

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра промышленной экологии**

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

**Программа, методические указания и контрольные работы  
для студентов заочной формы обучения специальности  
1-54 01 03 «Физико-химические методы и приборы контроля  
качества продукции» специализации 1-54 01 03 01 «Сертификация  
промышленных производств»**

Минск 2011

УДК 66.0(073)  
ББК 35я73  
Т38

Рассмотрены и рекомендованы к изданию редакционно-издательским советом университета

Составитель  
кандидат технических наук, доцент *О. С. Залыгина*

Рецензент  
кандидат технических наук, доцент кафедры физико-химических методов сертификации продукции БГТУ *Н. И. Заяц*

По тематическому плану изданий учебно-методической литературы университета на 2011 год. Поз. 123.

Для студентов специальности 1-54 01 03 «Физико-химические методы и приборы контроля качества продукции» специализации 1-54 01 03 01 «Сертификация промышленных производств» заочной формы обучения.

© УО «Белорусский государственный технологический университет», 2011

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Технология промышленных производств», изучаемая студентами специальности «Физико-химические методы и приборы контроля качества продукции» специализации «Сертификация промышленных производств», относится к группе дисциплин специализации. Ее изучение связано с необходимостью формирования у студентов понимания взаимосвязи между особенностями технологического процесса получения продукции и ее качеством. Изучение технологии производства промышленных товаров позволит студентам понять причины возникновения недоброкачественной продукции, а также определить пути их устранения.

Цель дисциплины – ознакомление студентов с технологиями основных промышленных производств, формирование у них системного подхода к составлению технологических схем и материальных балансов, изучение методов и выработка навыков оценки состояния производства с учетом требований к качеству выпускаемой продукции.

Задачами преподавания дисциплины «Технология промышленных производств» являются изучение основных закономерностей химической технологии и типовых процессов производства промышленных продуктов, современных технологических схем производства различных видов продукции, методов подготовки и обогащения сырья, освоение расчетов материальных и тепловых балансов, оценки технического уровня производства для понимания зависимости качества продукции от особенностей технологического процесса.

Наполнение данной дисциплины осуществлялось с учетом знаний, которые были получены студентами при изучении различных разделов химии (неорганической химии, теоретических основ химии, аналитической химии и др.) и общеинженерных предметов (физики, процессов и аппаратов химической технологии и др.), а также профильных дисциплин («Техническое нормирование и стандартизация», «Основы энергосбережения», «Экономика и управление на предприятиях сертификации и стандартизации», «Научно-техническая экспертиза и нормоконтроль»).

В результате изучения дисциплины «Технология промышленных производств» студент должен:

- *иметь представление:*

- о состоянии и уровне развития промышленного производства в мире и в Республике Беларусь;

- о проблемах и тенденциях развития техники и технологии в сфере производства промышленной продукции;
- о качественных и количественных критериях оценки эффективности производства;
- об основных технологических процессах, реализуемых в промышленности в настоящее время, и используемом оборудовании;
- об основных факторах, влияющих на качество выпускаемой продукции с учетом особенностей ее производства;
- *знать:*
  - основные физико-химические свойства, направления использования и способы получения промышленных продуктов;
  - основные технологические требования, предъявляемые к сырью (с целью получения высококачественной продукции), и расходные коэффициенты;
  - принцип работы промышленных реакторов для осуществления гомогенных и гетерогенных процессов, используемых в настоящее время в производстве;
  - наилучшие из достигнутых технологий основных производств;
- *уметь:*
  - анализировать работу технических устройств, используемых в технологических процессах;
  - проводить расчет материального и теплового баланса, основных показателей – критериев оценки эффективности производства;
- *владеть:*
  - навыками определения влияния состава и свойств исходных сырьевых ресурсов, параметров технологического процесса и используемого оборудования на качество получаемой продукции;
  - навыками оценки уровня состояния производства с учетом технологических, экономических, социальных, экологических и других показателей.

# 1. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ»

## Введение

Технология как наука. Современное состояние промышленности в Республике Беларусь. Основные направления развития технологии и техники. Основные понятия и определения. Качественные и количественные критерии оценки эффективности производства.

## Раздел 1. Общие положения

**Основные закономерности химико-технологических процессов.** Понятие о химико-технологическом процессе. Классификация химико-технологических процессов. Функциональная, структурная, операторная технологические схемы. Типы технологических связей.

Равновесие химических реакций. Принципы смещения равновесия под воздействием внешних факторов.

Скорость химических реакций. Влияние температуры, концентрации реагирующих веществ и давления на скорость гомогенных и гетерогенных химических реакций. Катализ в химической промышленности. Значение катализа. Гомогенный и гетерогенный катализ. Типы катализаторов. Методы приготовления катализаторов. Выбор оптимальных параметров для проведения химико-технологических процессов.

**Промышленные реакторы для осуществления гомогенных и гетерогенных процессов.** Основные требования к промышленным реакторам. Модели идеальных реакторов: реактор идеального вытеснения и реактор идеального смешения. Реакторы периодического и непрерывного действия. Температурный режим реакторов. Адиабатические, изотермические и политермические реакторы. Устойчивость работы реакторов. Отклонения реальных реакторов от идеализированных. Основные принципы выбора реактора.

**Сырье в химической промышленности.** Характеристика и запасы сырья. Рациональное и комплексное использование сырьевых ресурсов и энергии. Методы обогащения сырья. Вода в промышленности, виды и качество воды. Промышленная водоподготовка. Методы очистки вод: отстаивание, коагуляция и флокуляция, фильтрование, умягчение, ионный обмен, нейтрализация, обеззараживание.

## Раздел 2. Технология основных химических производств

***Состояние химической промышленности в Республике Беларусь.*** Основные химические предприятия в Республике Беларусь, их сырьевая база и ассортимент выпускаемой продукции.

***Технология производства серной кислоты.*** Свойства серной кислоты и области ее применения. Сырье для получения серной кислоты. Физико-химические основы обжига серосодержащего сырья. Обжиговые печи.

Физико-химические основы окисления сернистого ангидрида. Виды катализаторов. Оптимальный режим. Технологическая схема производства серной кислоты контактным способом. Устройство основного оборудования. Качество серной кислоты и олеума. Техничко-экономические показатели производства.

***Технология связанного азота. Конверсия природного газа и оксида углерода. Синтез аммиака.*** Виды соединений азота и их роль в народном хозяйстве. Сырье азотной промышленности. Методы фиксации атмосферного азота. Способы получения водорода и азотоводородной смеси для синтеза аммиака.

Физико-химические основы конверсии природного газа и оксида углерода. Равновесие и кинетика процессов. Виды катализаторов. Технологические схемы конверсии природного газа. Устройство основного оборудования. Методы очистки синтез-газа от каталитических ядов. Оптимальный режим процессов.

Свойства аммиака и области его применения. Синтез аммиака. Физико-химические основы процесса. Виды катализаторов. Оптимальный режим. Технологическая схема производства аммиака. Устройство основного оборудования. Техничко-экономические показатели производства.

***Производство азотной кислоты.*** Физико-химические основы процессов. Оптимальный режим. Технологические схемы получения азотной кислоты. Устройство основного оборудования. Техничко-экономические показатели производства.

***Общая характеристика производства минеральных удобрений.*** Значение минеральных удобрений для сельского хозяйства и промышленности. Классификация удобрений и солей, их основные физико-химические свойства и области применения. Состояние и перспективы производства минеральных удобрений.

***Производство азотных удобрений.*** Виды азотных удобрений и их свойства. Производство аммиачной селитры. Теоретические осно-

вы процесса. Технологическая схема. Устройство основного оборудования. Техничко-экономические показатели производства.

Производство карбамида. Теоретические основы процесса. Технологическая схема. Техничко-экономические показатели производства.

**Производство экстракционной фосфорной кислоты.** Фосфатное сырье и методы его переработки. Способы производства и применение фосфорной кислоты. Физико-химические основы и технологическая схема производства экстракционной фосфорной кислоты, устройство основного оборудования. Техничко-экономические показатели производства. Экологические проблемы при производстве фосфорной кислоты.

**Производство фосфорных и комплексных удобрений.** Свойства и применение простого суперфосфата. Производство простого суперфосфата. Физико-химические основы и технологическая схема производства, устройство основного оборудования. Техничко-экономические показатели производства.

Свойства и применение двойного и обогащенного суперфосфата. Производство двойного и обогащенного суперфосфата. Физико-химические основы и технологическая схема производства, устройство основного оборудования. Техничко-экономические показатели производства.

Производство аммофоса. Физико-химические основы и технологическая схема производства, устройство основного оборудования. Техничко-экономические показатели производства.

**Производство калийных удобрений.** Сырье калийной промышленности и методы его переработки. Производство хлористого калия из сильвинита галургическим и флотационным методами. Устройство основного оборудования. Техничко-экономические показатели производства. Экологические проблемы при производстве калийных удобрений.

### **Раздел 3. Технология производства силикатных стройматериалов**

**Современное состояние промышленности стройматериалов в Республике Беларусь.** Основные предприятия промышленности стройматериалов в Республике Беларусь. Общие тенденции развития промышленности стройматериалов. Сырьевая база.

**Технология производства стекла.** Классификация промышленных стекол. Сырьевые материалы для производства стекла и требования к ним. Приготовление шихты для варки стекла.

Стекловарение. Физико-химические основы варки стекла. Печи для варки стекла. Пороки стекла и способы их предотвращения.

Технология листового стекла. Способы формования листового стекла: вертикальное вытягивание, безлодочное вертикальное вытягивание, прокат, флоат-способ. Показатели качества листового стекла. Дефекты листового стекла, причины их возникновения и способы устранения. Сравнительная характеристика различных способов производства листового стекла.

Технология полого стекла. Тарное и сортовое стекло и их классификация. Выработка полых стеклоизделий прессованием, выдуванием, прессовыдуванием. Показатели качества сортового и тарного стекла.

