка прикреплена к термометру с помощью металлической гильзы. Термометр с чашечкой устанавливается в пробирке так, чтобы между дном пробирки и чашечкой оставалось некоторое пространство. Пробирку, в свою очередь, укрепляют в колбе с глицерином для равномерного обогрева.

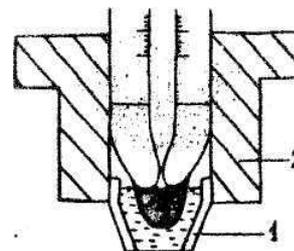


Рис. 2. Прибор Уббеллоде: 1 – стеклянная чашечка; 2 – металлическая гильза

*Ход работы.* Перед определением стеклянную чашечку вынимают из гильзы, ставят на смазанное глицерином стекло и вливают в нее расплавленную массу.

После застывания расплава чашечку помещают в гильзу. Когда прибор собран, начинают нагревание со скоростью 1°C в минуту. Температура, при которой капля расплавленного полимера проходит через отверстие в дне чашечки и падает на дно пробирки, считается температурой каплепадения.

**Определение температуры размягчения по методу «кольца и шара»**

Аморфные полимеры не имеют строго определенной температуры плавления и характеризуются температурой размягчения, которая является важной характеристикой полимера. Одним из способов определения температуры размягчения является метод «кольца и шара».

*Исходные вещества:* новолачный олигомер – 10 г; глицерин.

*Оборудование:* установка для определения температуры размягчения; электрическая плитка; набор колец и шариков; чашка для разогрева смолы; стеклянная пластинка; нож.

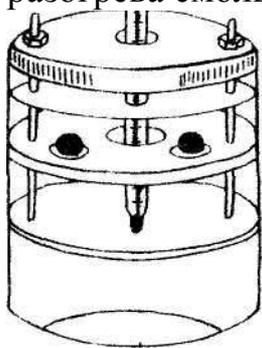


Рис. 3. Прибор для определения температуры размягчения

Установка (рис. 3) состоит из стакана, который служит термостатом, и входящей в него стойки с двумя параллельными пластинками. В крышке стойки имеется отверстие для термометра, а в верхней пластинке – отверстия для колец с внутренним диаметром 15,87 мм, высотой 6,38 мм, толщиной 2,75 мм. На заполненные полимером кольца устанавливают шарики диаметром 9,53 мм и массой 3,45–3,56 г. Способ заключается в том, что слой смолы высотой 6,3 мм нагревают в специальном приборе и отмечают температуру, при которой шарик, провисая из кольца в слое полимера, коснется поверхности нижней пластинки.

*Ход работы.* Кольца, нагретые до 50°C, помещают на смазанную глицерином стеклянную пластинку и заполняют предварительно расплавленным полимером. Избыток полимера после остывания аккуратно срезают нагретым ножом до уровня краев кольца. Кольца со смолой вставляют в отверстия верхней пластинки, а в центре кольца помещают шарик, слегка вдавливая его в полимер. После этого стойку устанавливают в стакан, заполненный глицерином. Установку помещают на электрическую плитку и, нагревая, отмечают температуру размягчения.

### Определение скорости отверждения олигомера

Наиболее распространенным способом оценки скорости отверждения является использование полимеризационных дисков. Сбоку в диске имеется отверстие для термометра, в центре – углубление для испытуемого материала.

*Исходные вещества:* новолачный олигомер – 1 г; уротропин – 0,15 г.

*Оборудование:* полимеризационный диск; электрическая плитка;

термометр; секундомер; стеклянная палочка; фарфоровая ступка.

*Ход работы.* Определение времени отверждения смолы. Навеску (1,0 г смолы) смешивают в ступке с 0,1 г уротропина. На металлическую плитку с отверстием для термометра, нагретую до 150°C, насыпают смесь смолы с уротропином и распределяют ее равномерно по площадке. Период от момента помещения смолы на плитку до момента, когда смола перестанет тянуться в виде нитей и приклеиваться к палочке, считают временем отверждения.

## **Работа № 2. ПОЛУЧЕНИЕ РЕЗОЛЬНОГО ФЕНОЛОФОРМАЛЬДЕГИДНОГО ОЛИГОМЕРА**

*Задание:*

- получить резольный фенолформальдегидный олигомер;
- определить выход олигомера (в г и % от фенола);
- установить степень отверждения олигомера;
- определить скорость отверждения олигомера;
- написать реакции образования первичных продуктов конденсации и последующие реакции, приводящие к образованию резитола и резита.

### **Получение олигомера**

*Исходные вещества:* фенол – 35 г; формалин 36%-ный – 39,44 г; аммиачная вода 25%-ная – 4 г.

*Оборудование:* трехгорлая круглодонная колба емкостью 300 мл; обратный холодильник, мешалка; водяная баня; электрическая плитка; термометр на 250°C; фарфоровая чашка; металлическая форма; сушильный шкаф.

*Ход работы.* Навески фенола и формалина, а также аммиачную воду помещают в круглодонную колбу (рис. 1) и взбалтывают до полного растворения фенола. Реакционную смесь нагревают на водяной бане при 90°C до резкого разделения смоляного и водяного слоев. Содержимое колбы сливают через 1 ч после разделения слоев в фарфоровую чашку (под тягой), дают отстояться и сливают верхний водный слой. Оставшуюся в чашке жидкую смолу промывают теплой водой (30°C) до нейтральной реакции (проверяют рН универсальной индикаторной бумагой), затем высушивают смолу при обычном давлении в сушильном шкафу, постепенно повышая тем-

пературу смолы до 100°C. Готовую смолу сливают из фарфоровой чашки в заранее приготовленную металлическую форму. Полученный резол представляет собой стеклообразную массу светло-желтого цвета, хорошо растворимую в этиловом спирте и ацетоне.

### Определение степени отверждения

Отвержденные продукты, как правило, содержат некоторое количество исходных продуктов реакции или низкомолекулярных фракций полимера, растворяющихся в ацетоне. На этом основан метод определения степени отверждения олигомера.

*Исходные вещества:* продукт отверждения резольного олигомера (резит); ацетон.

*Оборудование:* аппарат Сокслета; водяная баня; электрическая плитка; весы; сушильный шкаф.

*Ход работы.* 1 г продукта отверждения резольного олигомера вместе с патроном из фильтровальной бумаги помещают в аппарат Сокслета и экстрагируют в 150 г ацетона в течение 3 ч. По окончании экстракции патрон вынимают, высушивают при 105°C до постоянной массы и взвешивают.

Содержимое нерастворимой в ацетоне части (в %) определяют по формуле

$$X = \frac{q_2}{q_1} \times 100,$$

где  $X$  – содержание нерастворимых веществ, %;

$q_2$  – остаток порошка после экстрагирования, г;

$q_1$  – навеска порошка резольной смолы в патроне до экстрагирования, г.

### Работа № 3. ПОЛУЧЕНИЕ КРЕЗОЛОФОРМАЛЬДЕГИДНОГО ОЛИГОМЕРА

*Задание:*

- получить крезолоформальдегидный олигомер;
- определить выход смолы (в г и % от крезола);
- написать реакции образования олигомера.

*Исходные вещества:* крезол – 30 г; формалин 37%-ный – 27 г; гидроокись бария – 0,6 г.

*Оборудование:* трехгорлая колба; обратный холодильник; мешалка; термометр; водяная баня; электрическая плитка; сушильный шкаф; фарфоровый стакан; металлическая форма.

*Ход работы.* В колбу загружают крезол и формалин и постепенно при перемешивании вводят гидроокись бария. Содержимое колбы осторожно нагревают на водяной бане до 90–93°C, после чего нагревание прекращают и продолжают конденсацию, следя за тем, чтобы температура в колбе не превышала 90–93°C. Если из-за экзотермического эффекта температура реакции начнет повышаться, то, добавляя холодную воду в баню, ее понижают. После прекращения кипения конденсацию проводят при 75–80°C до расслоения реакционной массы. Из охлажденной и отстоявшейся смеси сливают верхний надсмольный слой воды, а смолу промывают водой до нейтральной реакции и сушат в сушильном шкафу при 40–45°C. Готовый продукт сливают в металлическую форму.

