

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра промышленной экологии

ТЕХНОЛОГИЯ ОСНОВНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

**Программа, методические указания
и контрольные задания для студентов
заочной формы обучения специальности
1-36 07 01 «Машины и аппараты химических производств
и предприятий строительных материалов»
специализации 1-36 07 01 01 «Машины и аппараты
химических производств»**

Минск 2011

УДК 66.0(073)

ББК 35.я.73

Т38

Рассмотрены и рекомендованы к изданию редакционно-издательским советом университета

С о с т а в и т е л ь

А. В. Лихачева

Р е ц е н з е н т

канд. техн. наук, доц. кафедры машин и аппаратов
химических и силикатных производств БГТУ *В. Н. Павлечко*

По тематическому плану изданий учебно-методической литературы университета на 2011 год. Поз. 121.

Для студентов специальности 1-36 07 01 «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов» специализации 1-36 07 01 01 «Машины и аппараты химических производств».

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2011

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина «Технология основных химических производств» является важной частью в системе подготовки квалифицированных инженеров-механиков для химического комплекса Республики Беларусь.

Ввиду большого многообразия производств, входящих в неорганическую технологию, в данной дисциплине основной акцент сделан на рассмотрение многотоннажных производств, имеющих в Республике Беларусь, а также получивших наибольшее распространение: производств фосфорных удобрений и солей, азотных удобрений, калийных удобрений и солей, комплексных удобрений.

Технология органических веществ включает рассмотрение производств, хорошо развитых в Республике Беларусь: технологию переработки нефти, полимерных материалов, древесины, производства химических волокон, резины, биотехнологию.

Главная цель дисциплины «Технология основных химических производств» – ознакомление студентов с технологиями производства основных неорганических и органических продуктов.

В соответствии с вышеуказанной целью ведущими задачами дисциплины выступают:

- ознакомление с историей развития, современным состоянием и перспективами развития рассматриваемых отраслей промышленности;
- изучение основных видов применяемого сырья, его состава и характеристик, требований к качеству сырья, месторождений, способов подготовки и обогащения сырья;
- постижение химизма и физико-химических основ процессов, составляющих производства, изучение влияния технологических параметров и обоснование оптимального технологического режима;
- обзор методов получения конкретных видов продукции и изучение технологических схем их производства;
- освоение технологических и технико-экономических показателей;
- ознакомление с экологическими проблемами в рассматриваемых производствах и путями их решения.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕХНОЛОГИЯ ОСНОВНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ»

Введение в дисциплину «Технология основных химических производств». Химическая технология как наука. Связь химической технологии с другими науками.

Раздел 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Структура промышленного комплекса Республики Беларусь. Характеристика основных отраслей промышленности Республики Беларусь. Основные предприятия топливной, химической и нефтехимической, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности в Республике Беларусь.

1.2. Химическая промышленность Республики Беларусь. Структура химической промышленности. Рациональное размещение химической промышленности. Научно-технический прогресс в химической промышленности. Понятие о наилучшей из доступных технологий производства продукции.

1.3. Сырьевая и энергетическая подсистемы химико-технологических процессов. Классификация сырья, запасы сырья и энергии, вторичные материальные и энергетические ресурсы. Рациональное и комплексное использование сырьевых ресурсов. Использование воды и воздуха в промышленности.

Раздел 2. ТЕХНОЛОГИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

2.1. Технология производства серной кислоты. Свойства серной кислоты и области применения. Сырье для получения серной кислоты. Физико-химические основы обжига серосодержащего сырья и физико-химические основы окисления сернистого ангидрида. Оптимальный режим. Технологическая схема производства серной кислоты контактным способом. Техничко-экономические показатели производства.

2.2. Производство азотной кислоты. Свойства азотной кислоты и области применения. Сырье для получения азотной кислоты. Физико-химические основы процесса. Оптимальный режим. Технологические схемы получения азотной кислоты. Техничко-экономические показатели производства.

2.3. 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.

2.4. Производство азотных удобрений. Виды азотных удобрений и их свойства. Сырье для получения азотных удобрений.

Производство карбамида. Общая характеристика состава, качества и свойств. Химизм и физико-химические основы производства. Влияние давления, температуры, соотношения реагентов и степени заполнения аппаратов на выход карбамида. Промышленные способы синтеза карбамида; разомкнутые и замкнутые схемы. Технологическая схема и аппаратурное оформление производства карбамида с полным жидкостным рециклом. Техничко-экономические показатели производства.

2.5. Производство экстракционной фосфорной кислоты. Фосфатное сырье и методы его переработки. Требования к фосфатному сырью. Методы переработки фосфатного сырья.

Способы производства и применение фосфорной кислоты. Физико-химические основы и технологическая схема производства экстракционной фосфорной кислоты. Техничко-экономические показатели производства.

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

Свойства и применение двойного и обогащенного суперфосфата. Производство двойного и обогащенного суперфосфата. Физико-химические основы, технологические схемы. Техничко-экономические показатели производства.

Производство фосфатов аммония. Характеристика фосфатов аммония. Принципиальная блок-схема получения фосфатов аммония. Аммофос; характеристика его состава, качества и свойств. Физико-химические основы производства. Технологическая схема и аппаратурное оформление производства аммофоса. Техничко-экономические показатели производства.

2.7. Производство калийных удобрений. Сырье калийной промышленности и методы его переработки.

Производство хлорида калия из сильвинита галургическим и флотационным методами. Физико-химические основы галургического и флотационного методов производства хлорида калия из сильвинита. Технологические схемы производства хлорида калия. Техничко-экономические показатели производства.

Раздел 3. ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

3.1. Технология переработки нефти. Состав, свойства и классификация нефти. Ассортимент нефтепродуктов, получаемых на нефтеперерабатывающих предприятиях. Первичная переработка нефти. Крекинг нефтепродуктов. Риформинг нефтепродуктов. Очистка нефтепродуктов. Технологические схемы и аппаратное оформление процессов переработки нефти. Основные технико-экономические показатели переработки нефти.

3.2. Основной органический синтез. Продукты основного органического синтеза. Сырье и процессы основного органического синтеза. Значение и перспективы развития основного органического синтеза.

3.3. Технология полимерных материалов. Общие сведения о полимерах. Свойства и применение полимерных материалов. Производство пластических масс. Состав и свойства пластических масс.

Полиэтилен, основные методы получения. Технологическая схема получения полиэтилена при высоком давлении. Технико-экономические показатели производства. Технология переработки пластических масс.

3.4. Технология производства изделий из резины. Основные сведения о свойствах и назначениях резин и каучуков. Резина как многокомпонентная система. Общая схема производства резиновых изделий. Ингредиенты резиновых смесей и их назначение. Основные процессы производства резинотехнических изделий (РТИ) и шин. Переработка изношенных шин и РТИ. Методы регенерации, использование регенерата.

3.5. Технология производства химических волокон. Классификация и использование химических волокон. Общая схема технологического процесса получения химических волокон.

Вискозное волокно. Общая схема технологического процесса получения вискозного волокна. Технико-экономические показатели производства.

Производство капронового волокна. Производство лавсанового волокна. Технологические схемы и аппаратное оформление производства химических волокон. Технико-экономические показатели производств.

Раздел 4. ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ, ХИМИКО-МЕХАНИЧЕСКОЙ И ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

4.1. Основные направления комплексной переработки древесного сырья. Химический состав и свойства древесины. Основные направления комплексной переработки древесины.

4.2. Технология производства бумаги и картона. Характеристика основных стадий производства. Технико-экономические показатели производства.

4.3. Технология гидролизного производства. Технологические свойства и применение этанола. Физико-химические основы производства. Технологическая схема производства. Технико-экономические показатели производства.

Раздел 5. БИОТЕХНОЛОГИЯ

5.1. Основные принципы осуществления биотехнологических процессов. Общие сведения об объектах биотехнологии. Обобщенная схема процессов в биотехнологии. Основные стадии биотехнологического процесса.