Отжиг стекла. Теоретические основы отжига, устройство оборудования. Влияние отжига на качество готовой продукции. Дополнительная обработка стекла.

**Технология производства керамики.** Определение и общая характеристика керамики. Классификация керамических материалов и изделий. Сырьевые материалы. Глины, их характеристики и свойства. Отощающие и другие добавки. Способы подготовки керамической массы к формованию, их сравнительная характеристика.

Формование сырца. Полусухое прессование, пластическое формование, литье из шликеров. Сравнительная характеристика различных способов формования керамических изделий.

Термическая обработка керамики. Сушка сырца. Дефекты, возникающие при сушке. Обжиг. Теоретические основы и основное оборудование. Глазурование. Общая характеристика глазурей. Технология приготовления и нанесения глазурей.

**Технология производства вяжущих материалов.** Определение и общая характеристика вяжущих материалов, их классификация и основные свойства. Сырье для производства вяжущих материалов. Приготовление сырьевой смеси.

Термическая обработка. Теоретические основы и основное оборудование для термической обработки, ее влияние на качество готовой продукции. Помол вяжущих материалов.

Технология производства цемента сухим, мокрым и комбинированным способами.

Оценка воздействия силикатной промышленности на окружающую среду. Возможные направления снижения уровня воздействия силикатной промышленности на окружающую среду. Роль промышленности стройматериалов в утилизации отходов.



## Раздел 4. Технология электрохимических производств

**Применение электрохимических технологий в промышленности.** Современное состояние электрохимического производства в Республике Беларусь. Электрохимические покрытия, электрохимический синтез, электрохимическая очистка сточных вод.

**Технология нанесения электрохимических покрытий.** Методы нанесения покрытий на металлические основы. Классификация и область применения электрохимических покрытий.

Подготовка поверхностей деталей и нанесение гальванических покрытий. Влияние различных факторов на структуру и свойства электрохимических покрытий. Неполадки при нанесении гальванических покрытий и способы их устранения. Контроль качества покрытий.

Воздействие электрохимического производства на окружающую среду и основные направления его снижения.

## Раздел 5. Технология органических веществ

**Высокомолекулярные соединения (ВМС) в народном хозяйстве.** Свойства высокомолекулярных соединений, их значение и применение в народном хозяйстве. Классификация и методы получения ВМС (полимеризация и поликонденсация).

**Технология производства пластмасс.** Общая характеристика производства пластмасс. Пластические массы на основе полимеров, получаемых по реакциям полимеризации и поликонденсации. Пластические массы на основе химически модифицированных полимеров.

Переработка пластмасс в изделия. Способы формования изделий из пластмасс: прессование, литье, экструзия, каландрование. Показатели качества изделий из пластмасс.

**Технология производства химических волокон.** Общие сведения и классификация волокон. Приготовление прядильной массы. Способы формования волокон: из расплава, сухой и мокрый из раствора. Сравнительная характеристика различных способов формования волокон. Обработка волокон после формования.

Производство вискозного волокна. Теоретические основы и аппаратное оформление. Технологическая схема.

**Технология производства резины.** Общее состояние производства резины. Основы технологии резины. Резина как многокомпонентная система. Общая характеристика каучуков. Общая технологическая

схема производства изделий из резины. Теоретические основы и аппаратное оформление. Показатели качества резины.

Оценка воздействия производства органических веществ на окружающую среду. Возможные направления снижения уровня воздействия органического производства на окружающую среду.

## **Раздел 6. Технология механической и химико-механической переработки древесины**

*Общая характеристика производств по механической и химико-механической переработке древесины.* Современное состояние деревообрабатывающего производства в мире и в Республике Беларусь. Основные направления комплексной переработки древесного сырья.

*Технология производства древесных плит.* Производство древесно-стружечных плит. Классификация, основные свойства, области применения. Основные операции процесса производства плит. Плоское и экструзионное прессование.

Производство древесно-волокнистых плит. Классификация, основные свойства, области применения. Способы производства и основные технологические операции. Формирование ковра и особенности процесса прессования.

Связующие в производстве древесных плит.

*Технология производства бумаги и картона.* Переработка древесины в целлюлозно-бумажном производстве. Технология получения целлюлозы. Сульфитные и сульфатные способы производства. Производство древесной массы. Виды древесной массы и их применение. Основные направления и способы получения различных видов бумаги и картона.

Методы придания требуемых свойств бумаге и картону. Общие технологические схемы производства бумаги и картона. Факторы, влияющие на свойства бумаги и картона. Основные виды бумаги.

Охрана окружающей среды в деревообрабатывающем производстве.

## **Раздел 7. Перспективы развития промышленного производства в Республике Беларусь**

Перспективы развития химической промышленности, производства строительных материалов, механической и химико-механической переработки древесины в Республике Беларусь и за рубежом.

## **2. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ**

По действующему учебному плану, дисциплина «Технология промышленных производств» предусматривает прослушивание обзорных лекций и закрепление материала на практических занятиях. Программа дисциплины включает в себя 250 ч, в том числе 20 ч лекций, 10 ч практических занятий и 220 ч самостоятельной работы. Из аудиторных часов в 7-м семестре предусмотрено 4 ч лекций, в 8-м семестре – 4 ч лекций и 4 ч практических занятий, в 9-м семестре – 12 ч лекций и 6 ч практических занятий. В предсессионный период студент обязан выполнить две контрольные работы (одну в 8-м семестре и одну в 9-м). Контроль знаний осуществляется в виде зачета (в 8-м семестре) и экзамена (в 9-м семестре).

Дисциплина «Технология промышленных производств» тесно связана с другими дисциплинами, изучаемыми студентами специальности 1-54 01 03 «Физико-химические методы и приборы контроля качества продукции» специализации 1-54 01 03 01 «Сертификация промышленных производств». Это такие дисциплины, как «Техническое нормирование и стандартизация», «Научно-техническая экспертиза и нормоконтроль», «Экономика и управление на предприятиях сертификации и стандартизации», в которых рассматриваются вопросы контроля качественных показателей сырьевых материалов, полуфабрикатов и готовой продукции.

Для успешного усвоения дисциплины студенту необходимо проработать достаточно большой объем специальной литературы, приведенной в конце методических указаний. В список рекомендуемой литературы включены те источники, в которых доступно и в полном объеме освещены вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение студентов. Также можно использовать и другие источники информации, включая Интернет-ресурсы, учебные пособия, научные статьи, обзорные информации по изучаемым вопросам.

## 3. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 3.1. Контрольная работа № 1

#### 3.1.1. Методические рекомендации к выполнению контрольной работы

Контрольная работа № 1 посвящена изучению 1-го и 2-го разделов программы дисциплины. При ее выполнении каждому студенту необходимо дать правильные и полные ответы на 3 вопроса и решить 2 задачи одного из предлагаемых вариантов.

При изучении *раздела 1 «Общие положения»* необходимо пользоваться литературой [1–7, 20, 21]. При рассмотрении вопросов данного раздела особое внимание следует уделить терминологии, классификации, способам изображения и общим закономерностям химико-технологических процессов.

При изучении *раздела 2 «Технология основных химических производств»* можно пользоваться той же литературой [1–7, 20, 21], однако для более глубокого усвоения материала стоит обратиться к литературе [22–27]. При изучении всех технологий производства той или иной продукции необходимо рассматривать следующие вопросы: сырьевая база, энергоемкость и водоемкость производства продукции, физико-химические основы процесса, основные стадии производства, технологическая схема, параметры технологического режима, аппаратное оформление.

Задачи посвящены расчету расходных коэффициентов и составлению материального баланса.

Материальный баланс является основой любых технологических расчетов. Только определив материальные потоки, можно произвести конструктивные расчеты производственного оборудования и коммуникаций, оценить экономическую эффективность и целесообразность процесса. Составление материального баланса необходимо как при проектировании нового, так и при анализе работы действующего производства. При проектировании новых производств используют опыт существующих с учетом результатов новейших исследований и достижений. На основе сравнительного технико-эколого-экономического анализа можно выбрать наиболее рациональную технологическую схему, оптимальные конструкции аппаратов и условия осуществления процесса, снизить воздействие на окружающую среду и обеспечить получение продукции высокого качества.

Основой материального баланса является закон сохранения массы вещества, согласно которому во всякой замкнутой системе масса веществ, вступивших во взаимодействие, равна массе веществ, образовавшихся в результате взаимодействия. Применительно к материальному балансу любого технологического процесса это означает, что масса веществ, поступивших на технологическую операцию, – приход, равна массе полученных веществ – расходу.

Материальный баланс может быть представлен уравнением, левую часть которого составляет масса всех видов сырья и материалов, поступающих на переработку ( $M$ ), а правую – масса получаемых продуктов ( $M'$ ) и производственные потери ( $M_{\text{пот}}$ ):

$$M = M' + M_{\text{пот}}$$

Материальный баланс составляют по уравнению основной суммарной реакции с учетом побочных реакций согласно закону сохранения массы вещества.

Теоретический материальный баланс рассчитывают на основании стехиометрического уравнения реакции. Для его составления достаточно знать уравнение реакции и молекулярные массы компонентов. Практический материальный баланс учитывает состав исходного сырья и готовой продукции, избыток одного из компонентов сырья, степень превращения, потери сырья и готового продукта и т. д.

Материальный баланс составляют на единицу массы основного продукта (килограмм, тонну) или на единицу времени (час, сутки). Общая масса всех поступающих в аппарат (или цех) материалов, т. е. приход, равна общей массе выходящих материалов, т. е. расходу. Данные материального баланса записываются в виде табл. 1.