#### **Работа № 4. ПОЛУЧЕНИЕ ФЕНОЛОФОРМАЛЬДЕГИДНОГО ОЛИГОМЕРА, МОДИФИЦИРОВАННОГО КАНИФОЛЬЮ**

*Задание:*

- получить олигомер, модифицированный канифолью;
- определить кислотное число модифицированного олигомера;
- написать протекающие реакции.

#### **Получение модифицированного олигомера**

*Исходные вещества:* фенол – 30,5 г; формалин 40%-ный – 48,7 г; едкий натр 30%-ный – 0,9 г; канифоль – 38,5 г; глицерин – 3,8 г.

*Оборудование:* трехгорлая колба; обратный холодильник; мешалка; термометр; водяная баня; электрическая плитка; вакуум-сушильный шкаф; делительная воронка; фарфоровый стакан; металлическая форма.

Работа состоит из двух частей: получение фенолформальдегидного конденсата резольного типа и синтез модифицированного канифолью фенолформальдегидного олигомера.

#### **Получение фенолформальдегидного конденсата**

*Ход работы.* В колбу помещают 30,5 г фенола, 0,9 г 30%-ного

раствора едкого натра, включают механическую мешалку и постепенно добавляют 48,7 г 40%-ного раствора формалина. Содержимое колбы нагревают до 60–65°C и при этой температуре проводят процесс поликонденсации до расслоения реакционной массы на два слоя. После этого массу охлаждают до 40°C, переносят в делительную воронку, отделяют водный слой, а смоляной промывают несколько раз водой, нагретой до 50°C. Олигомер переносят в вакуум-сушильный шкаф и отгоняют воду при остаточном давлении 40–50 мм рт. ст. и 60–65°C.

### Синтез олигомера

*Ход работы.* В фарфоровый стакан, снабженный термометром и механической мешалкой, помещают раздробленную канифоль, нагревают ее до расплавления, включают мешалку и постепенно добавляют фенолоформальдегидный конденсат и глицерин. Массу нагревают до 260°C и выдерживают при этой температуре до получения олигомера с кислотным числом 20. (Пробу отбирать через каждые полчаса). Готовый продукт выливают в металлическую форму.

### Определение кислотного числа

*Кислотное число* характеризует содержание свободных карбоксильных групп в полимере и представляет собой количество миллиграммов едкого кали, необходимое для нейтрализации карбоксильных групп в 1 г полимера.

*Исходные вещества:* модифицированный олигомер; ацетон; 0,5 н. спиртовой раствор едкого кали; фенолфталеин.

*Оборудование:* стаканчики (2 шт.) емкостью 50 мл или конические колбы емкостью 250 мл с шлифованными холодильниками; водяная баня; аналитические весы; бюретка для титрования.

*Ход работы.* В стаканчик или коническую колбу помещают навеску полимера 0,5 г и растворяют в нейтральном растворителе (ацетоне). При медленном растворении полимера колбы соединяют с обратным холодильником и выдерживают в водяной бане при температуре кипения растворителя до растворения полимера. Затем раствор титруют 0,5 н. раствором КОН в этиловом спирте в присутствии индикатора (фенолфталеина) до появления розовой окраски.

Кислотное число (в мг КОН/г) вычисляют по формуле

$$K.ч.= K \cdot a \cdot T \cdot 1000/g,$$

где  $K$  – поправочный коэффициент к титру 0,5 н. раствора едкого кали;

$a$  – количество 0,5 н. раствора едкого кали, израсходованное на титрование, мл;

$T$  – количество едкого кали в граммах в 1 мл 0,5 н. раствора.

$T_{0,5 \text{ н. KOH}}=0,0281$  г/мл;

$g$  – навеска полимера, г.

## **Работа № 5. ПОЛУЧЕНИЕ ФЕНОЛОФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛЫ СБС-1**

*Задание:*

- получить смолу СБС-1;
- определить выход смолы (в г и % от фенола).

*Исходные вещества:* фенол – 25 г; формалин 37%-ный – 25 г; аммиачная вода 25%-ная – 1,5 г; спирт этиловый – 40 г.

*Оборудование:* трехгорлая колба; обратный холодильник; мешалка; термометр; водяная баня; электрическая плитка; сушильный шкаф; фарфоровый стакан; металлическая форма.

*Ход работы.* К смеси фенола и формалина добавляют при перемешивании аммиачную воду и при включенном обратном холодильнике нагревают реакционную массу до 65–70°C. Вследствие саморазогрева за счет тепла экзотермической реакции температура реакционной смеси повышается до 84–98°C и начинает кипеть.

Кипение длится 30–45 мин до расслоения конденсата на смолообразный и водный слой. Для удаления водного слоя холодильник переключают на прямое действие и отгоняют воду.

Затем продукт конденсации помещают в фарфоровую чашку и оканчивают сушку смолы в сушильном шкафу при температуре 85°C. Обезвоженную смолу охлаждают до 60–70°C и растворяют в этиловом спирте, который добавляют, помешивая, в небольшом количестве.

Образовавшийся однородный спиртовой раствор охлаждают до комнатной температуры.

## **Работа № 6. ПОЛУЧЕНИЕ ТЕКСТОЛИТА**

*Задание:*

- приготовить раствор фенолоформальдегидного олигомера (лак) для пропитки наполнителя;
- пропитать хлопчатобумажную ткань связующим и высушить ее;
- рассчитать манометрическое давление для прессования слоистого пластика;
- получить текстолит.

*Исходные вещества:* фенолоформальдегидный олигомер – 15 г; спирт этиловый – 15 г; хлопчатобумажная ткань; стеарат цинка – 0,1–0,2 г.

*Оборудование:* стакан стеклянный; палочки стеклянные; вакуум-сушильный шкаф; пресс лабораторный с обогреваемыми плитами; термометр; ножницы.

*Ход работы.* В стеклянном стакане получают лак – 50%-ный раствор фенолоформальдегидного олигомера в этиловом спирте.

Хлопчатобумажную ткань нарезают на куски размером 50×150 мм, погружают в стакан с лаком, после чего снимают избыток лака, протягивая ткань между двумя стеклянными палочками. Пропитанную лаком ткань подвешивают в вакуум-сушильном шкафу, где в течение первых 15–20 мин поддерживают температуру 20°C, а затем сушат при 50–60°C в течение 60–80 мин.

Пропитанную смолой и высушенную ткань разрезают на квадратные листы размером 50×50 мм и собирают пакет из 6–8 листов ткани. Для прессования используют лабораторный гидравлический пресс с обогреваемыми плитами.

Необходимое давление прессования рассчитывается по формуле

$$P_1 = \frac{P_2 \cdot S_1}{S_2},$$

где  $P_1$  – давление жидкости на поршень (показание манометра), кгс/см<sup>2</sup>;

$P_2$  – удельное давление прессования, кгс/см<sup>2</sup>;

$S_1$  – площадь изделия, см<sup>2</sup>;

$S_2$  – площадь поршня, см<sup>2</sup>.

Подготовленный для прессования пакет помещают между полированными пластинами и располагают на нижней плите пресса. Металлические пластинки рекомендуется смазать стеаратом цинка. Плиты пресса предварительно нагревают до температуры прессования 150–160°C. Нижнюю плиту поднимают и медленно повышают удельное давление  $P_2$  до 20 кгс/см<sup>2</sup>. Это давление поддерживают в течение 2–4 мин, после  $P_2$  увеличивают до 70–100 кгс/см<sup>2</sup>. Время выдержки мате-

риала под давлением зависит от толщины изделия и составляет 8–10 мин.

По окончании прессования выключают обогрев и после снижения температуры плит до 60–70°C выполняют операции распрессовки и извлечения изделия. Кромки пластин обрезают. Слоистый пластик должен иметь блестящую, гладкую поверхность и однородную окраску; не допускаются коробления, разнотолщинность и наличие раковин.

## Работа № 7. ПОЛУЧЕНИЕ ГЕТИНАКСА

*Задание:*

- приготовить раствор фенолоформальдегидной смолы (лак);
- пропитать лаком бумагу и высушить ее;
- рассчитать манометрическое давление для прессования слоистого пластика;
- получить гетинакс.

*Исходные вещества:* фенолоформальдегидный резольный олигомер – 12,5 г; спирт этиловый – 12,5 г; сульфатная бумага.

*Оборудование:* стакан стеклянный; палочки стеклянные; сушильный шкаф; пресс гидравлический с обогреваемыми плитами; термометр; ножницы.