5.2. Перспективы и основные направления развития биотехнологии. Производство продуктов питания и пищевых добавок. Использование в сельском хозяйстве, медицине, химической промышленности, при решении проблем охраны окружающей среды и пр. Получение биогаза, этанола и других источников энергии.

Раздел 6. ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

6.1. Применение электрохимических технологий в промышленности. Электрохимические покрытия, электрохимический синтез. Использование технологии нанесения электрохимических покрытий на промышленных предприятиях Республики Беларусь.

6.2. 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, способы их устранения. Контроль качества покрытий.

Раздел 7. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОСНОВНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ И ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

По существующему учебному плану дисциплина изучается студентами IV и V курсов заочного отделения на очных и заочных занятиях. Очные занятия проводятся во время сессии и заключаются в прослушивании обзорных лекций и выполнении лабораторных работ. Для лучшего усвоения материала предусмотрено выполнение студентами двух контрольных работ.

План работы по дисциплине представлен в табл. 1.

Таблица 1

План работы по дисциплине

Семестр	Лекции	Лабораторный практикум	Контрольная работа	Форма контроля знаний
7	+	–	–	–
8	+	+	№ 1	– защита контрольной работы – защита отчетов по лабораторным работам – текущий контроль знаний – зачет
9	+	+	№ 2	– защита контрольной работы – защита отчетов по лабораторным работам – текущий контроль знаний – экзамен

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ИЗУЧЕНИЮ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Технология основных химических производств» изучается после освоения таких общепрофессиональных и специальных дисциплин, как «Общая, неорганическая и физическая химия», «Общая химическая технология», «Материаловедение и технология конструкционных материалов». В процессе работы будут также востребованы знания, полученные при изучении дисциплин «Физика», «Термодинамика и теплопередача» и др.

Помимо рекомендуемой литературы, при освоении дисциплины можно пользоваться и дополнительными источниками, так как специ-

альной литературы по технологиям основных производств издано и издается достаточно много.

При выполнении контрольных работ студентам будут полезны такие периодические издания, как статистические справочники, например «Беларусь в цифрах», «Промышленность Республики Беларусь» и др.

Полезную и достоверную информацию студенты могут приобрести в Интернете на официальных сайтах, например:

– официальный сайт Белорусского государственного концерна по нефти и химии «Белнефтехим» – belneftekhim.by;

– официальный сайт Белорусского государственного концерна по производству и реализации фармацевтической и микробиологической продукции «Белбиофарм» – belbiopharm.by;

– официальный сайт Белорусского производственно-торгового концерна лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности «Беллесбумпром» – bellesbumprom.by;

– официальный сайт Министерства промышленности Республики Беларусь – minprom.gov.by;

– официальный сайт Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды – minpriroda.by.

При изучении вопросов, вынесенных в контрольные работы, необходимо обратить внимание на следующие рекомендации:

– ответы на вопросы, предусматривающие изучение принципиальной схемы рассматриваемого производства, должны содержать не только рисунок названной схемы, но и характеристику основных стадий производства;

– при описании технологической схемы рассматриваемого производства должны быть указаны технологические параметры и приведена характеристика основного используемого оборудования;

– ответы на вопросы об используемом сырье в технологии должны содержать информацию о наличии сырья в достаточном количестве в Республике Беларусь, об альтернативных источниках сырья и т. д.;

– при характеристике технико-экономических показателей производств особое внимание должно быть уделено расходным коэффициентам сырья, воды, энергии и других ресурсов на единицу продукции, сравнительному анализу разных способов производства и т. д.;

– при рассмотрении вопросов, связанных с перспективой развития отрасли промышленности, должны быть раскрыты такие вопросы, как переход на ресурсо- и энергосберегающие технологии, замена сырья и материалов местным сырьем, отходами и прочим, получение продукции с лучшими эксплуатационными характеристиками и т. д.

По согласованию с преподавателем типовое задание на контрольную работу может быть заменено индивидуальным. В этом случае студенту предлагается более подробно изучить то производство, на котором он работает,

а в контрольной работе представить следующую информацию:

- 1) название производства, его отраслевую принадлежность;
- 2) характеристику выпускаемой продукции: описание внешнего вида, свойств, назначения, область применения и др.;
- 3) характеристику сырья, обеспеченность местным сырьем, удельные нормы расхода на производство единицы продукции, характеристику водопотребления и др.;
- 4) потребление энергоресурсов: виды, количество на единицу продукции, использование вторичных энергетических ресурсов и др.;
- 5) физико-химические основы производства;
- 6) принципиальную схему производства (схему материальных потоков);
- 7) технологическую схему производства;
- 8) характеристику основного оборудования;
- 9) материальный баланс производства (по возможности и тепловой баланс);
- 10) технико-экономические показатели производства;
- 11) перспективы развития производства.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Прежде чем приступить к решению задач контрольной работы, рекомендуется освоить теоретический материал соответствующей темы, обратив особое внимание на связь физико-химических основ изучаемого процесса с его аппаратурным оформлением и технологическими параметрами процесса.

Для этого следует начинать рассмотрение изучаемого производства с его химической схемы, переходя затем к подробному разбору отдельных стадий, включая их теоретическое обоснование и аппаратурное оформление. Отдельные этапы работы над общей схемой будут сопровождаться решением задач контрольной работы, иллюстрирующих соответствующую стадию производства, что позволит студентам установить логическую связь между теорией и конкретным технологическим материалом.

Решение некоторых задач требует применения справочного материала в виде таблиц, номограмм, графиков. Этот материал содержится в рекомендуемой литературе и представлен в приложениях методиче-

ских указаний. Работая со справочным материалом, необходимо обращать внимание на правильное использование исходных данных, особенно на размерность величин.

Решение технологических задач требует определенной методической культуры в выполнении расчетов и оформлении результатов. Это включает: грамотную запись условий задачи, выбор кратчайшего пути ее решения, правильное применение расчетных формул, использование принятых в технологических расчетах обозначений и размерностей величин.

Если технологический процесс протекает в несколько последовательных стадий и в условии задачи не требуется определять количество промежуточных продуктов, то задачу следует решать кратчайшим путем, определяя предварительно общий выход целевого продукта (см. пример 6).

Технологические задачи целесообразно решать поэтапно, предварительно четко представив себе общий ход решения и цель каждого этапа. Однако не следует излишне мельчить этапы решения (например, сначала определять массу получаемого продукта без учета его концентрации и выхода, затем пересчитывать полученный результат с учетом выхода, потом вводить поправку на концентрацию и т. п.). При технологических расчетах нужно избегать промежуточных вычислений, которые часто становятся дополнительным источником ошибок. Все преобразования рекомендуется, по возможности, производить с буквенными обозначениями величин, подставляя численные значения их только в полученную конечную формулу. При этом следует внимательно следить за размерностями подставляемых в формулу величин, вводя в случае необходимости коэффициенты пересчета.

Во всех случаях нужно указывать размерность полученных в результате расчета величин, пересчитывая их по мере надобности из меньших в большие (например, килограммы в тонны и т. п.).

При решении технологических задач большое значение имеет точность вычислений. Она должна быть достаточной для получения достоверных результатов, но не чрезмерной. Точность вычислений зависит от поставленной в задаче цели и обычно задается условиями этой задачи. Здесь следует руководствоваться правилом: искомые величины вычисляются до того же знака, что и заданные в условии. В необходимых случаях их следует округлять.

Решение многих технологических задач существенно облегчается при использовании графических схем, позволяющих наглядно отразить природу, состав и направления перемещения материальных потоков веществ, участвующих в технологическом процессе. Этот метод целесообразно применять при составлении материальных балансов, решении

сложных задач с участием большого количества вводимых в переработку и получаемых веществ и задач, связанных с переходом компонентов из одних систем в другие, для наглядного представления всей совокупности протекающих процессов.