Таблица 1

**Материальный баланс**

Приход	Масса, кг	Объем газообразных компонентов, м <sup>3</sup>	Расход	Масса, кг	Объем газообразных компонентов, м <sup>3</sup>
$G_1$	$M_1$	$V_1$	$G_4$	$M_4$	$V_4$
$G_2$	$M_2$	$V_2$	$G_5$	$M_5$	$V_5$
$G_3$	$M_3$	$V_3$	$G_6$	$M_6$	$V_6$
<i>Итого</i>			<i>Итого</i>		

*Примечание.*  $G_1, G_2, G_3$  – исходные реагенты;  $G_4, G_5, G_6$  – целевой продукт, побочный продукт и отходы соответственно.

При этом должно выполняться равенство

$$M_1 + M_2 + M_3 = M_4 + M_5 + M_6.$$

На основе материального баланса составляют тепловой баланс, позволяющий определить потребность в топливе, размеры теплообменных поверхностей, расход теплоты или хладагентов.

Из данных материального баланса можно найти расход сырья и вспомогательных материалов на заданную мощность аппарата, цеха, предприятия, себестоимость продукции, выходы продуктов, объем реакционной зоны, производственные потери.

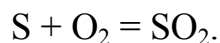
Расходные коэффициенты – это величины, характеризующие расход различных видов сырья, воды, топлива, электроэнергии, пара на единицу вырабатываемой продукции. На практике обычно принято, что чем меньше расходные коэффициенты, тем экономичнее процесс и, соответственно, тем меньше себестоимость продукции.

Особое значение для любой технологии имеет расчет расхода сырья, поскольку для большинства производств 60–70% себестоимости продукции приходится на эту статью. Для расчета расходных коэффициентов необходимо знать все стадии производства, в результате осуществления которых происходит превращение исходного сырья в готовый продукт. Теоретические расходные коэффициенты учитывают стехиометрические соотношения, по которым происходит это превращение. Практические расходные коэффициенты, кроме этого, учитывают производственные потери на всех стадиях процесса, а также возможные побочные реакции.

Расчетные коэффициенты для одного и того же продукта зависят от состава исходных материалов и могут значительно отличаться друг от друга. Поэтому в тех случаях, когда производство и сырье удалены друг от друга, при выборе того или иного типа сырья необходима предварительная оценка по расходным коэффициентам с целью определения экономической целесообразности его использования.

**Пример составления материального баланса.** Составить материальный баланс печи для сжигания серы производительностью 60 т/сут. Степень окисления серы 0,95 (остальная сера возгоняется и сгорает вне печи). Коэффициент избытка воздуха 1,5. Расчет вести на производительность печи по сжигаемой сере в килограммах в час.

*Решение.* Процесс горения серы описывается уравнением



Производительность печи 60 т/сут, или  $60 \cdot 10^3 / 24 = 2500$  кг/ч.

Масса серы, окисленной до  $\text{SO}_2$ :  $2500 \cdot 0,95 = 2375$  кг.

Масса неокисленной серы:  $2500 - 2375 = 125$  кг.

Количество кислорода, израсходованного на окисление серы, определяем исходя из уравнения реакции  $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$  и учитывая, что молекулярная масса серы 32 г, 1 моль газа (кислорода) занимает объем 22,4 л:  $2375 \cdot 22,4 / 32 = 1663 \text{ м}^3$ ; с учетом коэффициента избытка воздуха:  $1663 \cdot 1,5 = 2495 \text{ м}^3$ , или  $2495 \cdot 32 / 22,4 = 3564$  кг.

Принимая в первом приближении, что в воздухе содержится 79 об. % азота и 21 об. % кислорода, рассчитываем, сколько азота поступило в печь с кислородом воздуха:  $2495 \cdot 79 / 21 = 9386 \text{ м}^3$ , или  $9386 \cdot 28 / 22,4 = 11733$  кг.

Из уравнения реакции  $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$  определяем, сколько образовалось  $\text{SO}_2$ :  $2375 \cdot 64 / 32 = 4750$  кг, или  $4750 \cdot 22,4 / 64 = 1663 \text{ м}^3$ .

Осталось неизрасходованного кислорода:  $2495 - 1663 = 832 \text{ м}^3$ , или  $832 \cdot 32 / 22,4 = 1189$  кг.

Таким образом, материальный баланс печи для сжигания серы можно представить в виде табл. 2.

Таблица 2

Материальный баланс печи (на 1 ч)

Приход	Масса, кг	Объем газообразных компонентов, $\text{м}^3$	Расход	Масса, кг	Объем газообразных компонентов, $\text{м}^3$
S	2500	—	S	125	—
$\text{O}_2$	3564	2495	$\text{SO}_2$	4750	1663
$\text{N}_2$	11733	9386	$\text{O}_2$	1189	832
—	—	—	$\text{N}_2$	11733	9386
<i>Итого</i>	17797	11881	<i>Итого</i>	17797	11881

### Примеры расчета расходных коэффициентов

**Пример 1.** Рассчитать расход алунитовой руды, содержащей 23%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , для получения 1 т алюминия, если потери алюминия на всех производственных стадиях составляют 12%. Алунит можно представить формулой  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Молекулярная масса алунита – 828,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 102, Al – 27.

**Решение.** Процесс получения металлического алюминия из алунита состоит из двух стадий:

1. Получение оксида алюминия (глинозема).

С этой целью алунитовую руду обжигают при  $500\text{--}580^\circ\text{C}$ , а затем обрабатывают раствором аммиака. Оставшиеся в осадке  $\text{Al}_2\text{O}_3$

и  $\text{Al}(\text{OH})_3$  обрабатывают 10–12%-ным раствором  $\text{NaOH}$  и получают раствор алюмината, из которого при пропускании  $\text{CO}_2$  выпадает осадок  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ; последующее прокаливание осадка завершает стадию образования глинозема.

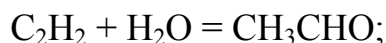
2. Электролиз оксида алюминия, растворенного в расплавленном криолите  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ .

Для получения 1 т алюминия теоретически требуется  $102 \cdot 1 / (2 \times 27) = 1,9$  т  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , или  $1,9 \cdot 828 / (3 \cdot 102) = 5,1$  т чистого алунита. Содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в алуните составляет 37% ( $3 \cdot 102 \cdot 100 / 828$ ). По условию в алунитовой руде содержится 23%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Следовательно, расход алунитовой руды заданного состава на 1 т алюминия при условии ее полного использования составит:  $5,1 \cdot 37 / 23 = 8,2$  т, а с учетом потерь:  $8,2 / 0,88 = 9,32$  т. Таким образом, для получения 1 т алюминия необходимо 9,32 т алунитовой руды данного состава.

**Пример 2.** Рассчитать расходный коэффициент природного газа, содержащего 97 об. % метана  $\text{CH}_4$ , в производстве уксусной кислоты  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (на 1 т) из ацетальдегида  $\text{CH}_3\text{CHO}$ . Выход ацетилена  $\text{C}_2\text{H}_2$  из метана составляет 15 масс. % от теоретически возможного, ацетальдегида из ацетилена – 60, а уксусной кислоты из ацетальдегида – 90 масс. %.

Молекулярная масса метана  $\text{CH}_4$  – 16; ацетилена  $\text{C}_2\text{H}_2$  – 26; ацетальдегида  $\text{CH}_3\text{CHO}$  – 44; уксусной кислоты  $\text{CH}_3\text{COOH}$  – 60.

**Решение.** Уксусную кислоту получают из метана многостадийным методом согласно уравнениям



Теоретический расход метана на 1 т уксусной кислоты  $\text{CH}_3\text{COOH}$  составит:  $1 \cdot 2 \cdot 16 / 60 = 0,534$  т. С учетом выхода продукта по стадиям:  $0,534 / (0,9 \cdot 0,6 \cdot 0,15) = 6,59$  т, или  $6,59 \cdot 22,4 \cdot 10^3 / 16 = 9226$  м<sup>3</sup>. Учитывая, что содержание метана в природном газе составляет 97 об. %, определяем его расход:  $9226 / 0,97 = 9511$  м<sup>3</sup>.

Таким образом, расход природного газа для производства 1 т уксусной кислоты составит 9511 м<sup>3</sup>.

### 3.1.2. Задания к контрольной работе

Номер варианта контрольной работы определяется по последней цифре в списке по журналу и уточняется преподавателем на установочной лекции.



## Вариант 1

Вопрос	Краткое содержание ответа
1. Современное состояние химической промышленности в Республике Беларусь	Дать общую характеристику химической промышленности Республики Беларусь, перечислить основные химические предприятия в стране, охарактеризовать их сырьевую базу и ассортимент выпускаемой продукции
2. Технология производства серной кислоты контактным способом из элементарной серы	Описать основные стадии производства серной кислоты (с уравнениями реакций), представить технологическую схему ее производства из элементарной серы, указать оптимальные параметры технологического режима, дать описание основного оборудования (печи для сжигания серы, контактного аппарата, сернокислотного и олеумного абсорберов)
3. Технология производства аммиачной селитры	Описать основные стадии процесса производства аммиачной селитры (с уравнениями реакций), представить технологическую схему ее производства, указать оптимальные параметры технологического режима, описать устройство реактора использования теплоты нейтрализации (ИТН) и грануляционной колонны

4. Составить материальный баланс печи для сжигания серы производительностью 40 т/сут. Степень окисления серы 0,94 (остальная сера возгоняется и сгорает вне печи). Коэффициент избытка воздуха  $\alpha = 1,4$ . Расчет вести на производительность печи по сжигаемой сере в килограммах в час.

5. Определить теоретический расходный коэффициент шпатового железняка  $\text{FeCO}_3$ , используемого для выплавки чугуна, содержащего 89% Fe, при условии, что в руде отсутствуют пустая порода и примеси.