*Ход работы.* Получают 50%-ный резольный лак, растворяя в стеклянном стакане резольный олигомер в этаноле. Этим лаком пропитывают полоски бумаги размером 50×150 мм, окуная их в стакан с раствором и снимая двумя стеклянными палочками его избыток. Полученные полоски высушивают в подвешенном состоянии вначале 90 мин на воздухе (в вытяжном шкафу), а затем в сушильном шкафу при температуре 110°C.

Из высушенных полосок вырезают образцы 50×50 мм, из 8 нарезанных образцов собирают «пакет», который помещают между плитами пресса, обкладывают с двух сторон листами непропитанной бумаги и смазанными стеарином листами жести.

Температура прессования 140–150°C. Давление подают в две ступени: вначале 15–20 кгс/см<sup>2</sup>, а потом 75–90 кгс/см<sup>2</sup>. Выдержка под давлением составляет 1 мин на 1 мм толщины. Не снимая давления, охлаждают плиты пресса до комнатной температуры. Затем снимают давление, извлекают отпрессованный пакет и обрезают кромки листа.

## **Работа № 8. ПОЛУЧЕНИЕ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНОГО ОЛИГОМЕРА**

*Задание:*

- приготовить карбамидоформальдегидный олигомер;
- написать реакции образования первичных продуктов конденсации, дальнейшего их превращения в зависимости от рН среды и реакции отверждения.

*Исходные вещества:* карбамид – 30 г; формалин 40%-ный – 106 г; аммиачная вода 25%-ная – 2,6 г; спирт этиловый – 10 мл.

*Оборудование:* трехгорлая колба емкостью 250 мл, снабженная обратным холодильником, мешалкой, термометром на 150°C; водяная баня; индикаторная бумага; фарфоровая чашка; сушильный шкаф.

*Ход работы.* В трехгорлую колбу, снабженную мешалкой и обратным холодильником (рис. 1), помещают 106 г формалина, прибавляют 2,6 г аммиачной воды и нагревают на водяной бане в течение получаса при 50°C.

Горячий раствор фильтруют (если он помутнел) через бумажный фильтр и проверяют концентрацию водородных ионов (рН) в растворе. Если рН ниже 7,6–7,8, то добавляют аммиачную воду каплями.

Затем к фильтрату прибавляют 15 г карбамида, нагревают смесь в течение получаса при 80°C, после чего в колбу приливают 10 мл спирта и добавляют остальную мочевины – 15 г. Смесь нагревают при 80°C до тех пор, пока концентрация водородных ионов не достигнет величины – 4,5, что происходит обычно спустя 3 ч.

Продукт конденсации представляет собой жидкий прозрачный сироп. Его переносят в фарфоровую чашку и упаривают в сушильном шкафу при температуре 70–80°C и остаточном давлении 70–100 мм рт. ст. до консистенции густого сиропа.

Полимер отверждается при комнатной температуре в течение 5–8 суток.

## **Работа № 9. ПОЛУЧЕНИЕ МЕЛАМИНОФОРМАЛЬДЕГИДНОГО ОЛИГОМЕРА**

*Задание:*

- получить меламиноформальдегидный олигомер;

• написать реакции образования первичных продуктов конденсации, получения олигомеров и их отверждения.

*Исходные вещества:* меламина – 63 г; формалин 40%-ный – 112,5 г; едкий натр – 2,5 г в 19 мл воды.

*Оборудование:* четырехгорлая колба, снабженная обратным холодильником, мешалкой, капельной воронкой и термометром; водяная баня.

*Ход работы.* В колбу (рис. 4) производят загрузку формалина и меламина, включают мешалку, пускают воду в холодильник и нагревают содержимое колбы в водяной бане при 60–70°C до полного растворения меламина. После этого из капельной воронки в колбу вводят раствор едкого натра и продолжают нагрев реакционной массы при той же температуре в течение 15–20 мин. Получается вязкая бесцветная масса, которая находит применение в производстве слоистых пластиков и пресс-материалов.

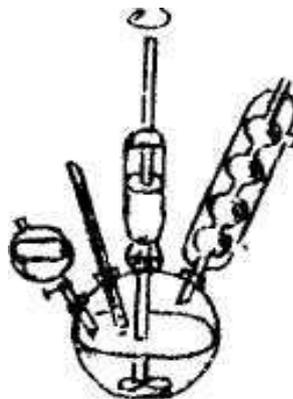


Рис. 4. Прибор для поликонденсации с капельной воронкой

## Работа № 10. ПОЛУЧЕНИЕ КАРБАМИДОМЕЛАМИНОФОМАЛЬДЕГИДНОГО ОЛИГОМЕРА

*Задание:*

- получить карбамидомеламиноформальдегидный олигомер;
- определить содержание сухого остатка в олигомере.

### Получение олигомера

*Исходные вещества:* карбамид – 30 г; меламина – 12,6 г; формалин 40%-ный – 79 г; уротропин – 4,2 г.

*Оборудование:* трехгорлая колба, снабженная обратным холодильником, мешалкой и термометром; водяная баня; индикаторная бумага.

*Ход работы.* В колбу загружают формалин и при перемешивании добавляют уротропин, доводя рН до 8. После этого вводят измельченный карбамид и меламина и при перемешивании нагревают ре-

акционную смесь в водяной бане при 70°C в течение 50–60 мин. При этом холодильник работает как обратный. По окончании конденсации раствор олигомера охлаждают. Полученный продукт применяют при изготовлении пресс-материалов.

### Определение содержания сухого остатка в олигомере

*Исходные вещества:* карбамидомеламиноформальдегидный олигомер.

*Оборудование:* чашечка из фольги; весы; сушильный шкаф.

*Ход работы.* В предварительно высушенную и взвешенную чашечку из фольги помещают около 2 г смолы (взвешивание производят на технических весах с точностью  $\pm 0,01$  г). Чашечку со смолой помещают в нагретый до 105°C сушильный шкаф и высушивают до установления постоянной массы.

Содержание сухого остатка (в %) определяют по формуле

$$K = \frac{G_2}{G_1} \cdot 100,$$

где  $K$  – содержание сухого остатка олигомера, %;

$G_2$  – масса сухого остатка, г;

$G_1$  – навеска олигомера до сушки, г.

### Работа № 11. ПОЛУЧЕНИЕ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНОГО ОЛИГОМЕРА КФ-МТ

*Задание:*

- получить карбамидоформальдегидный олигомер КФ-МТ.

*Исходные вещества:* карбамид – 30,8 г; формалин 37%-ный – 54 г; едкий натр 42%-ный – 0,4–1,0 г; аммоний хлористый 20%-ный – 0,5–0,8 г.

*Оборудование:* трехгорлая колба, снабженная обратным холодильником, мешалкой и термометром; водяная баня; индикаторная бумага; рефрактометр; стаканчик стеклянный; фарфоровая чашка.

*Ход работы.* В колбу загружают формалин и при включенной мешалке вводят 42%-ный раствор NaOH до достижения pH реакционной смеси 7,0–7,5. В нейтрализованный формалин при работающей мешалке загружают 20 г карбамида. Затем содержимое колбы нагревают до 45–50°C и нагрев прекращают. Дальнейшее повышение температуры до 90–92°C достигается за счет экзотермичности реакции. pH среды при этом должна быть в пределах 6,5–7,0. При температуре

90–92°C конденсационный раствор выдерживают в течение 30 мин. По окончании выдержки определяют величину рН, которая на данной стадии может колебаться в пределах 6,0–7,0. Постепенным добавлением небольших порций 20%-ного хлористого аммония снижают величину рН до 4,5–5,0. При температуре 90–92°C конденсационный раствор выдерживают в течение 30 мин, одновременно контролируя растворимость его в воде путем отбора проб из раствора. В случае образования мельчайших нерастворимых в воде частиц (помутнения) выдержку прекращают раньше указанного срока. По окончании выдержки постепенным добавлением небольших порций 42%-ного раствора едкого натра повышают величину рН среды до 6,8–7,0. Полученный продукт охлаждают до 75–78°C. После этого включают прямой холодильник и подвергают смолу сушке при 68–72°C. В процессе сушки отгоняют воду до получения смолы с коэффициентом рефракции 1,450–1,452.