Например, требуется составить графическую схему материального баланса обжига пиритного концентрата в печи кипящего слоя (КС) при избытке воздуха (рис. 1).

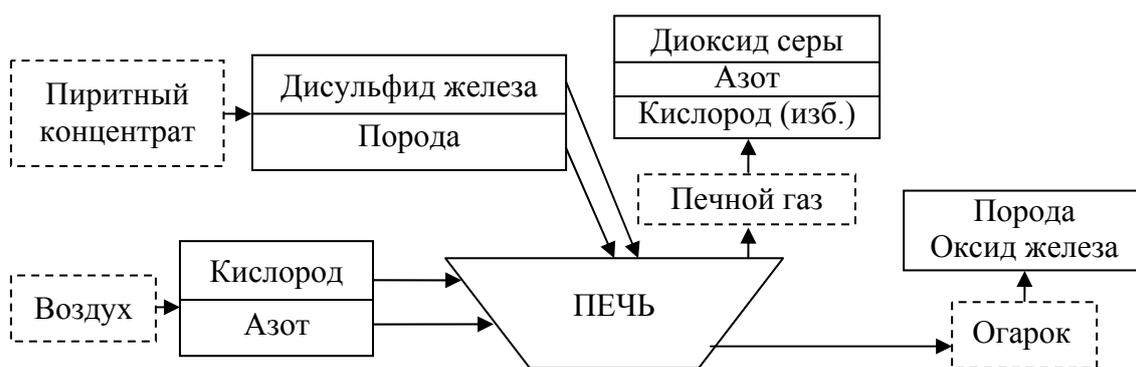


Рис. 1. Графическая схема материального баланса обжига пиритного концентрата в печи (КС)

Условие задачи записывается в выполняемую контрольную работу полностью.

Рассмотрим теоретические основы и алгоритмы решения наиболее распространенных типов технологических задач.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ № 1

Прежде чем приступить к конструированию какого-либо аппарата, нового производства, а также для анализа работы существующих, необходимо произвести подробный технологический расчет всего процесса производства или той его части, которая непосредственно связана с конструируемым аппаратом. В основу любого технологического расчета положены два основных закона: 1) закон сохранения массы вещества и 2) закон сохранения энергии. На первом из них базируется составление материального баланса, на втором – энергетического баланса.

Закон сохранения масс веществ заключается в том, что в любой замкнутой системе масса вещества остается постоянной независимо от того, какие изменения претерпевают вещества в этой системе. Применительно к расчету материального баланса какого-либо технологического процесса производства данный закон принимает следующую простую формулировку: масса вещества, поступившего на технологическую опе-

рацию – приход, равна массе всех веществ, полученных в результате операции – расход. Сумма приходов компонентов должна быть равна сумме расходов независимо от состава компонента при поступлении и выходе, т. е. независимо от того, каким изменениям они подверглись в данном аппарате.

Материальный баланс составляют на единицу массы основного продукта (килограмм, тонна) или на производительность установки (кг/ч, т/ч). Определение массы вводимых компонентов и полученных продуктов производят отдельно для твердой, жидкой и газообразной фаз.

Материальный баланс составляют по уравнению основной суммарной реакции с учетом параллельных и последовательных реакций. При расчете практического материального баланса принимают во внимание полный состав исходного сырья и готовой продукции, избыток компонентов, степень превращения, селективность, потери сырья и готового продукта и т. д. Результаты расчета сводят в таблицу материального баланса.

Материальный баланс является основой для составления теплового баланса.

В соответствии с законом сохранения энергии в замкнутой системе сумма всех видов энергии постоянна; энергия не может ни исчезнуть бесследно, ни возникнуть из ничего; она может только перейти в строго эквивалентное количество другого вида энергии. Так как теплота представляет собой один из видов энергии, то в случае, если она в данном аппарате не превращается в другой вид энергии, закон может быть сформулирован следующим образом: приход теплоты в данном цикле производства должен быть равен расходу ее в этом же цикле. При этом необходимо учесть теплосодержание каждого компонента, как входящего, так и выходящего из процесса или аппарата, а также теплообмен с окружающей средой.

Изменение, которое претерпевает в процессе производства вещество, может быть или физическим, в результате которого вещество меняет только свои физические свойства, или химическим, в результате которого вещество претерпевает изменения химического состава. Таким образом, прежде чем приступить к составлению материального и теплового баланса того либо иного технологического процесса, необходимо ясно и четко представлять себе закономерности этого процесса.

3.1. Расчет количества и состава технических продуктов. В промышленной практике довольно часто приходится иметь дело с вычислениями количественных соотношений между компонентами начальных и конечных продуктов производства, в основе которого лежат физические процессы. При этих процессах не образуются новые компоненты,

а только происходят изменения состава продуктов, которые подвергаются обработке или хранению при определенных условиях. Поэтому, составляя материальный баланс этих процессов, следует иметь в виду, что в приходной и расходной его частях участвуют одни и те же компоненты, но только в различных количественных соотношениях.

Пример 1. Влажность 125 т каменного угля при его хранении на складе изменилась с 6,5 до 4,2%. Определить, на сколько изменилась масса угля.

Решение. Масса влаги в первоначальном количестве угля равна

$$125 \cdot 0,065 = 8,125 \text{ т.}$$

Масса сухого угля равна

$$125 - 8,125 = 116,875 \text{ т.}$$

Масса угля при содержании в нем 4,2% влаги составит

$$116,875 / (1,0 - 0,042) = 122,0 \text{ т.}$$

Таким образом, 125 т угля за счет уменьшения влажности потеряли в массе

$$125 - 122 = 3 \text{ т.}$$

Пример 2. На кристаллизацию поступает 10 т насыщенного водного раствора хлорида калия при 100°C. Во время кристаллизации раствор охлаждается до 20°C. Определить выход кристаллов хлорида калия, если растворимость его при 100°C составляет 56,7 г, а при 20°C – 34 г на 100 г воды.

Решение. Обозначим массу кристаллов KCl через G .

Содержание хлорида калия в растворе, поступающего на кристаллизацию

$$C_{\text{нач}} = 56,7 \cdot 100 / (56,7 + 100) = 36,2\%;$$

после кристаллизации

$$C_{\text{кон}} = 34,0 \cdot 100 / (34,0 + 100) = 25,4\%.$$

Приход:

масса KCl в 10 т начального раствора при 100°C:

$$0,362 \cdot 10 = 3,62 \text{ т.}$$

Расход:

масса кристаллов хлорида калия G_m ;

масса маточного раствора $(10 - G_m)$;

масса KCl в маточном растворе при 20°C:

$$0,254(10 - G_m).$$

Отсюда имеем $3,62 = G + 0,254(10 - G_m)$.

Решая это уравнение, получим $G = 1,45 \text{ т.}$

Пример 3. Свежедобытый торф имел состав (в процентах): влага – 85,2; кокс – 5,2; летучие – 8,8; зола – 0,8. Рассчитать состав торфа после сушки.

Решение. В 100 кг свежедобытого торфа содержалось $8,8 + 5,2 + 0,8 = 14,8$ кг летучих, кокса и золы.

Отсюда состав безводного торфа следующий (в процентах):

летучие: $8,8 \cdot 100 / 14,8 = 59,5$;

кокс: $5,2 \cdot 100 / 14,8 = 35,1$;

зола: $0,8 \cdot 100 / 14,8 = 5,4$.

В пересчете на воздушно-сухой торф (с 10%-ной влаги) это составит:

летучие: $(100 - 10) \cdot 0,595 = 53,5$ кг, или 53,5%;

кокс: $(100 - 10) \cdot 0,351 = 31,6$ кг, или 31,6%;

зола: $(100 - 10) \cdot 0,054 = 4,9$ кг, или 4,9%;

влага: 10 кг, или 10%.

Всего 100 кг, или 100%.