## Вариант 2

Вопрос	Краткое содержание ответа
1. Понятие о химико-технологическом процессе	Дать определение технологического процесса, описать основные стадии химико-технологического процесса, привести классификацию химико-технологических процессов
2. Технология производства серной кислоты контактным способом из серного колчедана (пирита)	Описать основные стадии производства серной кислоты (с уравнениями реакций), представить технологическую схему ее производства из серного колчедана, указать оптимальные параметры технологического режима, дать описание основного оборудования (печи для сжигания серного колчедана, контактного аппарата, сернокислотного и олеумного абсорберов), перечислить оборудование для очистки обжигового газа и объяснить его назначение
3. Технология производства простого суперфосфата	Описать основные стадии процесса производства простого суперфосфата (с уравнениями реакций), дать характеристику основного сырья для производства простого суперфосфата, представить технологическую схему его производства непрерывным методом, указать оптимальные параметры технологического режима, описать устройство суперфосфатной камеры

4. Составить материальный баланс печи для сжигания серы производительностью 60 т/сут. Для сжигания серы используется воздух, обогащенный кислородом. Состав газа: 50 об. % кислорода и 50 об. % азота. Сера полностью окисляется в печи. Коэффициент избытка воздуха  $\alpha = 1,2$ . Расчет вести на производительность печи по сжигаемой сере в килограммах в час.

5. Рассчитать расходный коэффициент природного газа, содержащего 98 об. % метана  $\text{CH}_4$ , в производстве уксусной кислоты  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (на 1 т) из ацетальдегида  $\text{CH}_3\text{CHO}$ . Выход ацетилена  $\text{C}_2\text{H}_2$  из метана составляет 25 масс. % от теоретически возможного, ацетальдегида из ацетилена – 70, а уксусной кислоты из ацетальдегида – 90 масс. %.

### Вариант 3

Вопрос	Краткое содержание ответа
1. Равновесие в технологических процессах	Понятие обратимых и необратимых химических процессов. Равновесие химических реакций, константа равновесия. Принципы смещения равновесия под воздействием внешних факторов (принцип Ле Шателье). Понятия выхода продукта и степени превращения
2. Технологическая схема парокислородной конверсии природного газа	Описать физико-химические основы конверсии природного газа, перечислить используемые окислители, привести соответствующие химические реакции. Представить технологическую схему парокислородной конверсии природного газа, указать оптимальные параметры технологического режима (температура, давление, соотношение компонентов, используемые катализаторы), дать описание основного оборудования (конверторов $\text{CH}_4$ и $\text{CO}$ )
3. Технологическая схема производства хлорида калия флотационным методом	Дать общую характеристику сырья для производства калийных удобрений. Перечислить основные стадии технологического процесса производства хлорида калия флотационным методом, объяснить, на чем основан данный метод разделения сильвина и галита. Представить технологическую схему, дать ее описание, охарактеризовать образующиеся отходы

4. Составить материальный баланс печи для сжигания серы производительностью 50 т/сут. Степень окисления серы 0,98 (остальная сера возгоняется и сгорает вне печи). Коэффициент избытка воздуха  $\alpha = 1,7$ . Расчет вести на производительность печи по сжигаемой сере в килограммах в час.

5. Определить теоретический расходный коэффициент лимонита  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , используемого для выплавки чугуна, содержащего 88% Fe, при условии, что в руде отсутствуют пустая порода и примеси.

#### Вариант 4

Вопрос	Краткое содержание ответа
1. Скорость технологических процессов	Понятие скорости технологического процесса, основные формулы скорости процесса. Способы увеличения скорости процесса: увеличение движущей силы процесса, увеличение константы скорости процесса, увеличение поверхности соприкосновения фаз
2. Технологическая схема паровоздушной конверсии природного газа	Описать физико-химические основы конверсии природного газа, перечислить используемые окислители, привести соответствующие химические реакции. Представить технологическую схему паровоздушной конверсии природного газа, указать оптимальные параметры технологического режима (температура, давление, соотношение компонентов, используемые катализаторы), дать описание основного оборудования (конверторов природного газа $\text{CH}_4$ первой и второй ступеней и конверторов $\text{CO}$ )
3. Технологическая схема производства двойного суперфосфата	Дать общую характеристику фосфорных удобрений, описать основные стадии процесса производства двойного суперфосфата (с уравнениями реакций), дать характеристику основного сырья для производства двойного суперфосфата, представить технологическую схему его производства непрерывным методом, указать оптимальные параметры технологического режима

4. Составить материальный баланс печи для сжигания серы производительностью 70 т/сут. Для сжигания серы используется технический кислород. Сера полностью окисляется в печи. Коэффициент избытка кислорода  $\alpha = 1,05$ . Расчет вести на производительность печи по сжигаемой сере в килограммах в час.

5. Рассчитать расход алунитовой руды  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , содержащей 25%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , для получения 1 т алюминия, если потери алюминия на всех производственных стадиях составляют 11%.

## Вариант 5

Вопрос	Краткое содержание ответа
1. Химические реакторы	Основные требования к промышленным реакторам. Модели идеальных реакторов: реактор идеального вытеснения и реактор идеального смешения. Реакторы периодического и непрерывного действия. Температурный режим реакторов. Адиабатические, изотермические и политермические реакторы. Устойчивость работы реакторов. Отклонения реальных реакторов от идеализированных. Основные принципы выбора реактора
2. Очистка конвертированного газа	Понятие конверсии. Способы конверсии природного газа. Химические реакции, протекающие при конверсии природного газа, состав конвертированного газа. Способы очистки конвертированного газа от $\text{CO}_2$ (растворами этаноламинов и с использованием поташа) и $\text{CO}$ (абсорбцией медно-аммиачными растворами и промывкой жидким азотом), совместная очистка от $\text{CO}$ и $\text{CO}_2$ метанированием
3. Технология производства карбамида	Дать общую характеристику азотных удобрений, описать сырье для производства карбамида, физико-химические основы синтеза (с уравнениями реакций). Представить технологическую схему производства карбамида с жидкостным рециклингом, указать оптимальные параметры технологического режима, объяснить суть дросселирования

4. Составить материальный баланс печи для сжигания серы производительностью 55 т/сут. Степень окисления серы 0,98 (остальная сера возгоняется и сгорает вне печи). Коэффициент избытка воздуха  $\alpha = 1,3$ . Расчет вести на производительность печи по сжигаемой сере в килограммах в час.

5. Определить теоретический расходный коэффициент гетита  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , используемого для выплавки чугуна, содержащего 86% Fe, при условии, что в руде отсутствуют пустая порода и примеси.

## Вариант 6

Вопрос	Краткое содержание ответа
1. Катализ в химической промышленности	Значение и области применения катализа. Гомогенный и гетерогенный катализ. Типы катализаторов. Методы приготовления катализаторов. Аппаратурное оформление каталитических процессов
2. Технология производства аммиака	Охарактеризовать сырье для производства аммиака и изложить физико-химические основы его синтеза. Представить технологическую схему синтеза аммиака при среднем давлении, указать оптимальные параметры технологического режима (температура, давление, используемые катализаторы), дать описание основного оборудования (колонны синтеза аммиака и конденсационной колонны)
3. Технология производства хлористого калия галургическим методом	Дать общую характеристику сырья для производства калийных удобрений. Перечислить основные стадии технологического процесса производства хлорида калия галургическим методом, объяснить, на чем основан данный метод разделения сильвина и галита. Представить технологическую схему, дать ее описание, охарактеризовать образующиеся отходы

4. Составить материальный баланс печи для сжигания серы производительностью 80 т/сут. Для сжигания серы используется технический кислород. Сера полностью окисляется в печи. Коэффициент избытка кислорода  $\alpha = 1,1$ . Расчет вести на производительность печи по сжигаемой сере в килограммах в час.

5. Рассчитать расходный коэффициент природного газа, содержащего 95 об. % метана  $\text{CH}_4$ , в производстве уксусной кислоты  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (на 1 т) из ацетальдегида  $\text{CH}_3\text{CHO}$ . Выход ацетилена  $\text{C}_2\text{H}_2$  из метана составляет 26 масс. % от теоретически возможного, ацетальдегида из ацетилена – 75, а уксусной кислоты из ацетальдегида – 92 масс. %.

## Вариант 7

Вопрос	Краткое содержание ответа
1. Сырье в химической промышленности	Характеристика и запасы сырья, его классификация. Рациональное и комплексное использование сырьевых ресурсов и энергии. Методы обогащения сырья: механическое, термическое и химическое обогащение
2. Технология производства азотной кислоты	Охарактеризовать сырье для производства азотной кислоты и изложить физико-химические основы ее синтеза. Представить технологическую схему производства азотной кислоты, указать оптимальные параметры технологического режима (температура, давление, используемые катализаторы), дать описание основного оборудования (аппарата контактного окисления аммиака и абсорбционной колонны)
3. Технологическая схема производства аммофоса	Дать общую характеристику комплексных минеральных удобрений. Охарактеризовать аммофос и изложить физико-химические основы его получения (с уравнениями химических реакций). Представить технологическую схему производства аммофоса, дать ее описание и указать оптимальные параметры технологического режима

4. Составить материальный баланс печи для сжигания серы производительностью 90 т/сут. Для сжигания серы используется воздух, обогащенный кислородом. Состав газа: 40 об. % кислорода и 60 об. % азота. Сера полностью окисляется в печи. Коэффициент избытка воздуха  $\alpha = 1,3$ . Расчет вести на производительность печи по сжигаемой сере в килограммах в час.

5. Рассчитать расходный коэффициент природного газа, содержащего 99 об. % метана  $\text{CH}_4$ , в производстве уксусной кислоты  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (на 1 т) из ацетальдегида  $\text{CH}_3\text{CHO}$ . Выход ацетилена  $\text{C}_2\text{H}_2$  из метана составляет 30 масс. % от теоретически возможного, ацетальдегида из ацетилена – 80, а уксусной кислоты из ацетальдегида – 85 масс. %.