По окончании сушки полученную смолу охлаждают до 65–68°C и добавляют 10,8 г карбамида. В дальнейшем процесс ведут при температуре 60–62°C в течение 30 мин. После этого продукт охлаждают до 25–30°C и сливают в чашку. Смола КФ-МТ применяется в качестве связующего материала в производстве древесно - стружечных плит.

## **Работа № 12. ИЗГОТОВЛЕНИЕ КЛЕЯ НА ОСНОВЕ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНОГО ОЛИГОМЕРА**

*Задание:*

- получить клей на основе карбамидоформальдегидного олигомера;
- склеить две деревянные пластинки с помощью полученного клея.

*Исходные вещества:* карбамид – 25 г; формалин 40%-ный – 50 г; едкий натр 40%-ный – 1,0 г; аммоний хлористый; крахмал.

*Оборудование:* трехгорлая колба емкостью 250 мл, снабженная обратным холодильником, мешалкой и термометром; водяная баня; весы; индикаторная бумага; воронка для засыпания мочевины; кисточка (стеклянная палочка); деревянные пластинки; пресс гидравлический с обогреваемыми плитами.

*Ход работы.* Указанное количество формалина и едкого натра помещают в колбу, включают механическую мешалку, загружают через воронку 25 г мочевины и начинают нагревать до 86–90°C. Эту температуру поддерживают в течение 2 ч. В процессе реакции рН рас-

твора снижается до 6–7. Полученный жидкий раствор охлаждают, взвешивают на технических весах и затем добавляют сухой хлористый аммоний из расчета 1% от массы клея и крахмал – 5% от массы клея.

Жизнеспособность клея 3–5 ч. Клей наносят кистью на поверхность деревянных пластинок, соединяют пластинки и помещают их между плитами лабораторного гидравлического пресса, нагретыми до температуры 100°C. Выдерживают пластины под давлением 1–5 кгс/см<sup>2</sup> в течение 20 мин.

### **Работа № 13. ПОЛУЧЕНИЕ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНОГО ОЛИГОМЕРА, МОДИФИЦИРОВАННОГО БУТИЛОВЫМ СПИРТОМ**

*Задание:*

- получить модифицированный бутиловым спиртом карбамидоформальдегидный олигомер;
- написать схемы реакций.

*Исходные вещества:* карбамид – 25 г; формалин 37%-ный – 160 г; едкий натр 10%-ный раствор; бутиловый спирт – 150 г.

*Оборудование:* трехгорлая колба емкостью 500 мл, снабженная обратным холодильником с ловушкой, мешалкой и термометром; масляная баня; чашка; воронка для фильтрования; электрическая плитка.

*Ход работы.* В трехгорлую колбу, снабженную ловушкой для улавливания и отделения воды и обратным холодильником (рис. 5), помещают карбонат и формалин.

После полного растворения карбамида в колбу приливают 10%-ный раствор NaOH до установления pH 7–8, затем вводят 150 г нормального бутилового спирта и осторожно нагревают смесь до кипения на масляной бане. Смесь начинает кипеть при 90°C, затем температуру постепенно повышают до 117–120°C. При этой температуре и постоянном кипении смесь выдерживают до конца реакции, которая продолжается около 7 ч.

Во время кипения из сферы реакции отгоняется вода. В ловушке происходит отделение воды от спирта, который стекает обратно в реакционную смесь, а воду по мере накопления ее в ловушке периодически сливают через кран, расположенный внизу ловушки. Прекращение отгонки воды из реакционной колбы служит контролем окончания реакции, после чего нагревание продолжается еще в течение 30–60 мин.

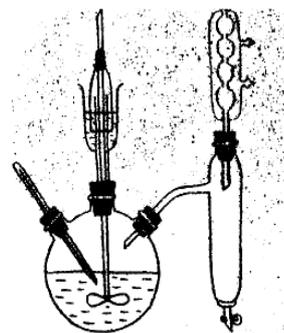


Рис. 5. Прибор для поликонденсации с ловушкой

Если в колбе выпал осадок или раствор стал мутным от образовавшегося метиленкарбамида, то необходимо профильтровать жидкость в горячем состоянии через складчатый фильтр.

Из профильтрованного раствора отгоняют основное количество бутилового спирта, затем концентрат переносят в фарфоровую чашку и отгоняют остаток бутилового спирта осторожным нагреванием на электрической плитке с закрытой спиралью в вытяжном шкафу при постоянном помешивании с соблюдением правил противопожарной безопасности.

После отгонки всего бутилового спирта температуру поднимают до  $130^{\circ}\text{C}$  и поддерживают ее такой до образования прозрачной смолообразной массы. Добавление фталевой кислоты в качестве катализатора приводит к переходу полимера в неплавкое и нерастворимое состояние при температуре  $120\text{--}140^{\circ}\text{C}$ .

## Работа № 14. ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИЭФИРНОЙ СМОЛЫ ИЗ АДИПИНОВОЙ КИСЛОТЫ И ЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ

*Задание:*

- получить полиэфир из адипиновой кислоты и этиленгликоля;
- построить график зависимости кислотного числа во времени;
- написать схему реакции.

*Исходные вещества:* адипиновая кислота – 29,2 г; этиленгликоль – 12,4 г.

*Оборудование:* трехгорлая колба с обратным холодильником; воздушная баня; ловушка Дина и Старка; термометр на  $250^{\circ}\text{C}$ ; жестяная форма для готовой смеси.

*Ход работы.* Отвешивают 29,2 г адипиновой кислоты и

12,4 г этиленгликоля и помещают в трехгорлую колбу, снабженную термометром, ловушкой Дина и Старка (для улавливания образующейся воды) и обратным холодильником (рис. 5).

Реакцию проводят на воздушной бане при температуре в реакционной массе 175–185°С.

Тотчас после образования расплава и через 1, 2, 3, 4 ч от этого момента отбирают пробы реакционной массы, определяют кислотные числа. Образовавшуюся вязкую жидкость выливают в горячем виде в жестяную форму, где она при остывании превращается в воскообразную массу.

### Определение кислотного числа

*Оборудование:* стакан вместимостью 50 мл или коническая колба на 250 мл с пришлифованными холодильниками (2); водяная баня; аналитические весы.

*Ход работы.* В стаканчики или конические колбы помещают навески полимера 0,5 г и растворяют их в нейтральном растворителе (ацетон, 10 мл). При медленном растворении полимера колбы соединяют с обратным холодильником и выдерживают в водяной бане при температуре кипения растворителя до растворения полимера. Затем раствор полимера титруют 0,5 н. раствором КОН в этиловом спирте в присутствии индикатора (фенолфталеина) до появления розовой окраски.

Кислотное число (в мг КОН/г) вычисляют по формуле

$$\text{К.ч} = K \cdot a \cdot T \cdot 1000/g,$$

где  $K$  – поправочный коэффициент к титру 0,5 н. раствора едкого кали;

$a$  – количество 0,5 н. раствора едкого кали, израсходованного на титрование, мл;

$T$  – количество едкого кали в граммах в 1 мл 0,5 н. раствора едкого кали для 0,5 н. КОН = 0,0281 г/мл;

$g$  – навеска полимера, г.

Молекулярная масса полученного полимера  $M$

$$M = 56 \cdot 1000/\text{К.ч.}$$

### Работа № 15. ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИЭФИРА НА ОСНОВЕ ФТАЛЕВОГО АНГИДРИДА

*Задание:*

- получить немодифицированный полиэфир на основе фталевого ангидрида.

*Исходные вещества:* фталевый ангидрид – 25,5 г; диэтиленгликоль – 14 г; глицерин – 10,4 г.

*Оборудование:* четырехгорлая колба емкостью 250 мл; шариковый холодильник с ловушкой Дина и Старка; мешалка, трубка для подачи инертного газа; термометр; водяная баня; аналитические весы; две колбы конические на 100 мл; форма для смолы.

*Ход работы.* В четырехгорлую колбу, снабженную мешалкой, холодильником с ловушкой Дина и Старка, термометром и трубкой для подачи инертного газа, помещают диэтиленгликоль и глицерин, включают мешалку и постепенно загружают фталевый ангидрид.

Затем включают подачу инертного газа, нагревают содержимое колбы до 200°C (со скоростью 30–35°C в течение часа) и выдерживают при этой температуре до получения полиэфира с кислотным числом 8–15 (пробу отбирают сразу после введения фталевого ангидрида и затем через каждый час). Готовую смолу выливают в форму.