Пример 4. Предприятие отгрузило 60 т KCl с содержанием 59% K₂O. За какую массу удобрения потребитель будет производить расчет? Определить процентное содержание примесей в удобрении. Общепринято, что азотные удобрения пересчитываются на элементарный азот, все фосфорные – на P₂O₅, калийные – на K₂O.

Решение. Так как удобрение содержит 59% K₂O, то масса, за которую будет производить расчет потребитель, составит

$$10 \cdot 59 / 100 = 5,9 \text{ т.}$$

Содержание примесей в удобрении рассчитывают исходя из массы K₂O в чистом (100%-ном) KCl и в отгружаемом удобрении. Разница между ними – это и будет содержание примесей. Найдем процентное содержание по пропорции, но сначала определим содержание K₂O в чистом (100%-ном) KCl:

$$\%K_2O = \left(\frac{M_{K_2O}}{M_{KCl} \cdot 2} \right) \cdot 100,$$

где M_{K_2O} – молярная масса K₂O (94); M_{KCl} – молярная масса KCl (74,45); 2 – два атома калия в оксиде калия.

Тогда в чистом (100%-ном) KCl содержится

$$\%K_2O = \left(\frac{94}{74,45 \cdot 2} \right) \cdot 100 = 63,13\%.$$

Составим пропорцию:

$$63,13\% - 100\%$$

$$59\% - x\%$$

$$x = 93,5\%.$$

Тогда содержание примесей составит

$$100 - 93,5 = 6,5\%,$$

или

$$60 \cdot 6,5 / 100 = 3,9 \text{ т.}$$

3.2. Стехиометрические расчеты. Расчеты технологических процессов, в результате которых происходит химическое изменение вещества, основаны на стехиометрических законах: законе постоянства состава и законе кратных отношений, которые выражают собой взаимное отношение атомов и молекул при их химическом взаимодействии друг с другом.

Согласно закону постоянства состава, любое вещество, какими бы способами его не получали, имеет вполне определенный состав.

Закон кратных отношений состоит в том, что при образовании какого-либо простого или сложного вещества химические элементы в молекулу последнего входят в количествах, равных или кратных их атомному весу. Если же отнести этот закон к объемам вступающих в реакцию веществ, то он примет следующую формулировку: если вещества вступают в химическую реакцию в газообразном состоянии, то они при одинаковых условиях (p и T) могут соединяться только в объемах, которые соотносятся между собой как целые числа.

Пример 5. Химический анализ природного известняка показал следующее. Из навески известняка 1,0312 г путем ее растворения, последующего осаждения иона Ca^{+2} щавелевокислым аммонием и прокаливанием осадка CaC_2O_4 получено 0,5384 г CaO , а из навески 0,3220 г путем разложения кислотой получено 68,5 см^3 CO_2 (приведенных к нормальным условиям). Подсчитать содержание углекислого кальция и магния в известняке, если весь кальций в нем находится только в виде CaCO_3 , а угольная кислота – в виде карбонатов кальция и магния.

Решение. Молярная масса CaO – 56,08; CO_2 – 44; CaCO_3 – 100,1; MgCO_3 – 84,32 г/моль. Молярный объем CO_2 равен 22,26 $\text{дм}^3/\text{моль}$ (22 260 $\text{см}^3/\text{моль}$). По данным анализа, из 100 г природного известняка получено

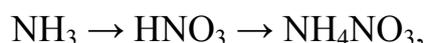
$$0,5384 \cdot 100 / 1,0312 \cdot 56,08 = 0,931 \text{ моль } \text{CaO};$$

$$68,5 \cdot 100 / 0,3220 \cdot 22\ 260 = 0,956 \text{ моль } \text{CO}_2.$$

Отсюда следует, что в 100 г известняка содержится 0,931 моль, или $0,931 \cdot 100,1 = 93,2$ г CaCO_3 . На это количество CaCO_3 выделится при разложении 0,931 моль CO_2 . Остальные $(0,956 - 0,931) = 0,025$ моль CO_2 связаны в известняке в виде MgCO_3 . Следовательно, в 100 г известняка содержится $0,025 \cdot 24,32 = 2,1$ г MgCO_3 .

Таким образом, природный известняк содержит 93,2% CaCO_3 , 2,1 – MgCO_3 и 4,7% – пустой породы.

Пример 6. Определить массу нитрата аммония, полученного нейтрализацией азотной кислоты, если процесс протекает по схеме



а выходы продуктов по стадиям I (получение азотной кислоты) и II (получение нитрата аммония) равны, соответственно, 0,95 и 0,99. Массы аммиака и нитрата аммония равны 1 т и $m(\text{NH}_4\text{NO}_3)$, а молярные массы 17 и 80.

Решение. Общий выход в процессе, т. е. выход нитрата аммония от аммиака, определяется как произведение выходов на отдельных стадиях:

$$\eta = 0,95 \cdot 0,99 = 0,94.$$

Масса нитрата аммония составит

$$m(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 1 \frac{80 \cdot 0,94}{17} = 4,4 \text{ т.}$$

3.3. Расчеты расходных коэффициентов. Расходные коэффициенты – величины, характеризующие расход различных видов сырья, воды, топлива, электроэнергии, пара на единицу вырабатываемой продукции. При конструировании аппаратов и определении параметров технологического режима задаются также условия, при которых рационально сочетаются высокая интенсивность и производительность процесса с высоким качеством продукции и возможно более низкой себестоимостью.

На практике обычно чем меньше расходные коэффициенты, тем экономичнее процесс и, соответственно, тем меньше себестоимость продукции. Однако снижение расходных коэффициентов ниже определенного минимума связано с необходимостью повышения чистоты исходных материалов, степеней извлечения, выхода продукта, что требует значительных расходов и может повести к увеличению себестоимости продукта.

Особое значение имеют расходные коэффициенты по сырью, поскольку для большинства химических производств 60–70% себестоимости приходится на эту статью.

Для расчета расходных коэффициентов необходимо знать все стадии технологического процесса, в результате осуществления которых происходит превращение исходного сырья в готовый продукт.

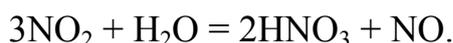
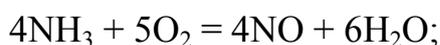
Теоретические расходные коэффициенты A_T учитывают стехиометрические соотношения, по которым происходит превращение входных веществ в целевой продукт. Практические расходные коэффициенты $A_{пр}$, кроме этого, учитывают производственные потери на всех стадиях процесса, а также побочные реакции, если они имеют место.

Расходные коэффициенты для одного и того же продукта зависят от состава исходных материалов и могут значительно отличаться друг от

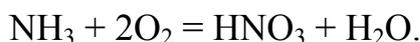
друга. Поэтому в тех случаях, когда производство и сырье отдалены друг от друга, необходима предварительная оценка по расходным коэффициентам при выборе того или иного типа сырья с целью определения экономической целесообразности его использования.

Пример 7. Определить расход аммиака, требуемый для производства 100 000 т/год азотной кислоты, и расход воздуха на окисление аммиака ($\text{м}^3/\text{ч}$), если цех работает 355 дней в году, выход оксида азота $x_1 = 0,97\%$, степень абсорбции $x_2 = 0,92$, а содержание аммиака в аммиачно-воздушной смеси – 11,5 об. %.

Решение. Окисление аммиака – первая стадия получения азотной кислоты из него. По этому методу аммиак окисляется кислородом воздуха в присутствии платинового катализатора при 800–900°C до оксидов азота. Затем полученный оксид азота окисляется до диоксида азота, который после поглощается водой с образованием азотной кислоты. Схематично процесс можно изобразить следующими уравнениями:



Для материальных расчетов можно в первом приближении записать суммарное уравнение этих трех стадий в виде



Молекулярная масса: NH_3 – 17; HNO_3 – 63.