## Вариант 8

Вопрос	Краткое содержание ответа
1. Вода в промышленности	Виды и качество воды. Промышленная водоподготовка. Методы очистки вод: отстаивание, коагуляция и флокуляция, фильтрование, умягчение воды, ионный обмен, нейтрализация, обеззараживание
2. Технология производства экстракционной фосфорной кислоты	Дать общую характеристику сырья для производства экстракционной фосфорной кислоты, описать основные стадии ее производства (с уравнениями реакций). Представить технологию производства экстракционной фосфорной кислоты, указать оптимальные параметры технологического режима, дать описание основного оборудования (многосекционного экстрактора и вакуум-фильтра). Охарактеризовать отходы, образующиеся в данном производстве
3. Технология производства аммиачной селитры	Привести классификацию минеральных удобрений (по видам питательных элементов, по растворимости и т. д.), охарактеризовать аммиачную селитру. Описать основные стадии процесса производства аммиачной селитры (с уравнениями реакций), представить технологическую схему ее производства, указать оптимальные параметры технологического режима, описать устройство реактора использования теплоты нейтрализации (ИТН) и грануляционной колонны

4. Составить материальный баланс печи для сжигания серы производительностью 45 т/сут. Степень окисления серы 0,93 (остальная сера возгоняется и сгорает вне печи). Коэффициент избытка воздуха  $\alpha = 1,45$ . Расчет вести на производительность печи по сжигаемой сере в килограммах в час.

5. Определить теоретический расходный коэффициент красного железняка  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , используемого для выплавки чугуна, содержащего 91% Fe, при условии, что в руде отсутствуют пустая порода и примеси.



## Вариант 9

Вопрос	Краткое содержание ответа
1. Безотходные и малоотходные технологии	Рассмотреть историю возникновения понятий «безотходная технология» и «малоотходная технология». Дать формулировки этих терминов и необходимые пояснения к их составным частям. Показать отличия в этих понятиях
2. Очистка обжигового газа при производстве серной кислоты из серного колчедана	Дать общую характеристику сырья для производства серной кислоты. Описать основные стадии производства серной кислоты, представить функциональную схему ее производства из серного колчедана. Подробно рассмотреть очистку обжигового газа от примесей, представить общую схему очистки, а также схемы и описание основного оборудования (циклонов, электрофильтров, абсорбционных колонн)
3. Технология производства хлористого калия галургическим методом	Дать общую характеристику сырья для производства калийных удобрений. Перечислить основные стадии технологического процесса производства хлорида калия галургическим методом, объяснить, на чем основан данный метод разделения сильвина и галита. Представить технологическую схему, дать ее описание, охарактеризовать образующиеся отходы

4. Составить материальный баланс печи для сжигания серы производительностью 75 т/сут. Для сжигания серы используется воздух, обогащенный кислородом. Состав газа: 30 об. % кислорода и 70 об. % азота. Сера полностью окисляется в печи. Коэффициент избытка воздуха  $\alpha = 1,45$ . Расчет вести на производительность печи по сжигаемой сере в килограммах в час.

5. Определить теоретический расходный коэффициент магнитного железняка  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , используемого для выплавки чугуна, содержащего 88% Fe, при условии, что в руде отсутствуют пустая порода и примеси.

## Вариант 10

Вопрос	Краткое содержание ответа
1. Способы изображения технологических процессов	Функциональная, структурная, операторная технологические схемы. Типы технологических связей: последовательная, последовательно-обводная, параллельная, обратная (циклическая), перекрестная
2. Технологическая схема паровоздушной конверсии природного газа	Описать физико-химические основы конверсии природного газа, перечислить используемые окислители, привести соответствующие химические реакции. Представить технологическую схему паровоздушной конверсии природного газа, указать оптимальные параметры технологического режима (температура, давление, соотношение компонентов, используемые катализаторы), дать описание основного оборудования (конверторов $\text{CH}_4$ первой и второй ступеней и конверторов $\text{CO}$ )
3. Технологическая схема производства хлорида калия флотационным методом	Привести классификацию минеральных удобрений (по видам питательных элементов, по растворимости и т. д.), дать общую характеристику сырья для производства калийных удобрений. Перечислить основные стадии технологического процесса производства хлорида калия флотационным методом, объяснить, на чем основан данный метод разделения сильвина и галита. Представить технологическую схему, дать ее описание, охарактеризовать образующиеся отходы

4. Составить материальный баланс печи для сжигания серы производительностью 40 т/сут. Для сжигания серы используется технический кислород. Сера полностью окисляется в печи. Коэффициент избытка кислорода  $\alpha = 1,03$ . Расчет вести на производительность печи по сжигаемой сере в килограммах в час.

5. Рассчитать расход алунитовой руды  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , содержащей 22%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , для получения 1 т алюминия, если потери алюминия на всех производственных стадиях составляют 9%.

## 3.2. Контрольная работа № 2

### 3.2.1. Методические рекомендации к выполнению контрольной работы

Контрольная работа № 2 посвящена изучению 3–7-го разделов программы дисциплины. При выполнении контрольной работы каждому студенту необходимо дать правильные и полные ответы на 5 вопросов одного из предлагаемых вариантов. При этом следует пользоваться литературой [8–19, 28–35], а также представленными ниже методическими рекомендациями.

**Раздел 3 «Технология производства силикатных стройматериалов»** включает в себя три темы: производство стекла, производство керамики и производство вяжущих материалов.

*Технология производства стекла.* Стеклом называются все амфотерные тела независимо от их состава и температурной области затвердевания, получаемые путем переохладения расплава и обладающие в результате постепенного увеличения вязкости механическими свойствами твердых тел, причем процесс перехода из жидкого состояния в стеклообразное должен быть обратимым.

Сырьевые материалы для производства стекла делятся на две группы: главные и вспомогательные.

Главные сырьевые материалы – это сырьевые материалы, с помощью которых вводятся оксиды, образующие основу стекла. К ним относятся кварцевый песок, известняк, мел, доломит, сода, поташ, глинозем и др.

Вспомогательные сырьевые материалы – это материалы, которые корректируют технологию или свойства стекла (например, влияют на скорость процесса варки или на цвет стекла и т. д.). К ним относятся красители, глушители, обесцвечиватели, осветлители, восстановители, окислители и ускорители. Сырьевые материалы выбираются исходя из конкретного состава стекла, а также с учетом их качества, стоимости и других экономических факторов.

Производство изделий из стекла включает в себя следующие стадии: приготовление шихты, варка стекла, формование изделий, их отжиг, дополнительная обработка.

Шихтой называют однородную смесь сырьевых компонентов, подготовленную для стекловарения. После необходимой предварительной обработки (обогащение, измельчение, сушка и др.) сырьевые материалы тщательно смешивают в определенных соотношениях, полученную шихту транспортируют к стекловаренной печи.

Варку стекла можно производить в горшковых или ваннных печах. В настоящее время обычно используются высокопроизводительные ваннные печи непрерывного действия. Независимо от конструкции печей в них протекают одинаковые процессы: силикатообразование, стеклообразование, осветление и гомогенизация, студка.

Формование стекла представляет собой превращение вязкого расплава (стекломассы) в твердое изделие заданной конфигурации в результате приложения внешних сил к объекту формования и его постепенного охлаждения и твердения. Существуют следующие способы формования стекла: прессование, выдувание, прессовыдувание, прокатка, вытягивание и флоат-способ. После формования стекла любым способом необходимо осуществлять его отжиг. Это связано с тем, что в процессе формования изделий при достаточно быстром их охлаждении в стекле возникают внутренние напряжения, которые отрицательно сказываются на его механической прочности. Для снятия этих напряжений и применяют отжиг – тепловую обработку стекла.

Дополнительная обработка изделий из стекла может быть очень разнообразной в зависимости от их вида. Так, листовое стекло проходит только нарезку на листы определенного формата, хрустальное стекло подвергается алмазному гранению и химической полировке, для многих изделий сортового стекла необходимо осуществлять такие операции, как отрезка колпачка и отопка края, шлифовка доньшка, а также их декорирование (золочение, матирование, роспись силикатными красками и т. д.).

Для изучения этой темы рекомендуется пользоваться литературой [8, 9, 28]. Основные трудности в этом разделе возникают при составлении конкретных технологических схем производства стекла (флоат-стекла, узорчатого, тарного, сортового и т. д.). Это связано с тем, что в учебных пособиях данные схемы отсутствуют, и студентам необходимо составлять их самостоятельно, начиная от подготовки сырьевых материалов и заканчивая контролем качества получаемой продукции.

*Технология производства керамики.* Название «керамика» происходит от греч. *keramike*, т. е. искусство изготовления изделий из глины. В настоящее время под технологией керамического производства понимают изготовление изделий не только из глины, но и из другого минерального сырья или химических веществ путем приготовления массы, удаления временной связки и высокотемпературного обжига с целью придания им камнеподобных свойств.

Главным сырьевым материалом для производства керамики (за исключением технической) остается глина. Глины представляют со-

бой горные породы, состоящие в основном из глинообразующих минералов – слоистых алюмосиликатов. При добавлении воды они способны образовывать пластичное тесто, которое после сушки обладает некоторой прочностью, а после обжига приобретает камнеподобные свойства. Для корректировки свойств глин и получаемых изделий используют различные добавки: отошающие, пластифицирующие, выгорающие, противоморозные и др.

Производство керамических изделий включает в себя следующие стадии: приготовление формовочной массы, формование изделий, удаление временной связки (в большинстве случаев – сушка), обжиг, дополнительная обработка.

Приготовление формовочной массы можно осуществлять одним из трех способов: полусухим, пластическим и шликерным. Соответственно, существуют и три способа формования керамических изделий: полусухое прессование, пластическое формование и шликерное литье. После формования осуществляют сушку сырца – понижение влажности в отформованном изделии до 1–3%. Обжиг изделий является завершающим и одним из наиболее сложных этапов в производстве керамики. При обжиге происходит спекание материала, в результате чего сырец из конгломерата слабосвязанных частиц превращается в достаточно прочное твердое тело. При спекании керамики протекают разнообразные физические и химические процессы – уменьшение объема и пористости тела, разложение исходных сырьевых материалов, полиморфные превращения, химические реакции взаимодействия с образованием новых кристаллических, стекловидных и газовых фаз, растворение кристаллов в расплаве или кристаллизация из расплава. В керамической промышленности в основном используют туннельные печи обжига непрерывного действия.