## **Работа № 16. ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЬМАЛЕИНАТА**

*Задание:*

- получить полиэтиленгликольмалеинат;
- написать схему реакции.

*Исходные вещества:* малеиновый ангидрид – 23 г; диэтиленгликоль – 28,6 г.

*Оборудование:* четырехгорлая колба, снабженная обратным холодильником, мешалкой, трубкой для подачи инертного газа; термометр; воздушная баня; аналитические весы; колбы конические на 100 мл; форма для смолы.

*Ход работы.* В четырехгорлую колбу помещают диэтиленгликоль и ангидрид. Затем включают подачу инертного газа, нагревают содержимое колбы до 150–160°C на воздушной бане в течение 1,5–2 ч. В течение следующих 3–4 ч температуру поднимают до 180–

190°С со скоростью 10° в час.

При 180–190°С реакцию проводят до тех пор, пока значение кислотного числа не достигнет 32–34 мг КОН/г. Пробу на кислотное число отбирают через каждый час после достижения температуры 180°С. Готовую смолу выливают в форму.

### **Работа № 17. ПОЛУЧЕНИЕ НЕНАПОЛНЕННЫХ И НАПОЛНЕННЫХ КОМПАУНДОВ ХОЛОДНОГО И ГОРЯЧЕГО ОТВЕРЖДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ**

*Задание:*

- получить компаунды холодного и горячего отверждения;
- написать схемы реакций отверждения.

#### **Получение эпоксидных компаундов холодного отверждения**

##### **1. Ненаполненный компаунд**

*Исходные вещества:* смола ЭД-20 – 30 г, дибутилфталат – 0,5 г; полиэтиленполиамин – 3,0 г

*Оборудование:* весы; фарфоровый стакан; баня масляная; шпатель; форма жестяная; термометр.

*Ход работы.* Навеску смолы нагревают до температуры 100°С, вводят в нее дибутилфталат. Охлаждают массу до 25°С и вводят полиэтиленполиамин. Компаунд тщательно перемешивают и заливают в форму. Полученная композиция отверждается при комнатной температуре в течение 24 ч.

##### **2. Наполненный компаунд.**

*Исходные вещества:* смола ЭД-20 – 30 г; дибутилфталат – 0,3 г; полиэтиленполиамин – 3,0 г, тальк (или маршаллит) – 15 г.

*Оборудование:* весы; фарфоровый стакан; баня масляная; шпатель; форма жестяная, термометр.

*Ход работы.* Навеску смолы нагревают до 100°С, вводят дибутилфталат и наполнитель и тщательно перемешивают. После охлаждения смеси до 25°С вводят полиэтиленполиамин. Перемешивают компаунд и заливают в форму. Время отверждения композиции при комнатной температуре составляет 24 ч.

## Получение эпоксидных компаундов горячего отверждения

### 1. Ненаполненный компаунд

*Исходные вещества:* смола ЭД-20 – 30 г; фталевый ангидрид – 13 г; дибутилфталат – 3 г

*Оборудование:* весы; фарфоровый стакан; шпатель; баня масляная; термошкаф; форма; термометр.

*Ход работы.* В фарфоровом стакане взвешивают смолу, стакан помещают в масляную баню и нагревают смолу до 150°C. Вводят дибутилфталат, тщательно перемешивают, затем стакан извлекают из бани. При температуре порядка 145°C вводят в смолу отвердитель, массу перемешивают до однородности и заливают в форму. Режим отверждения: температура 120°C – 2 ч, температура 140°C – 1 ч

### 2. Наполненный компаунд.

*Исходные вещества:* смола ЭД-20 – 30 г; дибутилфталат – 3 г; маршаллит – 20 г; малеиновый ангидрид – 10 г.

*Оборудование:* весы; фарфоровый стакан; шпатель; баня масляная; термошкаф; форма; термометр.

*Ход работы.* В фарфоровом стакане взвешивают смолу, стакан помещают в масляную баню и нагревают смолу до 100°C. При этом вязкость смолы значительно снижается по сравнению с вязкостью исходного олигомера. Вводят при перемешивании дибутилфталат и наполнитель. Полученную массу охлаждают до 70–80°C, вводят ангидрид, массу перемешивают до однородности и заливают в форму. Режим отверждения: температура 120°C – 2 ч, температура 140°C – 1 ч.

## Работа № 18. ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА ПОЛИМЕРИЗАЦИЕЙ В БЛОКЕ

*Задание:*

- получить метилметакрилат блочным методом;
- написать реакции полимеризации метилметакрилата в присутствии перекиси бензоила.

*Исходные вещества:* метилметакрилат – 10 г; перекись бензоила 0,05 г; дихлорэтан – 10 мл.

*Оборудование:* ампулы – 4 шт.; стакан вместимостью 60 мл; шприц медицинский; штатив для пробирок; спиртовка; термостат.

*Ход работы.* Указанное количество перекиси бензоила раство-

ряют в метилметакрилате и вносят в ампулы из тугоплавкого стекла, заполняя не более чем на 3/4 объема. Узкий конец ампулы запаивают и помещают в термощкаф для полимеризации (при запаивании ампул необходимо соблюдать правила предосторожности, работать только в защитных очках, остерегаться выброса и воспламенения мономера).

Полимеризацию в термостате проводят при температуре 70–80°C в течение 3–5 ч. Затем ампулы осторожно извлекают и после охлаждения вскрывают.

*Для предохранения глаз и рук в случае возможного взрыва ампул, выемка из термостата (термощкафа) ампулы производится осторожно в защитных очках, в перчатках или руками, защищенными полотенцем.*

### **Работа № 19. ГРАНУЛЬНАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА**

*Задание:*

- получить полиметилметакрилат в виде гранул;
- определить выход полимера (в % от массы мономера);
- написать реакцию полимеризации метилметакрилата.

*Исходные вещества:* метилметакрилат – 10 г; перекись бензоила – 0,1 г; вода дистиллированная – 60 г; поливиниловый спирт – 0,34 г.

*Оборудование:* пробирка с боковым отводом; механическая мешалка; термометр; холодильник; водяная баня; весы; фарфоровая ступка.

*Ход работы.* В широкой пробирке диаметром 45 мм и высотой 190 мм, имеющей боковой отвод и снабженной мешалкой с герметичным затвором, обратным холодильником, растворяют при нагревании до 60°C поливиниловый спирт в дистиллированной воде. Затем отдельно в указанном количестве метилметакрилата растворяют перекись бензоила. После полного растворения инициатора в мономере последний заливают в пробирку в охлажденный до комнатной температуры водный раствор поливинилового спирта, включают мешалку, пускают воду в холодильник и пробирку нагревают на водяной бане до 75°C.

Скорость мешалки регулируют с таким расчетом, чтобы метилметакрилат разбивался на отдельные шарики (гранулы) наибольшей вели-

чины, не соединяясь в общую массу. Установленную постоянную скорость мешалки необходимо поддерживать в течение всего процесса полимеризации, не допуская перерыва в работе и остановки мешалки во избежание слипания гранул и образования бесформенного комка полимера. Температуру нагревания рекомендуется поддерживать точно 80°C, не допуская перегрева. Процесс полимеризации обычно заканчивается через 3–4 ч после установления указанной температуры. Контролем окончания реакции может служить опускание шариков полиметилметакрилата на дно пробирки.

Готовый продукт извлекают из реакционного сосуда, промывают теплой водой, высушивают и взвешивают.

*Примечание.* Поливиниловый спирт и перекись бензоила необходимо перед растворением растереть в фарфоровой ступке в порошок.

## **Работа № 20. ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ СТИРОЛА В РАСТВОРИТЕЛЯХ**

*Задание:*

- получить полистирол полимеризацией в бензоле и четыреххлористом углероде;
- определить выход полимера (в % от массы стирола);
- написать реакции полимеризации стирола.

*Исходные вещества:* стирол свежеперегнанный – 20 г; перекись бензоила – 0,4 г; бензол – 10 г; четыреххлористый углерод – 10 г; петролейный эфир.

*Оборудование:* две круглодонные колбы емкостью 250 мл; шариковые холодильники – 2 шт.; водяная баня; термометр; две фарфоровые чашки; сушильный шкаф.