Необходимое количество аммиака для получения 100 000 т HNO_3 с учетом степени окисления и степени абсорбции составит

$$100\,000 \cdot 17 / 63 \cdot 0,97 \cdot 0,92 = 30\,300 \text{ т.}$$

Расход аммиака составит

$$1000 \cdot 30\,300 / 355 \cdot 24 = 3560 \text{ кг/ч.}$$

Расход аммиака будет

$$3560 \cdot 22,4 / 17 = 4680 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Расход воздуха ($\text{м}^3/\text{ч}$), требуемый для окисления (в составе аммиачно-воздушной смеси), будет равен

$$4680 (100 - 11,5) / 11,5 = 36\,000 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

3.4. Принципы составления материальных балансов химико-технологических процессов. Материальные расчеты наряду с тепловыми являются основой технологических расчетов. К ним следует отнести определение выхода главного и побочных продуктов, расходных коэф-

фициентов по сырью, производственных потерь. Только определив материальные потоки, можно произвести необходимые конструктивные расчеты производственного оборудования и коммуникаций, оценить экономическую эффективность и целесообразность процесса. Составление материального баланса требуется как при проектировании нового, так и при анализе работы существующего производства. В процессе проектирования новых производств используется опыт существующих и учитываются результаты современных новейших исследований. На основе сравнительного технико-экономического анализа действующих производств возможно выбрать наиболее рациональную технологическую схему, оптимальные конструкции аппаратов и условия осуществления процесса.

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

$$\sum G_i = \sum G' + \sum G_{\text{пот}}$$

Теоретический материальный баланс рассчитывается на основе 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.

Из данных материального баланса можно найти расход сырья и вспомогательных материалов на заданную мощность аппарата, цеха, предприятия, себестоимость продукции, выходы продуктов, объем реакционной зоны, число реакторов, производственные потери (непроизводительный расход сырья, материалов, готового продукта на разлив, утечку, унос).

Все данные записывают в виде таблицы (табл. 2).

Таблица 2

Материальный баланс

Приход				Расход			
исходное вещество	кг	м ³	%	продукт	кг	м ³	%
G_1				G_4			
G_2				G_5			
G_3				G_6			
<i>Итого</i>				<i>Итого</i>			

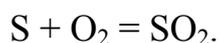
Примечание. G_1, G_2, G_3 – массы исходных реагентов; G_4, G_5, G_6 – массы целевого, побочных продуктов и отходов соответственно.

Расчеты обычно выполняют в единицах массы (килограмм, тонна); можно вести расчет в молях. Только для газовых реакций, идущих без изменения объема, в некоторых случаях возможно ограничиться составлением баланса в метрах кубических.

Материальный баланс составляется (в зависимости от условий и задания) на единицу (1 кг, 1 кмоль и т. п.), или на 100 единиц (100 кг), или на 1000 единиц (1000 кг) массы основного сырья или продукта. Очень часто баланс составляется на массовый поток в единицу времени (кг/с), а иногда на поток, поступающий в аппарат в целом.

Пример 8. 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 $\alpha = 1,5$. Расчет следует вести на производительность печи по сжигаемой сере (кг/ч).

Решение. Процесс горения серы описывается уравнением реакции



Производительность печи: $60 / 24 = 2,5$ т/ч = 2500 кг/ч серы.

Количество окисленной до SO_2 серы: $2500 \cdot 0,95 = 2375$ кг.

Осталось в виде паров неокисленной серы: $2500 - 2375 = 125$ кг.

Израсходовано кислорода на окисление:

$$V(O_2) = 2375 \cdot 22,4 / 32 = 1670 \text{ м}^3.$$

С учетом коэффициента избытка α : $1670 \cdot 1,5 = 2500 \text{ м}^3$, или $2500 \cdot 32 / 22,4 = 3560$ кг O_2 .

С кислородом поступает азота: $V(N_2) = 2500 \cdot 79 / 21 = 9459 \text{ м}^3$, или $9450 \cdot 28 / 22,4 = 11\,800$ кг.

Образовалось в результате реакции диоксида серы:

$$2375 \cdot 64 / 32 = 4750 \text{ кг, или } V(SO_2) = 4750 / 64 \cdot 22,4 = 1675 \text{ м}^3.$$

Осталось неизрасходованного кислорода: $1670 \cdot 0,5 = 835 \text{ м}^3$, или $835 / 22,4 \cdot 32 = 1185$ кг.

Полученные данные сводим в табл. 3.

Таблица 3

Материальный баланс печи для сжигания серы

Приход			Расход		
исходные компоненты	кг	м ³	продукт	кг	м ³
S	2 500	73,9	S	125	—
O ₂	3 560	2 500	SO ₂	4 750	1 670
N ₂	11 800	9 450	O ₂	1 185	835
—	—	—	N ₂	11 800	9 450
<i>Итого</i>	17 860	11 950	<i>Итого</i>	17 860	11 955

На основе материального баланса составляют тепловой баланс, позволяющий определить потребность в топливе, величину тепло-обменных поверхностей, расход теплоты или хладагентов.

4. Методические рекомендации к решению задач контрольной работы № 2

Прежде чем приступить к решению задач контрольной работы, рекомендуется изучить теоретические основы вопросов, вынесенных в задачи.

Как указывалось выше, в технологии основных производств важным является расчет расходов технологических потоков. Наиболее разработаны два подхода к определению расхода материальных потоков: по материальному и тепловому балансам и по удельным нормам расхода компонентов. Задачи, предлагаемые в контрольной работе, предполагают использование обоих подходов.

4.1. Материальный и тепловой балансы первичной перегонки нефти. Материальный баланс колонны для ректификации может быть составлен в массовых единицах или процентах. Результаты расчета материального баланса сложных смесей сводят в табл. 4.

Таблица 4

Материальный баланс ректификационной колонны

Взято				Получено			
продукт	°С	мас. %	кг/ч	продукт	°С	мас. %	кг/ч
Сырье Пар				Фракция 1			
				Фракция 2			
				Фракция 3			
				Остаток			
				Пар			
				Потери			
<i>Всего</i>				<i>Всего</i>			

На рис. 2 дана схема колонны с указанием технологических потоков.

Материальный баланс при установившемся режиме можно записать следующим образом:

$$\text{Сырье} = \text{фракция 1} + \text{фракция 2} + \text{фракция 3} + \text{остаток.}$$

Тепловой баланс колонны учитывает все тепло, вносимое в колонну и выносимое из нее. Согласно закону сохранения энергии, можно написать (без учета потерь тепла в окружающую среду) следующее:

$$\sum Q_{\text{вх}} = \sum Q_{\text{вых}},$$

где $\sum Q_{\text{вх}}$ – суммарное тепло, входящее в колонну, кДж/ч; $\sum Q_{\text{вых}}$ – суммарное тепло, выходящее из колонны, кДж/ч.

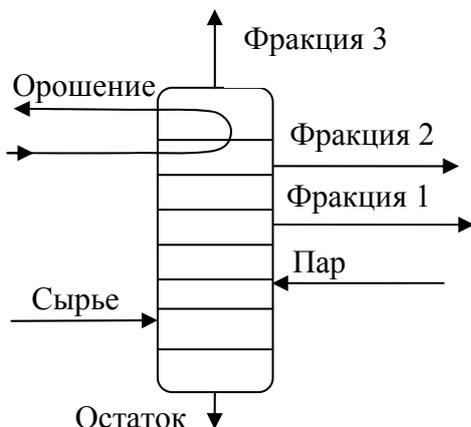


Рис. 2. Схема материальных потоков в ректификационной колонне

Тепло, вводимое в колонну (см. рис. 2):
1) с сырьем, нагретым до температуры T (Q_c , кДж/ч):

$$Q_c = G_c \cdot I_c, \quad (1)$$

где G_c – расход сырья, кг/ч; I_c – энтальпия сырья, кДж/кг.

Энтальпия жидких нефтепродуктов численно равна количеству тепла (в джоулях), необходимого для нагрева 1 кг продукта от 0°C (273 К) до заданной температуры.