Основным видом дополнительной обработки керамики является ее глазурирование. Глазурь представляет собой тонкую стекловидную пленку толщиной 80–240 мкм. Глазури препятствуют проникновению жидкости и газов в поры изделия, повышают его прочность, химическую стойкость и декоративные качества. Виды глазурей и требования к ним зависят от назначения керамических изделий. Глазурь должна подбираться в соответствии с конкретными свойствами черепка, на который она наносится. По способу приготовления глазури могут быть сырыми (нефриттовыми) и предварительно сплавленными (фриттовыми). Глазурь наносится на керамический черепок в виде водной суспензии, которую готовят в шаровой мельнице совместным помолом всех компонентов, загружаемых

в мельницу в один или два приема. Глазуруют изделия методами окунания, полива и пульверизации. После глазурования опорные поверхности изделия зачищаются, и изделия после сушки передаются на политой обжиг.

Для усвоения данной темы рекомендуется литература [8, 10, 29].

*Технология производства вяжущих материалов.* К вяжущим относятся преимущественно порошкообразные материалы, образующие при смешивании с водой или другой жидкостью пластичную массу, которая в результате определенных физико-химических процессов со временем превращается в прочное камневидное тело.

Сырьем для производства вяжущих материалов служат широко распространенные природные материалы и некоторые побочные продукты ряда отраслей промышленности. По технологическому назначению сырьевые материалы подразделяются на главные и вспомогательные. Главные сырьевые материалы – это материалы, которые после соответствующей подготовки и переработки образуют собственно вяжущий материал. Например, для производства гипса используется гипсовый камень, для производства извести – известняк, для производства цемента – известняк и глина и т. д. К вспомогательным относятся сырьевые материалы, при введении которых улучшаются свойства или снижается стоимость готового материала либо интенсифицируется процесс его получения. Например, амины и гликоли облегчают помол сырьевых материалов и готового вяжущего, хлорид кальция снижает температуру обжига и ускоряет процессы клинкерообразования при производстве цемента и т. д.

Производство вяжущих материалов включает в себя следующие стадии: приготовление сырьевой смеси, обжиг, измельчение.

При подготовке сырьевой смеси к обжигу условно можно выделить следующие операции: измельчение, дозирование, смешивание компонентов, корректировка состава и хранение полученной смеси. Существуют два основных способа подготовки сырьевых компонентов к обжигу: мокрый и сухой. При мокром способе сырьевая смесь подготавливается измельчением и смешением сырьевых материалов в воде. Получаемая в результате этого сметанообразная суспензия, или шлам, содержит 36–42% воды. При сухом способе сырьевые материалы измельчаются одновременно с высушиванием, а затем смешиваются. Получаемый в этом случае тонкодисперсный порошок называют сырьевой мукой.

Условия тепловой обработки (обжига) при производстве различных вяжущих материалов весьма разнообразны и во многом опреде-

ляют свойства получаемого вяжущего материала. При производстве строительного гипса главным процессом является дегидратация дигидрата сульфата кальция в полугидрат. Данный процесс протекает при невысокой температуре – 140–170°C, его осуществляют в гипсоварочных котлах. При производстве воздушной извести, каустического магнезита основным химическим процессом при обжиге является декарбонизация карбонатных пород. Температура обжига 700–1200°C. Процесс чаще всего проводят в шахтных печах. При производстве цемента, кроме процессов декарбонизации, при обжиге происходит ряд сложных химических и физических процессов, включая реакции силикатообразования. Температура обжига 1450–1550°C. Только при такой высокой температуре образуются важнейшие минералы клинкера – алит и белит, определяющие свойства цемента. Обжиг производится, как правило, во вращающихся печах.

Свойства вяжущих материалов определяются не только их химическим и минералогическим составом, но и степенью их дисперсности. Вяжущие материалы подвергаются помолу в мельницах сухого помола, работающих в большинстве случаев по закрытому циклу. При помолу в вяжущий материал вводят различные добавки. Так, для облегчения размола извести и предотвращения ее налипания на шары к ней добавляют 10–20% кварцевого песка, при помолу портландцементного клинкера вводится 3–5% гипсового камня для регулирования сроков схватывания получаемого портландцемента и т. д.

Для изучения данной темы рекомендуется литература [8, 11, 30].

**Раздел 4 «Технология электрохимических производств»** изучает применение электрохимических процессов в промышленности. Электрохимическими называются технологические процессы, в которых энергия электрического тока непосредственно используется для осуществления химических превращений, т. е. трансформируется в химическую энергию. В химической промышленности электрохимические процессы используют для производства свободных галогенов, производства щелочей, электролиза воды с целью получения чистых кислорода и водорода, производства некоторых органических веществ (например, альдегидов и кетонов), нанесения защитных покрытий из цветных металлов и др. В данном курсе основное внимание уделяется технологии нанесения электрохимических (гальванических) покрытий.

Технологический процесс нанесения гальванических покрытий состоит из следующих групп операций: подготовка поверхности металла перед покрытием, нанесение покрытия, последующая обработка

(при необходимости). Особое внимание уделяется межоперационным промывкам водой.

Подготовка поверхности деталей перед нанесением покрытия включает в себя механическую, а также химическую и электрохимическую подготовку. Основными способами механической подготовки деталей перед нанесением гальванических покрытий являются: шлифование, полирование, крацевание, абразивная сухая обработка, гидроабразивная обработка. Химическая и электрохимическая обработка поверхности деталей включает в себя обезжиривание, травление и активацию, химическое и электрохимическое полирование. В основе нанесения электрохимических покрытий лежит процесс электролиза, а именно катодного восстановления металлов из раствора электролита. Детали должны выполнять роль катода, и на них осаждается необходимый металл из раствора электролита, заполняющего гальваническую ванну.

Технологический процесс нанесения гальванического покрытия выбирается в зависимости от химического состава основного металла, степени шероховатости поверхности, степени загрязненности, габаритных размеров, конфигурации деталей, вида наносимого покрытия. Например, для полированных деталей из углеродистых сталей, а также низко- и среднелегированных, имеющих на поверхности окалину и продукты коррозии, рекомендуется следующая последовательность операций:

1. Обезжиривание органическими растворителями или химическое обезжиривание.
2. Промывка в воде.
3. Электрохимическое обезжиривание.
4. Промывка в воде.
5. Травление.
6. Промывка в воде.
7. Снятие травильного шлама.
8. Промывка в воде.
9. Активация.
10. Промывка в воде.
11. Нанесение покрытия.
12. Промывка в воде.
13. Контроль поверхности.

При изучении данного раздела следует пользоваться литературой [12, 31]. Особое внимание надо уделять химизму процессов, а также влиянию различных факторов на структуру, свойства и качество электрохимических покрытий.



**Раздел 5 «Технология органических веществ»** включает в себя три темы: технология производства пластмасс, химических волокон и резины. Все эти материалы изготавливают на основе высокомолекулярных соединений (ВМС). ВМС представляют собой особый класс органических соединений, молекулы которых состоят из сотен и тысяч атомов, связанных между собой в макромолекулы. По способу получения они подразделяются на полимеризационные и поликонденсационные. Производство ВМС представлено в литературе [5, 13].

*Технология производства пластмасс.* К пластмассам относят обширную группу материалов, главной составной частью которых являются природные или синтетические ВМС, способные при повышенных температуре и давлении переходить в пластическое состояние, формоваться под воздействием внешних сил и затем после охлаждения или отверждения устойчиво сохранять приданную форму. ВМС – важнейшая составляющая пластмасс, скрепляющая все компоненты в единое целое и придающая смеси (композиции) пластичность, способность формоваться, а также электроизоляционные, антикоррозионные и другие важнейшие свойства.

По составу пластмассы можно разделить на ненаполненные, представляющие собой чистые или с очень незначительными добавками полимеры, и наполненные – смеси, содержащие наполнители, красители, стабилизаторы и другие добавки, равномерно распределенные в связующем, т. е. в ВМС.

Переработка пластических масс представляет собой совокупность различных процессов, с помощью которых исходный полимерный материал превращается в изделие с заранее заданными эксплуатационными свойствами. В настоящее время насчитывается несколько десятков приемов и методов переработки пластмасс. Выбор метода переработки для изготовления определенного изделия определяется в каждом конкретном случае технологическими особенностями перерабатываемого материала, конструктивными особенностями изделий и условиями их эксплуатации, а также рядом экономических факторов. Наиболее распространенными методами формования являются литье под давлением, прессование, экструзия и каландрование.

Для усвоения этой темы рекомендуется литература [5, 13, 14, 32].

*Технология производства химических волокон.* Волокна – это материалы, длина которых во много раз превышает размеры их поперечного сечения.

По происхождению они подразделяются на природные, химические и высокомолекулярные. Химические волокна подразделяются на ис-

кусственные, получаемые из природных полимеров (например, вискозное, ацетатное и др.), и синтетические, получаемые из синтетических полимеров (например, полиамидные, полиэфирные, полиакрилонитрильные и др.).

Технология производства химических волокон складывается из следующих стадий: приготовление прядильной массы, формование волокна, последующая обработка волокна.

Приготовление прядильной массы может осуществляться двумя методами: растворением или плавлением полимеров. Плавление является наиболее простым способом перевода твердого полимера в вязкотекучее состояние. Однако только некоторые полимеры способны плавиться без разложения. К таким полимерам относятся полиэфир и полиамиды, а также полипропилен и полиэтилен. Большинство же полимеров, применяемых для производства волокон, при нагревании размягчается, но не плавится. В этом случае прядильную массу готовят растворением полимера в подходящем растворителе.