*Ход работы.* Навески стирола по 10 г помещают в две колбы, добавляя в них по 0,2 г перекиси бензоила и растворителя: в первую – 10 г бензола; во вторую – 10 г четыреххлористого углерода. Колбы соединяют с обратным холодильником и нагревают на водяной бане при 90–95°C в течение 4 ч. Затем помещают содержимое колб во взвешенные фарфоровые чашки и добавляют петролейный эфир (или гидролизный спирт).

Полимер, выпавший в осадок, отделяют от жидкости, помещают в сушильный шкаф, нагретый до 80°C, и высушивают до постоянной массы.

## **Работа № 21. ПОЛУЧЕНИЕ СОПОЛИМЕРА МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА СО СТИРОЛОМ**

## ПОЛИМЕРИЗАЦИЕЙ С ПЕРСУЛЬФАТОМ АММОНИЯ

*Задание:*

- получить сополимер метилметакрилата со стиролом;
- определить выход сополимера по отношению к суммарной массе взятых мономеров;
- написать схему реакции.

*Исходные вещества:* метилметакрилат – 15 г; стирол – 15 г; персульфат аммония – 0,5 г; вода дистиллированная – 100 г; соляная кислота.

*Оборудование:* трехгорлая колба с механической мешалкой, обратным холодильником, термометром (рис. 1); водяная баня; воронка Бюхнера; насос Комовского.

*Ход работы.* Персульфат аммония растворяют в воде и помещают в трехгорлую колбу емкостью 0,5 л, снабженную мешалкой с герметичным затвором, обратным холодильником и термометром. Туда же вносят указанные количества метилметакрилата и стирола, пускают в ход мешалку, воду в холодильник и нагревают смесь на водяной бане при температуре 80°C. Через некоторое время содержимое колбы эмульгируется, приобретая молочно-белый цвет.

Нагревание при указанной температуре продолжают в течение 4–5 ч, после чего в колбу добавляют 10–16 мл концентрированной соляной кислоты и продолжают перемешивание при нагревании до полной коагуляции сополимера. Полученный порошкообразный продукт частями фильтруют на воронке Бюхнера, промывают несколько раз водой до нейтральной реакции промывных вод, высушивают при температуре 40–50°C и взвешивают.

### Работа № 22. ПОЛУЧЕНИЕ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА (СТИРОПОРА)

*Задание:*

- определить изменение насыпной массы вспененного полистирола в зависимости от времени вспенивания;
- получить стиропор с объемной массой 50 кг/м<sup>3</sup>;
- получить стиропор с объемной массой 25 кг/м<sup>3</sup>.

*Исходное вещество:* полистирол суспензионный.

*Оборудование:* весы; форма; ковш; баня водяная; плитка электрическая; цилиндр мерный; бумага фильтровальная.

*Ход работы.* Пенополистирол (стиропор), получаемый беспрессовым методом, представляет собой продукт полимеризации стирола суспензионным методом в водной среде в присутствии инициатора (пероксида бензоила или динитрила азодиизомасляной кислоты) и легколетучего вещества, служащего пенообразователем (изопентана или изопентановой фракции). Берут пять навесок по 4 г суспензионного (пенистого) полистирола, в который во время реакции полимеризации введен газообразователь – изопентан. Навески погружают в ковше в баню с горячей водой и выдерживают при температуре 97–98°C в течение: первую навеску – 4 мин, последующие – на 4 мин больше, последнюю – 20 мин.

1. Вспененные гранулы переносят на фильтровальную бумагу и сушат на воздухе. Подсушенные гранулы помещают в предварительно взвешенный мерный цилиндр, уплотняют путем встряхивания и, замерив объем гранул, взвешивают.

Насыпную массу вспененного полистирола  $G_n$ , г/см<sup>3</sup>, определяют по формуле

$$G_n = (G_1 - G_2) / V,$$

где  $G_1$  – масса цилиндра с гранулами, г;

$G_2$  – масса цилиндра, г;

$V$  – объем вспененных гранул, см<sup>3</sup>.

По результатам опыта строят графическую зависимость насыпной массы полистирола от времени вспенивания.

2. Навеску суспензионного полистирола для загрузки в форму с целью получения бруска с определенной объемной массой рассчитывают по формуле

$$G = V \cdot \gamma_{об},$$

где  $V$  – объем формы (образца), м<sup>3</sup>;

$\gamma_{об}$  – требуемая объемная масса стиропора, кг/м<sup>3</sup>.

Навеску помещают в форму, которую плотно закрывают и опускают в баню с кипящей водой. Форму с полимером выдерживают в бане в течение 15–20 мин, после чего извлекают из воды, охлаждают на воздухе до комнатной температуры и вынимают брусок.

Для получения стиропора с объемной массой менее  $30 \text{ кг/м}^3$  осуществляют двухстадийное вспенивание навески полистирола, т. е. первичное вспенивание осуществляют в ковше с кипящей водой в течение 10 мин, затем подвспененные гранулы полистирола извлекают из воды и высушивают на воздухе в течение 24 ч. После выдержки осуществляют вторичное вспенивание гранул в форме, помещенной в кипящую воду. Время вспенивания – 20–25 мин. После вспенивания форму извлекают из воды, охлаждают на воздухе до  $20\text{--}25^\circ\text{C}$  и извлекают брусок.

### **Работа № 23. ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИВИНИЛАЦЕТАТНОЙ ЭМУЛЬСИИ**

*Задание:*

- получить поливинилацетатную эмульсию;
- написать схему реакции.

*Исходные вещества:* винилацетат – 50 г (53,4 мл); поливиниловый спирт – 3,3 г; уксусная кислота – 0,63 г (0,6 мл); перекись водорода – 0,8 г (0,54) мл; сернокислое железо – 0,0058 г (2–3 капли насыщенного раствора); вода дистиллированная – 50,5 мл; аммиачная вода (25%-ный раствор).

*Оборудование:* четырехгорлая колба, снабженная мешалкой, обратным холодильником, капельной воронкой и термометром (рис. 4); водяная баня; фарфоровая ступка.

*Ход работы.* В четырехгорлой колбе, снабженной мешалкой с герметичным затвором, обратным холодильником, капельной воронкой и термометром, растворяют в дистиллированной воде при нагревании до  $60^\circ\text{C}$  и перемешивании предварительно растертый в порошок поливиниловый спирт. После полного растворения поливинилового спирта в колбу вводят сначала уксусную кислоту, затем добавляют 2–3 капли насыщенного водного раствора сернокислого железа, смесь хорошо перемешивают и при работающей мешалке добавляют указанное количество перекиси водорода.

После введения перекиси водорода из капельной воронки при быстро работающей мешалке добавляют винилацетат. Температуру во время полимеризации поддерживают  $58\text{--}60^\circ\text{C}$ . Реакция продолжается 4–5 ч.

По окончании процесса полимеризации содержимое колбы охлаждают до  $30^\circ\text{C}$ , после чего полученный продукт нейтрализуют

аммиачной водой. Аммиачная вода вводится до тех пор, пока рН смеси не станет равным 4,0–5,5. Нейтрализацию ведут при тщательном перемешивании. По внешнему виду полученный продукт представляет собой сметанообразную массу белого цвета.

*Примечание.* Винацетат представляет собой легко воспламеняющуюся жидкость с температурой вспышки (в открытом сосуде) – 5°C. Поэтому при работе с ним следует соблюдать необходимые меры противопожарной безопасности. Все работы с винацетатом проводят вдали от источников открытого огня.

## **Работа № 24. ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА ЩЕЛОЧНЫМ МЕТОДОМ**

*Задание:*

- приготовить поливинилацетат;
- получить поливиниловый спирт;
- определить содержание ацетатных групп в полученном полимере;
- написать реакции, проходящие в процессе омыления поливинилацетата.

### **Приготовление поливинилацетата**

*Исходные вещества:* винацетат – 34 мл; перекись бензоила – 0,03 г.

*Оборудование:* круглодонная колба с обратным холодильником; водяная баня; термометр.

*Ход работы.* В 34 мл очищенного перегонкой винацетата растворяют 0,03 г (0,1% от массы винацетата) перекиси бензоила и раствор нагревают в круглодонной колбе с обратным холодильником на водяной бане при 70–75°C до получения неперетекающей массы. Полимер используют для получения поливинилового спирта.

### **Приготовление поливинилового спирта**

*Исходные вещества:* поливинилацетат; едкое кали – 22,5 г; этиловый спирт.