Энтальпией паров при заданной температуре принято считать количество тепла, необходимого для нагрева вещества от 0°C (273 К) до заданной температуры,

с учетом тепла испарения при той же температуре и перегрева паров. Энтальпия измеряется в кДж/кг.

Для определения энтальпии жидких нефтепродуктов используют следующую формулу, кДж/кг:

$$I^{\text{ж}} = \frac{a}{\sqrt{d_{15}^{15}}}, \quad (2)$$

где a – справочная величина, определяемая по прил. Д; d_{15}^{15} – относительная плотность нефтепродукта:

$$d_4^{20} = d_{15}^{15} - 5a', \quad (3)$$

где d_4^{20} – плотность нефтепродукта при температуре 20°C ; a' – средняя температурная поправка (прил. А).

Для определения энтальпии паров нефтепродуктов используют следующую формулу, кДж/кг:

$$I^n = a(4 - d_{15}^{15}) - 308,99, \quad (4)$$

где a – справочная величина, определяемая по прил. В;

2) с водяным паром, подаваемым на отпарку ($Q_{\text{пар}}$, кДж/ч).

Общее количество тепла, вводимого в колонну, составит

$$Q_{\text{вх}} = Q_c + Q_{\text{пар}}. \quad (5)$$

Тепло выводится из колонны (см. рис. 2):

1) с парами каждой фракции ($Q_{\text{ф1}}$, $Q_{\text{ф2}}$, $Q_{\text{ф3}}$, кДж/ч);

- 2) с жидким остатком ($Q_{\text{ост}}$, кДж/ч);
 3) с верхним орошением ($Q_{\text{ор}}$, кДж/ч).

Общее количество тепла, выводимого из колонны, составит

$$Q_{\text{вых}} = Q_{\text{ф1}} + Q_{\text{ф2}} + Q_{\text{ф3}} + Q_{\text{ост}} + Q_{\text{ор}}$$

Подставляя полученные значения в равенство (1), получаем

$$G_{\text{с}} \cdot I_{\text{с}} + G_{\text{пар}} \cdot I_{\text{пар}} = G_{\text{ф1}} \cdot I_{\text{ф1}} + G_{\text{ф2}} \cdot I_{\text{ф2}} + G_{\text{ф3}} \cdot I_{\text{ф3}} + G_{\text{ост}} \cdot I_{\text{ост}} + Q_{\text{ор}},$$

где $G_{\text{с}}$, $G_{\text{пар}}$, $G_{\text{ф1}}$, $G_{\text{ф2}}$, $G_{\text{ф3}}$, $G_{\text{ост}}$ – расход технологического потока, соответственно: сырья, пара, фракции 1, фракции 2, фракции 3, остатка, кг/ч; $I_{\text{с}}$, $I_{\text{пар}}$, $I_{\text{ф1}}$, $I_{\text{ф2}}$, $I_{\text{ф3}}$, $I_{\text{ост}}$ – энтальпия соответствующего потока при указанной температуре, кДж/кг.

Пример 9. В ректификационную колонну подают 351 800 кг/ч нефти, нагретой до 360°C ($d_4^{20} = 0,875$) и 7024 кг/ч водяного пара ($p = 0,3$ МПа, $t = 400^\circ\text{C}$). В результате ректификации получают 28,6 т/ч бензиновой фракции ($d_4^{20} = 0,712$), 60 т/ч керосиновой ($d_4^{20} = 0,776$), 63,3 т/ч фракции дизельного топлива ($d_4^{20} = 0,855$) и 199,9 т/ч мазута ($d_4^{20} = 0,967$). Определить необходимую массу подаваемого в колонну циркуляционного орошения. Температурный режим колонны дан на рис. 3.

Алгоритм решения задачи

1. Для успешного решения задачи необходимо составить схему колонны в соответствии с заданием (см. рис. 3).

2. Колонна разбивается на секции в зависимости от выводимого из нее продукта: секция дизельного топлива (контур А), секция керосиновой фракции (контур Б), секция бензиновой фракции (контур В).

3. Рассчитывают d_{15}^{15} для всех материальных потоков (эти величины остаются постоянными при расчетах во всех контурах):

$$d_{15}^{15} \text{ бензин} = d_4^{20} + 5a' = 0,712 + 5 \times 0,000 884 = 0,716;$$

$$d_{15}^{15} \text{ керосин} = 0,776 + 5 \cdot 0,000 805 = 0,780;$$

$$d_{15}^{15} \text{ дизтопливо} = 0,855 + 5 \cdot 0,000 699 = 0,859.$$

$$d_{15}^{15} \text{ мазут} = 0,967 + 5 \cdot 0,000 554 = 0,970.$$

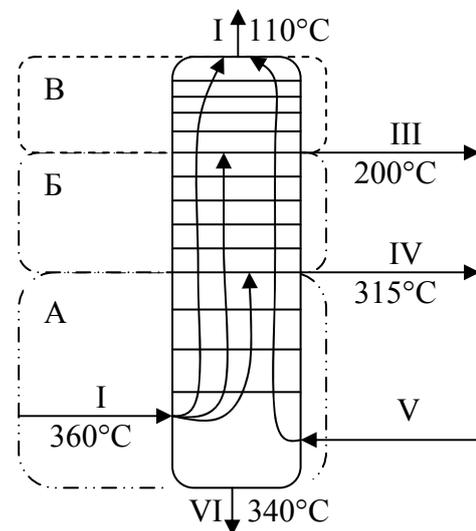


Рис. 3. Схема колонны к примеру 9:
 I – нефть; II – бензин и водяной пар; III – керосин;
 IV – дизельное топливо;
 V – водяной пар; VI – мазут

4. Определяют энтальпии материальных потоков:
- нефть: по номограмме (прил. Г) в зависимости от температуры потока и плотности – 924 кДж/кг;
 - водяной пар (прил. Б) – 3278,2 кДж/кг;
 - мазут: отводится из колонны в жидком состоянии, поэтому энтальпию рассчитывают по формуле (2):

$$I^{\text{ж}} = \frac{770,28}{\sqrt{0,970}} = 782,1.$$

Бензин, керосин и дизельное топливо из секции А переходят в секцию Б в парообразном состоянии, поэтому энтальпию этих потоков рассчитываем по формуле (4):

$$I^{\text{бензин}} = 412,42(4 - 0,716) - 308,99 = 1045,4.$$

Аналогично рассчитывают энтальпию для керосиновой фракции и дизельного топлива.

5. Рассчитывают количество тепла, вводимого и выводимого из колонны, по формуле

$$Q_i = G_i \cdot I_i.$$

Нефть: $Q = 351\,800 \cdot 924 = 325\,063\,200$ кДж/ч.

Водяной пар:

– на входе: $Q = 7024 \cdot 3278,2 = 23\,026\,077$ кДж/ч;

– на выходе: $Q = 7024 \cdot 3097 = 21\,753\,328$ кДж/ч.

Мазут: $Q = 199\,900 \cdot 782,1 = 156\,341\,959$ кДж/ч.

Бензин: $Q = 28\,600 \cdot 1045,4 = 29\,898\,362$ кДж/ч.

Аналогично рассчитывают количество тепла по другим потокам.

Результаты всех расчетов заносят в табл. 5.

Таблица 5

Тепловой баланс ректификационной колонны

Продукт	Взято				Продукт	Получено			
	$t, ^\circ\text{C}$	$G, \text{ кг /ч}$	$I, \text{ Дж/кг}$	$Q, \text{ кДж/ч}$		$t, ^\circ\text{C}$	$G, \text{ кг /ч}$	$I, \text{ Дж/кг}$	$Q, \text{ кДж/ч}$

Рассчитав секцию А, приступают к расчету секций Б и В. При этом учитывают то, что изменение температур потоков обуславливает изменение их энтальпий. При расчетах необходимо принять во внимание, что из секции Б отводится дизельное топливо, поэтому его агрегатное состояние – жидкость, остальные продукты в парообразном состоянии переходят в секцию В. Из секции В в жидком состоянии выводится керосиновая фракция.