Формование является наиболее ответственной стадией технологического процесса и оказывает решающее влияние на структуру и свойства получаемого волокна. Под формованием понимают комплекс процессов, протекающих при образовании элементарных нитей из тонких струек расплава или раствора полимера, вытекающих из фильеры. Фильера представляет собой тонкостенный металлический колпачок или пластинку с отверстиями (от 40 до 100 000 отверстий диаметром от 0,04 мм и более). В настоящее время применяют три промышленных способа формования химических волокон: формование из расплавов полимеров, мокрый способ формования из растворов полимеров и сухой способ формования из растворов полимеров. Формование химических волокон осуществляется на специальных машинах, которые называются формовочными, или прядильными. Технологический процесс получения волокон на прядильных машинах независимо от способа формования состоит из следующих операций:

1. Подача прядильного раствора или расплава к фильере.
2. Продавливание вязкой жидкости через отверстия фильеры с образованием элементарных струй.
3. Отверждение элементарных струй с образованием элементарных нитей.
4. Отвод из зоны формования непрерывно движущихся элементарных нитей, соединенных в комплексные нити или жгуты.

Основная цель обработки химических волокон – придание им необходимого комплекса свойств и подготовка волокна к последующей

переработке в изделия. Последующая обработка химических волокон состоит из ряда операций, число и последовательность которых зависят от вида получаемого волокна, метода его формования и ассортимента выпускаемой продукции. Обязательной операцией при производстве химических волокон большинства видов является вытягивание, необходимое для их упрочнения. Обработка волокон, полученных мокрым способом из раствора, включает в себя в обязательном порядке отмычку от примесей и сушку. Все химические волокна обрабатывают специальными препаратами, которые облегчают их текстильную переработку. Удаление примесей из волокон и нанесение на волокно различных препаратов называется отделкой волокна. Отделка химического волокна включает в себя нанесение на волокно различных текстильно-вспомогательных веществ, а в случае необходимости промывку волокна водой или водными растворами химических реагентов.

Для изучения данной темы рекомендуется пользоваться литературой [5, 15], в которой кроме теоретических вопросов представлено множество конкретных технологических схем производства различных видов волокон.

*Технология производства резины.* Резина – это эластичный материал, получаемый вулканизацией каучука. По происхождению каучуки делятся на натуральные и синтетические. Натуральный каучук представляет собой продукт растительного происхождения, содержащийся в млечном соке (латексе) каучуконосных растений. Промышленное значение имеет латекс бразильской гевеи. Макромолекулы натурального каучука построены из звеньев изопрена.

Синтетические каучуки имеют более широкий диапазон свойств, поэтому их производство развивается быстрее, чем производство натурального каучука. Одними из основных синтетических каучуков общего назначения являются бутадиен-стирольные (СКС), представляющие собой сополимеры бутадиена со стиролом. СКС получают эмульсионной сополимеризацией бутадиена и стирола по низкотемпературному и высокотемпературному методам. Наиболее распространен метод низкотемпературной сополимеризации, которым производится основная масса низкотемпературного каучука СКС-30. Эти каучуки получают при температуре 5–8°С в водной эмульсии. Производство СКС строится по непрерывной схеме и состоит из двух последовательных стадий: получение латекса и выделение из него каучука.

Натуральные и синтетические каучуки являются основным компонентом при изготовлении резиновых, резинотканых и резино-металлических изделий. Они все объединены в резинотехнические

изделия (РТИ) и используются практически во всех отраслях народного хозяйства. Технология производства РТИ включает в себя следующие стадии: приготовление резиновых смесей, изготовление полуфабрикатов и изделий, вулканизация.

В состав резиновых смесей вводят разные компоненты, природа и соотношение которых зависят от назначения и свойств получаемых РТИ. Для получения однородной массы их готовят не обычным перемешиванием компонентов, а растиранием и продавливанием через узкие щели между валками либо в закрытых резиносмесителях роторного устройства.

Для изготовления полуфабрикатов и формования изделий из резиновых смесей используют разнообразные методы: каландрование, шприцевание (экструзию), прессование, штамповку, прорезинивание ткани на клеепропиточной машине. Изделия сложного профиля собираются из предварительно изготовленных деталей.

Вулканизация является заключительной и обязательной стадией в производстве РТИ. Вулканизация каучуков – это частный случай сшивания линейных полимеров, в процессе которого макромолекулы соединяются поперечными химическими связями с образованием пространственной трехмерной вулканизационной сетки. Наиболее распространенной является серная вулканизация. Процесс серной вулканизации заключается во взаимодействии серы и каучука с образованием полисульфидных связей между макромолекулами каучука.

Для усвоения данной темы рекомендуется пользоваться литературой [5, 16, 34]. При изучении конкретных технологических схем производства резины (приготовления резиновых смесей, производства покрышек, резиновой обуви и т. д.) целесообразно пользоваться источником [33], где представлены все необходимые технологические схемы и дано их краткое описание.

**Раздел 6 «Технология механической и химико-механической переработки древесины»** включает в себя две темы: производство древесных плит и производство бумаги и картона.

*Технология производства древесных плит.* В настоящее время промышленность выпускает древесно-стружечные и древесно-волокнистые плиты.

Древесно-стружечная плита (ДСП) – это композиционный материал, который получают путем смешивания высушенной технологической щепы с мочевино- или фенолоформальдегидной смолой (6–18% от массы стружек) с последующим прессованием на

одно- и многоэтажных периодических прессах (0,2–5,0 МПа, 100–140°С) или в непрерывных ленточных, гусеничных либо экструзионных агрегатах.

Древесно-волокнистая плита, или ДВП, – это материал, получаемый горячим прессованием массы, состоящей из целлюлозных волокон, воды, синтетических полимеров и специальных добавок. Сырьем для производства ДВП служит размельченная древесная щепа, а для улучшения эксплуатационных качеств ДВП в древесную массу добавляют парафин, канифоль (повышает влагостойкость), синтетические смолы (для упрочнения плиты), антисептики.

Для изучения этой темы необходимо ознакомиться с литературой [17, 18, 35]. Особое внимание следует обратить на основные направления комплексной переработки древесного сырья.

*Технология производства бумаги и картона.* Бумага является упругопластическим, капиллярно-пористым листовым материалом, состоящим главным образом из мелких растительных волокон, соответствующим образом обработанных и соединенных в тонкий лист, в котором волокна связаны между собой поверхностными силами сцепления.

Для производства бумаги применяют преимущественно волокна растительного происхождения, выделяемые из древесины хвойных и лиственных пород, из стеблей однолетних растений, семенных коробочек и листьев некоторых растений. Главным компонентом растительных волокон является природный полимер – целлюлоза, обладающая весьма ценными свойствами для производства бумаги: высоким молекулярным весом, цепевидным строением молекул, высокой прочностью и стойкостью к воздействиям различных химикатов и температуры, гидрофильностью, а также высоким сродством к воде и способностью набухать в ней. В промышленности целлюлозу получают методом варки на целлюлозных заводах. По типу применяемых реагентов различают следующие способы варки целлюлозы:

1. Сульфитный. Варочный раствор содержит сернистую кислоту и ее соль, например гидросульфит натрия. Этот метод применяется для получения целлюлозы из малосмолистых пород древесины: ели, пихты.

2. Сульфатный. Наиболее распространенный метод в настоящее время. В качестве реагента используют раствор, содержащий гидроксид и сульфид натрия. Метод пригоден для получения целлюлозы из любого вида растительного сырья. Его недостатком является

выделение большого количества дурно пахнущих сернистых соединений в результате побочных реакций.

Производство бумаги складывается из следующих процессов:

- приготовление бумажной массы (размол и смешение компонентов, проклейка, наполнение и окраска бумажной массы);
- выработка бумажной массы на бумагоделательной машине (разбавление водой и очистка массы от загрязнений, отлив, прессование и сушка, а также первичная отделка);
- окончательная отделка (каландрование, резка).

При размолу волокнам придают необходимые толщину и физические свойства. Размол производится в аппаратах периодического и непрерывного действия (роллах, конических и дисковых мельницах, рафинерах и др.). Чтобы сделать бумагу пригодной для письма и придать ей гидрофобные свойства, в бумажную массу вводят канифольный клей, парафиновую эмульсию, глинозем и другие способствующие слипанию вещества (так называемая проклейка); для повышения связи между волокнами и увеличения механической прочности и жесткости добавляют крахмал, животный клей; для увеличения прочности бумаги во влажном состоянии – мочевино- и меламиноформальдегидные смолы. Для повышения белизны, гладкости, мягкости и непрозрачности, а также улучшения печатных свойств бумаги вводят минеральные наполнители (каолин, мел, тальк); для придания цвета – анилиновые (реже минеральные) красители.

Готовая бумажная масса концентрацией 2,5–3,5% с помощью насоса подается из подготовительного отдела в мешальный бассейн, откуда поступает на бумагоделательную машину. Предварительно масса разбавляется оборотной водой (до концентрации 0,1–0,7%) и пропускается через очистную аппаратуру. Наиболее распространена так называемая столовая (с плоской сеткой) бумагоделательная машина. Она состоит из сеточной, прессовой и сушильной частей, каландра и наката.

Под отделкой бумаги обычно понимают операции, завершающие процесс производства бумаги. К ним относят каландрование бумаги, осуществляемое с целью уплотнения, сглаживания и придания поверхности бумаги определенной структуры, продольную резку бумаги, разрезание на листы, сортировку и упаковку.

Для усвоения этой темы необходимо изучить литературу [19, 35].

**Раздел 7** посвящен перспективам развития промышленного производства в Республике Беларусь и за рубежом.

### **3.2.2. Задания к контрольной работе**

Номер варианта контрольной работы определяется по последней цифре в списке по журналу и **уточняется преподавателем на установочной лекции.**

#### **Вариант 1**

1. Технологическая схема производства узорчатого стекла.
2. Технологическая схема производства цемента сухим способом.
3. Механическая подготовка поверхности деталей перед нанесением электрохимических покрытий.
4. Технологическая схема производства вискозного волокна.
5. Технологическая схема производства древесно-стружечных плит.