*Оборудование:* трехгорлая колба с мешалкой, капельной воронкой и термометром; стакан емкостью 0,5 л – 2 шт.; воронка для фильтрования; воронка Бюхнера; насос Комовского; индикаторная бумага; фильтровальная бумага.

*Ход работы.* 22,5 г КОН растворяют в 250 мл спирта и фильтруют. Приготовленный поливинилацетат растворяют в 150 мл спирта и раствор вливают в капельную воронку. Спиртовой раствор щелочи помещают в трехгорлую колбу емкостью 0,5 л, снабженную мешалкой, и при перемешивании из капельной воронки добавляют по каплям спиртовой раствор поливинилацетата. Реакция омыления при комнатной температуре идет 1,5–2 ч. Осевший на дно колбы поливиниловый спирт извлекают, промывают спиртом до нейтральной реакции промывного спирта и сушат при комнатной температуре.

### Определение содержания ацетатных групп

*Исходные вещества:* поливиниловый спирт – 2–2,5 г; вода дистиллированная – 30 мл; едкий натр (0,5 н. раствор); соляная кислота (0,5 н. раствор); фенолфталеин.

*Оборудование:* колба коническая с обратным холодильником; баня водяная; весы; бюретка для титрования.

*Ход работы.* В коническую колбу емкостью 200–250 мл помещают точную навеску вещества 2–2,5 г и растворяют ее в небольшом количестве дистиллированной воды (30 мл) при нагревании и титруют 0,5 н. едким натром в присутствии фенолфталеина (нейтрализация пробы).

Затем к нейтральной пробе добавляют 15–20 мл 0,5 н. едкого натра и нагревают колбу с обратным холодильником около 2 ч при кипении. По охлаждении избыток щелочи оттитровывают 0,5 н. соляной кислотой, добавив несколько капель фенолфталеина. Одновременно проводят контрольный опыт без навески. Содержание ацетатных групп в процентах ( $X$ ) вычисляют по формуле

$$X = \frac{(a-b) \cdot k \cdot 0,0295 \cdot 100}{q},$$

где  $a$  – количество 0,5 н. HCl, израсходованное на титрование контрольной пробы, мл;

$b$  – количество 0,5 н. HCl, израсходованное на титрование пробы с навеской, мл;

$k$  – поправка на нормальность 0,5 н. раствора HCl;

0,0295 – количество CH<sub>3</sub>COO, соответствующее 1 мл 0,5 н. раствора едкого натра, г;

$q$  – навеска вещества, г.

## Работа № 25. ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИВИНИЛБУТИРАЛЯ

*Задание:*

- получить поливинилбутираль (бутвар);
- определить выход поливинилбутираля (в % от исходного поливинилового спирта);
- написать реакцию ацетилирования поливинилового спирта масляным альдегидом.

*Исходные вещества:* поливиниловый спирт – 7,3 г; масляный альдегид – 17,5 г; серная кислота ( $1,84 \text{ г/см}^3$ ) – 0,15 г; дистиллированная вода.

*Оборудование:* четырехгорлая колба, снабженная механической мешалкой, холодильником, термометром и капельной воронкой; водяная баня; фарфоровая чашка; сушильный шкаф.

*Ход работы.* В колбе (рис. 4) получают 10%-ный водный раствор поливинилового спирта, включают механическую мешалку и нагревают содержимое колбы до  $60^\circ\text{C}$ . Затем добавляют серную кислоту и медленно (по каплям) из капельной воронки вводят масляный альдегид. При  $60^\circ\text{C}$  реакционную массу выдерживают до окончания реакции, что определяется по выпадению на дно колбы полимера в виде белой вязкой массы. Воду сливают, а полимер промывают теплой водой ( $50^\circ\text{C}$ ) до исчезновения в промывной воде ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  (реакция на  $\text{BaCl}_2$ ). Затем полимер переносят в фарфоровую чашку и высушивают в вакуум-сушильном шкафу до постоянной массы при  $40^\circ\text{C}$ .

## Работа № 26. ПОЛУЧЕНИЕ КЛЕЯ БФ

*Задание:*

- изготовить клей БФ;
- склеить две деревянные пластинки с помощью полученного клея.

*Исходные вещества:* фенолоформальдегидный резольный лак (50%-ный раствор в этиловом спирте или ацетоне) – 8 г; поливинилбутираль лак (10%-ный спиртовой или ацетоновый раствор) – 6 г.

*Оборудование:* стаканчики емкостью 100 мл – 2 шт.; водяная баня; две деревянные или металлические пластинки; кисть (или

стеклянная палочка) для клея; термометр; пресс лабораторный с обогреваемыми плитами; весы.

*Ход работы.* Для приготовления 50%-ного раствора фенолформальдегидного резольного лака берется 4 г резольной смолы и 5 мл спирта (или ацетона). Взвешенная резольная смола помещается в стаканчик, сюда же добавляется 5 мл растворителя. Смола растворяется при перемешивании стеклянной палочкой (можно слегка подогреть на водяной бане).

Для приготовления 10%-ного раствора поливинилбутирала берется 0,6 г вещества, которое помещают в стаканчик, добавляют 6,8 мл спирта или ацетона. Поливинилбутираль растворяется при помешивании стеклянной палочкой.

Стаканчик с растворенным поливинилбутиралем помещают в водяную баню с температурой воды 25–30°C, в него добавляют раствор резольной смолы. Содержимое стаканчика перемешивается в течение 15–20 мин до получения однородного в проходящем свете раствора.

Полученным клеем смазывают деревянные пластинки. На одну из склеиваемых пластинок наносят слой клея кистью, накрывают ее другой пластинкой и отверждают клей в прессе при 145–169°C в течение 20 мин.

## **ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ**

### ***Общие правила работы в химической лаборатории***

1. К работе в лаборатории допускаются только лица, прошедшие инструктаж и знающие правила техники безопасности.
2. Химическая лаборатория должна быть обеспечена вентиляционным устройством (вытяжные шкафы).
3. В лаборатории обязательно должны находиться: огнетушитель, асбестовое одеяло, ящик с сухим песком и совком. Каждый работающий в лаборатории должен знать местонахождение средств пожаротушения и номер телефона, по которому следует сообщить о пожаре в случае его возникновения. Курение в химических лабораториях запрещено!
4. В каждой лаборатории должен иметься специальный шкаф – аптечка.
5. По окончании работы в лаборатории необходимо выключить подачу воды, сжатого воздуха, а также применяющиеся электроприборы.

### ***Правила работы со стеклянной химической посудой***

1. Во избежание травмирования рук при резании стеклянных трубок, сборке и разборке стеклянных приборов следует соблюдать меры предосторожности;
  - а) при резании стеклянных трубок нужно предварительно нарезать их напильником и переломить в месте надреза, защитив руки полотенцем;
  - б) вставляя стеклянную трубку в резиновую пробку или надевая резиновую трубку на стеклянную посуду, необходимо защитить руки полотенцем во избежание ранения от поломки стекла, концы трубки рекомендуется смочить водой, глицерином.
2. Перенося сосуд с горячей жидкостью, следует пользоваться полотенцем и держать сосуд обеими руками.
3. Работа на установке из стекла в условиях, когда имеется вероятность аварии и разрыва сосуда (давление, вакуум, перегрев и т. д.), должна проводиться в вытяжном шкафу при закрытых дверцах. При вакуумном фильтровании горячих жидкостей колбу следует обернуть полотенцем.

### ***Правила работы с кислотами и щелочами***

1. Кислоты и щелочи, попадая на кожу, вызывают ожоги. Особую опасность представляет поражение глаз, поэтому при работе с кислотами и щелочами необходимо пользоваться защитными очками и резиновыми перчатками.

2. Для приготовления растворов кислоты ее следует приливать в воду при непрерывном перемешивании. Запрещается приливать воду в кислоту.

3. Растворять щелочи следует медленно, прибавляя к воде небольшие кусочки при непрерывном перемешивании. Куски щелочи брать шпателем или ложкой.

4. Отработанные кислоты и щелочи следует собирать отдельно в специальные емкости. В раковину не сливать!

5. Пролитые кислоты и щелочи необходимо засыпать песком, нейтрализовать и лишь после этого проводить уборку.

6. Растворы кислоты и щелочей воспрещается набирать в пипетки ртом – для этого служит резиновая груша.