6. По результатам расчетов, представленным в сводной таблице по тепловому балансу колонны, определяют разность между теплом, входящим в секцию бензиновой фракции, и выходящим из нее:

$$\Delta Q = 86\,114\,164 - 62\,777\,299 = 23\,336\,865 \text{ кДж/ч.}$$

Таким образом, в бензиновой секции избыток тепла 23 336 865 кДж/ч следует снимать орошением, масса которого составляет

$$G_{\text{ор}} = \frac{\Delta Q}{I^{\text{п}} - I^{\text{ж}}}.$$

Для орошения используют бензин с температурой 40°C на входе (жидкое состояние) и имеющий температуру 160°C на выходе (парообразное состояние).

$$I^{\text{п}} = 298,41 \cdot (4 - 0,716) - 308,99 = 670,99 \text{ кДж/кг};$$

$$I^{\text{ж}} = 70,26 / (0,716)^{1/2} = 83,03 \text{ кДж/кг};$$

$$G_{\text{ор}} = 23\,336\,865 / (670,99 - 83,03) = 39\,691,25 \text{ кг/ч.}$$

7. При решении задачи контрольной работы производят расчет теплового баланса только первой секции и по результатам расчета определяют требуемый расход нефтепродукта для орошения секции.

4.2. Определение расходных норм в производстве продукции из пластических масс. Норма расхода – это максимально допустимое плановое количество сырья и материалов на производство единицы продукции установленного качества в соответствии с уровнем развития техники, технологии и организации производства.

Типовая структура нормы расхода пластических масс в производстве продукции включает: m_0 – чистая масса готовой продукции из пластмассы; $m_{\text{то}}$ – масса отходов; $m_{\text{тп}}$ – масса потерь.

Технологические отходы представляют собой остатки исходного сырья (смолы, пластмассы), некондиционные изделия, литники, грат и т. д., образовавшиеся в процессе производства продукции и частично или полностью утратившие свое качество. Технологические отходы производства делятся на используемые и неиспользуемые.

Технологические потери, или неиспользуемые технологические отходы производства, – это остатки пластических масс, образовавшиеся в технологическом процессе (облой, слитки, образующиеся при переходе с одного материала на другой, и т. д.), которые не могут быть полезно использованы.

В зависимости от способа переработки и от вида готовой продукции норма расхода сырья может быть выражена в граммах на одну штуку, килограммах на тысячу штук изделий; в килограммах на один погонный

метр или на тысячу погонных метров, в килограммах на одну тонну; в килограммах на один квадратный метр или на тысячу квадратных метров и т. д.

Норма расхода сырья на производство единицы продукции из пластмасс рассчитывается по следующей формуле:

$$N_p = K_p \cdot m_0,$$

где N_p – норма расхода сырья; K_p – нормативный расходный коэффициент; m_0 – масса единицы готовой продукции без учета арматуры.

Нормативный расходный коэффициент K_p равен

$$K_p = 1 + \sum_{i=1}^n K_{in},$$

где K_{in} – нормативные составляющие расходного коэффициента по стадиям технологического процесса; n – количество стадий технологического процесса.

Нормативные коэффициенты и их структурные составляющие определяются в безразмерных величинах.

Например, нормативный расходный коэффициент равен:

– при производстве изделий литьем под давлением

$$K_p = 1 + (K_{тпс} + K_{тпл} + K_{тпо} + K_{тон}),$$

где $K_{тпс}$ – нормативный коэффициент технологических потерь при сушке материала; $K_{тпл}$ – нормативный коэффициент технологических потерь при переработке материала, характеризующийся выделением летучих продуктов в процессе литья; $K_{тпо}$ – нормативный коэффициент технологических потерь при переработке отходов; $K_{тон}$ – нормативный коэффициент неиспользуемых технологических отходов (при переходе с одного материала на другой и с материала одного цвета на материал другого цвета);

– при производстве изделий прямым прессованием

$$K_p = 1 + (K_{тпп} + K_{тпл} + K_{тпм} + K_{тон}),$$

где $K_{тпп}$ – нормативный коэффициент технологических потерь при подготовке материала к переработке (при таблетировании, жгутировании и т. д.); $K_{тпм}$ – нормативный коэффициент технологических потерь при механической обработке готовых изделий; $K_{тон}$ – нормативный коэффициент неиспользуемых технологических отходов (при выходе на режим, перестановке пресс-форм, в виде облоя и т. д.);

– при производстве изделий методом экструзии с последующим раздувом

$$K_p = 1 + (K_{тпл} + K_{тпм} + K_{тпод} + K_{тпог} + K_{тон}),$$

где $K_{\text{тпод}}$ – нормативный коэффициент технологических потерь при переработке отходов дроблением; $K_{\text{тпог}}$ – нормативный коэффициент технологических потерь при переработке отходов грануляцией.

При производстве сложных изделий нормативный расходный коэффициент K_p определяют суммированием расходных коэффициентов при производстве пленки ($K_p^{\text{пл}}$), сварке ($K_{\text{св}}$) и при печатании рисунка ($K_{\text{печ}}$):

$$K_p = K_p^{\text{пл}} + K_{\text{св}} + K_{\text{печ}},$$

В производствах переработки пластмасс основными показателями использования сырья и материалов являются расходный коэффициент и коэффициент использования материала – величина, обратная исходному коэффициенту:

$$K_{\text{и}} = \frac{m_0}{H_p}.$$

Полное использование технологических отходов производства, снижение потерь и доведение неиспользуемых отходов до минимального значения отражают уровень использования сырья и материалов в промышленности переработки полимерных материалов.

Одним из факторов, влияющих на величину расходного коэффициента, является сложность изделий, определяющая сложность конструкции оснастки, что в конечном итоге влияет на изменение расхода сырья при изготовлении изделий одинаковой массы, но различных по сложности конструктивного исполнения.

Изделия относят к определенной группе сложности (от 1 до 6 по мере усложнения детали) по следующим признакам: наличию конструктивных элементов, усложняющих свободное извлечение изделия из формы (боковых отверстий, боковых пазов, выемок и т. п.), наличию резьбы и арматуры; элементам, создающим развитую поверхность изделия (сквозным отверстиям, выемкам и впадинам глубиной не менее их ширины, ребрам, штырям и др.).

Значения предельно допустимых нормативных коэффициентов для различных пластмасс с учетом группы изделий по массе, группы сложности (при литье под давлением, прессовании, производстве выдувных изделий), а также вида и номенклатуры профиля (при экструзии) и т. д. разработаны научно-производственным объединением «Пластик» (сведения, необходимые для решения задач контрольной работы, представлены в прил. Е).

Пример 10. Определить H_p и $K_{\text{и}}$ при изготовлении литьем под давлением изделия из полистирола 4-й группы сложности массой 20 г.

Решение. По таблице нормативных коэффициентов находим: $K_{\text{тпс}} = 0,0024$; $K_{\text{тпл}} = 0,0024$; $K_{\text{тпо}} = 0,003$; $K_{\text{тон}} = 0,029$.

Тогда

$$K_p = 1 + 0,0024 + 0,0024 + 0,003 + 0,029 = 1,037;$$

$$H_p = 1,037 \cdot 20 = 20,74 \text{ г/шт.};$$

$$K_{\text{и}} = 20 / 20,74 = 0,96.$$

Для материалов, на которые не разработаны нормативные расходные коэффициенты, нормы их расхода на производство изделий устанавливаются на основе отраслевых нормативных потерь, а при их отсутствии – на основе материальных балансов.