#### **Вариант 2**

1. Технологическая схема производства полированного стекла флоат-способом.
2. Технологическая схема производства глазурованной керамической плитки.
3. Химическая обработка поверхности деталей перед нанесением электрохимических покрытий.
4. Технологическая схема производства лавсанового волокна.
5. Технологическая схема производства древесно-волокнистых плит.

#### **Вариант 3**

1. Технологическая схема производства хрустальных фужеров.
2. Технологическая схема производства керамического кирпича.
3. Электрохимическая обработка поверхности деталей перед нанесением гальванических покрытий.
4. Технологическая схема производства капронового волокна.
5. Технологическая схема производства писчей бумаги.

#### **Вариант 4**

1. Технологическая схема производства стеклянных бутылок методом двойного выдувания.
2. Технологическая схема производства цемента мокрым способом.
3. Классификация и область применения гальванических покрытий.
4. Технологическая схема одностадийного процесса приготовления резиновых смесей.
5. Технологическая схема производства картона.

### **Вариант 5**

1. Технологическая схема производства листового стекла методом вертикального вытягивания стекла (ВВС).
2. Технологическая схема производства извести с применением шахтной печи.
3. Электрохимическое никелирование. Теоретические основы и технологическая схема.
4. Технологическая схема двухстадийного приготовления резиновых смесей.
5. Основные направления комплексной переработки древесного сырья.

### **Вариант 6**

1. Сырье для производства стекла. Технологическая схема приготовления шихты.
2. Термическая обработка (обжиг) в производстве вяжущих материалов.
3. Электрохимическое меднение. Теоретические основы и технологическая схема.
4. Технологическая схема производства полиэтилена высокого давления.
5. Сырье для производства резины. Технологическая схема производства резиновой обуви.

### **Вариант 7**

1. Технологическая схема производства листового стекла методом безлодочного вертикального вытягивания стекла (БВВС).
2. Технологическая схема производства санитарно-технической керамики.
3. Электрохимическое цинкование. Теоретические основы и технологическая схема.
4. Свойства, классификация и методы получения высокомолекулярных соединений.
5. Сырье для производства бумаги. Варка целлюлозы.

### **Вариант 8**

1. Сравнительная характеристика способов формования листового стекла.
2. Технологическая схема производства извести с использованием вращающейся печи.



3. Влияние различных факторов на структуру и свойства электрохимических покрытий.

4. Технологическая схема производства полистирола блочным методом.

5. Технологическая схема производства мешочной бумаги.

### **Вариант 9**

1. Технологическая схема производства хрустальных ваз.

2. Технологическая схема производства строительного гипса в гипсоварочных котлах.

3. Электрохимическое хромирование. Теоретические основы и технологическая схема.

4. Сравнительная характеристика способов формования волокна.

5. Технологическая схема производства газетной бумаги.

### **Вариант 10**

1. Технологическая схема производства стеклоблоков.

2. Технологическая схема производства керамзитового гравия.

3. Способы нанесения покрытий на металлическую основу. Их достоинства и недостатки. Теоретические основы нанесения электрохимических покрытий.

4. Способы формования изделий из пластмасс – прессование, литье, экструзия, каландрование.

5. Устройство бумагоделательной машины.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### *Основная*

1. Общая химическая технология: в 2 ч. / под ред. И. П. Мухленова. – М.: Высшая школа, 1984. – Ч. 1: Теоретические основы технологии. – 256 с.
2. Общая химическая технология: в 2 ч. / под ред. И. П. Мухленова. – М.: Высшая школа, 1984. – Ч. 2: Важнейшие химические производства. – 263 с.
3. Кутепов, А. М. Общая химическая технология / А. М. Кутепов, Т. И. Бондарева, М. Г. Веренгартен. – М.: Академкнига, 2007. – 528 с.
4. Соколов, Р. С. Химическая технология: в 2 т. / Р. С. Соколов. – М.: Гуманитарный издательский центр «ВЛАДОС», 2003. – Т. 1: Химическое производство в антропогенной деятельности. Основные вопросы химической технологии. Производство неорганических веществ. – 368 с.
5. Соколов, Р. С. Химическая технология: в 2 т. / Р. С. Соколов. – М.: Гуманитарный издательский центр «ВЛАДОС», 2003. – Т. 2: Металлургические процессы. Переработка химического топлива. Производство органических веществ и полимерных материалов. – 448 с.
6. Бесков, В. С. Общая химическая технология / В. С. Бесков. – М.: Академкнига, 2006. – 453 с.
7. Позин, М. Е. Физико-химические основы неорганической технологии / М. Е. Позин, Р. Ю. Зинюк. – СПб.: Химия, 1993. – 440 с.
8. Бобкова, Н. М. Общая технология силикатов / Н. М. Бобкова, Е. М. Дятлова, Т. С. Куницкая. – Минск: Вышэйшая школа, 1987. – 287 с.
9. Бобкова, Н. М. Химическая технология стекла и ситаллов / Н. М. Бобкова, Л. Ф. Папко. – Минск: БГТУ, 2005. – 196 с.
10. Гузман, И. Я. Химическая технология керамики / И. Я. Гузман. – М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2003. – 494 с.
11. Кузьменков, М. И. Химическая технология вяжущих веществ / М. И. Кузьменков, О. Е. Хотянович. – Минск: БГТУ, 2008. – 262 с.
12. Вансовская, К. М. Гальванические покрытия / К. М. Вансовская. – Л.: Машиностроение, 1984. – 199 с.
13. Коршак, В. В. Технология пластических масс / В. В. Коршак, Ю. В. Коршак, Д. Ф. Кутепов. – М.: Химия, 1985. – 559 с.

14. Власов, С. В. Основы технологии переработки пластмасс / С. В. Власов, Л. Б. Кандырин, В. Н. Кулезнев. – М.: Химия, 2004. – 598 с.
15. Зазулина, З. А. Основы технологии химических волокон / З. А. Зазулина, Т. В. Дружинина, А. А. Конкин. – М.: Химия, 1985. – 303 с.
16. Белозеров, Н. В. Технология резины / Н. В. Белозеров, Г. К. Демидов, В. Н. Овчинникова. – М.: Химия, 1993. – 460 с.
17. Никишов, В. Д. Комплексное использование древесины / В. Д. Никишов. – М.: Лесная промышленность, 1985. – 265 с.
18. Коверинский, И. Н. Основы технологии химической переработки древесины / И.Н. Коверинский. – М.: Лесная промышленность, 1984. – 184 с.
19. Иванов, С. Н. Технология бумаги / С. Н. Иванов. – М.: Школа бумаги, 2006. – 695 с.

### *Дополнительная*

20. Основы химической технологии / под ред. И. П. Мухленова. – М.: Высшая школа, 1991. – 462 с.
21. Миронович, И. М. Производственные технологии. Основы технологии производства продукции химического комплекса / И. М. Миронович. – Минск: Равноденствие, 2005. – 376 с.
22. Амелин, А. Г. Технология серной кислоты / А. Г. Амелин. – М.: Химия, 1983. – 360 с.
23. Технология связанного азота / под ред. В. И. Атрощенко. – Киев: Вища школа, 1985. – 327 с.
24. Позин, М. Е. Технология минеральных удобрений / М. Е. Позин. – Л.: Химия, 1989. – 352 с.
25. Классен, П. В. Основные процессы технологии минеральных удобрений / П. В. Классен, И. Г. Гришаев. – М.: Химия, 1990. – 302 с.
26. Технология фосфорных и комплексных удобрений / под ред. С. Д. Эвенчика, А. А. Бродского. – М.: Химия, 1987. – 464 с.
27. Технология калийных удобрений / под ред. В. В. Печковско-го. – Минск: Вышэйшая школа, 1978. – 302 с.
28. Химическая технология стекла и ситаллов / под ред Н. М. Павлушкина – М.: Стройиздат, 1983. – 432 с.
29. Пищ, И. В. Технология керамики / И. В. Пищ. – Минск: БГТУ, 2006. – 81 с.
30. Сулименко, Л. М. Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе / Л. М. Сулименко. – М.: Высшая школа, 2000. – 304 с.

31. Виноградов С. С. Оборудование и организация гальванических производств / С. С. Виноградов. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2001. – 168 с.

32. Производство изделий из полимерных материалов / под ред. В. К. Крыжановского. – СПб.: Профессия, 2004. – 461 с.

33. Альбом технологических схем основных производств резиновой промышленности / А. А. Мухутдинов [и др.]. – М.: Химия, 1980. – 72 с.

34. Кошелев, Ф. Ф. Общая технология резины / Ф. Ф. Кошелев, А. Е. Корнев, А. М. Буканов. – М.: Химия, 1978. – 527 с.

35. Гомонай, М. В. Технология переработки древесины / М. В. Гомонай. – М.: МГУЛ, 2001. – 232 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Программа дисциплины «Технология промышленных производств» .....	5
2. Общие методические рекомендации по изучению основных разделов дисциплины.....	11
3. Контрольные задания по дисциплине.....	12
3.1. Контрольная работа №1 .....	12
3.1.1. Методические рекомендации к выполнению контрольной работы .....	12
3.1.2. Задания к контрольной работе .....	16
3.2. Контрольная работа №2 .....	27
3.2.1. Методические рекомендации к выполнению контрольной работы .....	27
3.2.2. Задания к контрольной работе .....	39
Список рекомендуемой литературы.....	41

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

Составитель: **Залыгина** Ольга Сергеевна

Редактор *О. А. Готовчик*  
Компьютерная верстка *О. А. Готовчик*

Подписано в печать .....2011. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 2,5. Уч.-изд. л. 2,6.  
Тираж 50 экз. Заказ .

Отпечатано в Центре издательско-полиграфических  
и информационных технологий учреждения образования  
«Белорусский государственный технологический университет».  
220006. Минск, Свердлова, 13а.  
ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.  
ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.