7. Хромовая смесь (хромпик) вызывает сильные ожоги, поэтому при мытье посуды необходимо остерегаться попадания смеси на кожу, одежду и обувь.

### ***Правила работы с огне- и взрывоопасными веществами***

1. Все работы с легковоспламеняющимися и горючими веществами должны проводиться в вытяжном шкафу при работающей вентиляции.

2. Перегонять и нагревать огнеопасные вещества (ацетон, стирол, эфиры, спирты и т. п.) следует в круглодонных колбах на банях, заполненных водой или маслом. Запрещается нагревание сосудов с находящимися в них огнеопасными жидкостями непосредственно на открытом огне.

3. Запрещается выливать горючие жидкости в канализацию. Отработанные горючие жидкости следует собирать в специальные закрытые емкости, находящиеся в вытяжном шкафу.

4. Если случайно пролита огнеопасная жидкость, необходимо немедленно выключить все газовые горелки, нагревательные приборы и рубильник электросети, пролитую жидкость засыпать песком и убрать.

5. В лаборатории часто приходится работать с перекисями. Перекиси являются неустойчивыми веществами, многие из них способны разлагаться со взрывом. Взрыв перекисей может быть вызван сотрясением, трением, нагреванием. При работе с перекисями необходимо строго выполнять определенные правила и применять средства защиты (щиток на лицо, толстые резиновые перчатки, защитный экран из оргстекла).

6. Пары многих веществ оказывают вредное действие на человеческий организм. Из них следует особо отметить пары брома, ртути, а также метилового спирта, бензола, дихлорэтана и других ароматических углеводородов.

Особенно опасны пары ртути. Пролитую ртуть (даже в минимальных количествах) необходимо сразу же убрать при помощи стеклянной ловушки с резиновой грушей. Место, где была пролита ртуть, обрабатывают 3%-ным раствором перманганата калия или 20%-ным водным раствором хлористого железа.

#### ***Правила работы со сжатыми газами и электроприборами***

Баллоны со сжатыми, сжиженными и растворенными газами широко используются в химических лабораториях. Их следует устанавливать в вертикальном положении в стойке и прочно прикреплять к рабочему столу с помощью хомутов. При этом штуцер и редуктор направляют в сторону, где нет людей. Баллоны устанавливаются вдали от источника тепла и в местах, закрытых от попадания прямых солнечных лучей. Кислородные баллоны устанавливают в местах, исключающих попадание на них масла, жира и промасленных тряпок. Газ из баллона расходуется только через редуктор. Открывать и закрывать вентили баллонов нужно плавно и медленно. Сначала открывается вентиль, а затем редукторный клапан. При закрывании порядок обратный.

При работе с электрооборудованием и электроприборами возможны случаи поражения людей электрическим током и возникновения пожара или взрыва, причинами которых могут быть работы при неисправном электрооборудовании. Во избежание этого необходимо соблюдать следующие правила:

- 1) работа в лаборатории должна проводиться только при исправном электрооборудовании;
- 2) запрещается переносить включенные приборы;

3) в случае перерыва в подаче тока все электроприборы должны быть выключены;

4) в помещениях, где проводятся работы с горючими веществами, допускается применение электронагревательных приборов с закрытым обогревом.

### ***Первая помощь пострадавшим***

При несчастных случаях в химических лабораториях необходимо принять следующие меры

1. При отравлении пострадавшего нужно быстро вывести из загазованной атмосферы на свежий воздух. При потере сознания сделать искусственное дыхание.

2. При термических ожогах обожженное место смочить этиловым спиртом или раствором марганцовокислого калия или наложить повязку с мазью от ожогов.

3. При химических ожогах нужно удалить с кожи химическое вещество, а затем пораженный участок тела обработать этиловым спиртом.

4. При ожогах кислотами или щелочами нужно быстро промыть обожженное место сильной струей воды, а затем обработать его нейтрализующими средствами. При ожогах глаз следует промыть их большим количеством воды.

5. При поражении электрическим током, если пострадавший остался под ним, следует выключить ток. Если нет возможности отключить ток, то оказывающий помощь должен изолировать свои руки и отделить пострадавшего от токоведущих частей. Нельзя прикасаться к человеку, находящемуся под током, голыми руками. Если пораженный электротоком потерял сознание, ему следует сделать искусственное дыхание.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Технология пластических масс / Под ред. В. В. Коршака. – М.: Химия, 1986.
2. Николаев А. Ф. Технология пластических масс. – Л.: Химия, 1977.
3. Синтетические высокомолекулярные соединения. – Мн.: 1990.
4. Киреев В. В. Высокомолекулярные соединения. – М.: Высшая школа, 1992.
5. Брацыхин Е. А., Шульгина Э. С. Технология пластических масс. – Л.: Химия, 1982.
6. Щеголев В. П. Высокомолекулярные соединения, применяемые в деревообрабатывающей промышленности. – Л.: ЛТА, 1974.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b>	3
<b>ПЛАНЫ КОЛЛОКВИУМОВ</b>	4
Коллоквиум № 1. Фенолоальдегидные олигомеры и материалы на их основе .....	4
Коллоквиум № 2. Аминоальдегидные олигомеры и материалы на их основе.....	4
Коллоквиум № 3. Сложные полиэфиры. Эпоксидные олигомеры ..	5
Коллоквиум № 4. Полистирол. Акриловые полимеры .....	5
Коллоквиум № 5. Поливинилацетат. Поливиниловый спирт и его производные .....	5
<b>ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ</b>	
Работа № 1. Получение новолачного фенолоформальдегидного олигомера .....	6
Работа № 2. Получение резольного фенолоформальдегидного олигомера .....	9
Работа № 3. Получение крезолоформальдегидного олигомера .....	10
Работа № 4. Получение фенолоформальдегидного олигомера, модифицированного канифолью .....	11
Работа № 5. Получение фенолоформальдегидной смолы СБС-1 ...	13
Работа № 6. Получение текстолита .....	14
Работа № 7. Получение гетинакса .....	15
Работа № 8. Получение карбаминоформальдегидного олигомера ..	16
Работа № 9. Получение меламиноформальдегидного олигомера...	17
Работа № 10. Получение карбамидомеламиноформальдегидного олигомера .....	17
Работа № 11. Получение карбаминоформальдегидного олигомера КФ–МТ .....	18
Работа № 12. Изготовление клея на основе карбаминоформальдегидного олигомера .....	19
Работа № 13. Получение карбаминоформальдегидного олигомера, модифицированного бутиловым спиртом .....	20
Работа № 14. Получение полиэфирной смолы из адипиновой кислоты и этиленгликоля .....	21
Работа № 15. Получение полиэфира на основе фталевого ангидрида .....	22
Работа № 16. Получение полиэтиленгликольмалеината .....	23

Работа № 17. Получение ненаполненных и наполненных компаундов холодного и горячего отверждения на основе эпоксидных олигомеров .....	24
Работа № 18. Получение полиметилметакрилата полимеризацией в блоке .....	25
Работа № 19. Гранульная полимеризация метилметакрилата .....	26
Работа № 20. Полимеризация стирола в растворителях .....	27
Работа № 21. Получение сополимера метилметакрилата со стиролом полимеризацией с персульфатом аммония .....	27
Работа № 22. Получение пенополистирола (стиропора) .....	28
Работа № 23. Получение поливинилацетатной эмульсии .....	30
Работа № 24. Получение поливинилового спирта щелочным методом .....	31
Работа № 25. Получение поливинилбутираля .....	32
Работа № 26. Получение клея БФ .....	33
<b>ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ .....</b>	<b>35</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>39</b>

Учебное издание

**ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ  
В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ И ПЛАСТИКОВ**

Лабораторный практикум

Составители: **Полуянович** Владимир Яковлевич  
**Касперович** Ольга Михайловна

Редактор Е. И. Гоман

Подписано в печать 17.03. 2006. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 2,4. Уч.-изд. л. 2,5.  
Тираж 50 экз. Заказ

Учреждение образования  
«Белорусский государственный технологический университет».  
220050. Минск, Свердлова, 13а.  
ЛИ № 02330/0133255 от 30.04.2004.

Отпечатано в лаборатории полиграфии учреждения образования  
«Белорусский государственный технологический университет».  
220050. Минск, Свердлова, 13.  
ЛП № 02330/0056739 от 22.01.2004.