Определение норм расхода сырья при экструзии можно рассмотреть на примере производства пленок из гранулированного полиэтилена и изделий из них. При определении фактического расхода полиэтилена нужно производить пересчет с площади пленки на ее массу, исходя из фактической массы одного квадратного метра пленки. Определение нормы расхода при проведении последующих операций с целью получения различных изделий (пакетов, мешков и т. п.) проводится с учетом массы изделия и соответствующих нормативных коэффициентов.

Пример 11. Определить нормы расхода полиэтилена на производство мешка размером 1000 · 500 мм (толщина пленки 0,23 мм), получаемого автоматической сваркой с нанесением рисунка на автомате.

Решение. Определяем массу мешка, исходя из плотности полиэтилена, равной 0,92 г/см³ (920 кг/м³):

$$m_0 = 1,0 \cdot 0,5 \cdot 0,23 \cdot 10^{-3} \cdot 920 \cdot 2 = 0,212 \text{ кг.}$$

По прил. Е определяем:

$$K_p^{\text{пл}} = 1,008; K_{\text{св}} = 0,009; K_{\text{печ}} = 0,015.$$

Тогда

$$K_p = 1,008 + 0,009 + 0,015 = 1,032$$

и норма расхода полиэтилена составит

$$H_p = 1,032 \cdot 0,212 = 0,219 \text{ кг/шт.}$$

В процессе производства профилей из композиционных материалов при отсутствии значений нормативных коэффициентов по видам сырья нормы расхода рассчитываются исходя из рецептуры с учетом потерь по стадиям технологического процесса или суммарных потерь.

Теоретическая норма расхода компонента ($H_{\text{комп}}^T$, кг/кг):

$$H_{\text{комп}}^T = \frac{m_{\text{комп}}}{\sum m},$$

где $m_{\text{комп}}$ – массовая часть компонента по рецептуре; $\sum m$ – сумма массовых частей компонентов рецептуры.

$$N_{\text{комп}}^{\phi} = N_{\text{комп}}^{\Gamma} \cdot \frac{100}{100 - \Pi},$$

где $N_{\text{комп}}^{\phi}$ – фактическая норма расхода компонента, кг/т; Π – потери, %.

Пример 12. Рассчитать нормы расхода сырья в производстве пленки на основе поливинилхлоридной композиции, получаемой по рецептуре (в мас. ч.): ПВХ – 50, ДОФ – 20. Потери материалов – 5%.

Решение. Теоретические расходные нормы:

$$N_{\text{ПВХ}}^{\Gamma} = \frac{50}{70} = 0,714 \text{ кг/кг};$$

$$N_{\text{ДОФ}}^{\Gamma} = \frac{20}{70} = 0,286 \text{ кг/кг}.$$

Фактические расходные нормы:

$$N_{\text{ПВХ}}^{\phi} = 0,714 \cdot \frac{100}{100 - 5} = 0,752 \text{ кг/кг};$$

$$N_{\text{ДОФ}}^{\phi} = 0,286 \cdot \frac{100}{100 - 5} = 0,301 \text{ кг/кг}.$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Задания на выполнение контрольной работы № 1 выдаются преподавателем на установочной лекции в 7-м семестре, а контрольной работы № 2 – в 8-м семестре. Номер выполняемого студентом варианта указывает преподаватель на соответствующей установочной лекции.

При выполнении каждой контрольной работы студенту необходимо дать правильные и полные ответы на три теоретических вопроса и решить задачи.

Контрольная работа оформляется в тетрадях общего формата разборчивым удобочитаемым почерком или с помощью компьютерных средств. Распечатывается на листах формата А4.

В целях успешного выполнения контрольной работы, а также текущего контроля хода ее выполнения преподавателями кафедры организуются регулярные консультации. Кроме того, в настоящем методическом пособии рассматриваются примеры решения типовых задач.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

Номера вопросов, входящих в вариант контрольной работы, приведены в табл. 6.

Таблица 6

Варианты контрольных заданий

Вариант	Вопросы			Задачи			Вариант	Вопросы			Задачи		
	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3
1	35	42	56	17	38	54	19	17	40	87	1	34	68
2	34	43	61	23	49	55	20	16	41	70	10	35	61
3	33	44	86	2	43	57	21	15	60	84	18	47	53
4	32	45	55	7	44	61	22	14	69	82	4	45	55
5	31	46	59	8	48	52	23	13	71	90	11	32	55
6	30	47	57	14	46	53	24	12	72	28	20	51	59
7	29	48	80	9	42	68	25	11	73	38	4	48	56
8	28	49	66	15	50	59	26	10	74	39	1	35	65
9	27	50	64	12	37	62	27	9	75	40	16	39	57
10	26	51	81	13	39	60	28	8	76	32	9	49	66
11	25	52	65	27	38	56	29	7	77	37	26	40	64
12	24	53	85	3	36	66	30	6	78	29	25	33	63
13	23	54	88	10	40	67	31	5	79	31	28	46	52
14	22	58	83	6	41	54	32	4	89	36	19	34	60
15	21	36	62	24	50	63	33	3	61	44	21	41	62
16	20	37	68	29	32	58	34	2	61	50	22	42	58
17	19	38	67	30	33	64	35	1	80	51	5	36	67
18	18	39	63	31	37	65							

Вопросы контрольной работы

1. Химическая технология как наука.
2. Связь химической технологии с другими науками.
3. Структура промышленного комплекса Республики Беларусь.
4. Перспективы развития химической промышленности в странах СНГ и мире.
5. Характеристика топливной промышленности Республики Беларусь.
6. Основные предприятия топливной промышленности Республики Беларусь, характеристика выпускаемой продукции.
7. Проблемы и перспективы развития топливной промышленности.
8. Характеристика химической промышленности Республики Беларусь.
9. Основные предприятия химической промышленности Республики Беларусь, характеристика выпускаемой продукции.
10. Проблемы и перспективы развития химической промышленности.
11. Характеристика нефтехимической промышленности Республики Беларусь.
12. Основные предприятия нефтехимической промышленности Республики Беларусь, характеристика выпускаемой продукции.
13. Проблемы и перспективы развития нефтехимической промышленности.
14. Характеристика деревообрабатывающей промышленности Республики Беларусь.
15. Основные предприятия деревообрабатывающей промышленности Республики Беларусь, характеристика выпускаемой продукции.
16. Проблемы и перспективы развития деревообрабатывающей промышленности.
17. Характеристика целлюлозно-бумажной промышленности Республики Беларусь.
18. Основные предприятия целлюлозно-бумажной промышленности Республики Беларусь, характеристика выпускаемой продукции.
19. Проблемы и перспективы развития целлюлозно-бумажной промышленности.
20. Перспективы развития механической, химико-механической и химической переработки древесины в Республике Беларусь и за рубежом.
21. Структура химической промышленности.
22. Рациональное размещение предприятий химической промышленности.
23. Научно-технический прогресс в химической промышленности.
24. Понятие о наилучшей из доступных технологий производства продукции.

25. Классификация сырья, запасы сырья, вторичные материальные ресурсы.
26. Виды энергии, используемые на промышленных предприятиях. Вторичные энергетические ресурсы.
27. Рациональное и комплексное использование сырьевых ресурсов.
28. Использование воды и воздуха в промышленности.
29. Характеристика минерально-сырьевых ресурсов Республики Беларусь.
30. Свойства серной кислоты и области применения.
31. Характеристика сырья, применяемого для получения серной кислоты.
32. Физико-химические основы производства серной кислоты. Оптимальный режим производства.
33. Принципиальная схема производства серной кислоты из серы.
34. Технологическая схема производства серной кислоты из серы контактным способом.
35. Техничко-экономические показатели производства серной кислоты. Перспективы совершенствования сернокислотного производства.
36. Свойства азотной кислоты и области применения.
37. Сырье для получения азотной кислоты.
38. Физико-химические основы производства азотной кислоты. Оптимальный режим производства.
39. Принципиальная схема производства разбавленной азотной кислоты.
40. Технологическая схема производства разбавленной азотной кислоты.
41. Технологическая схема производства концентрированной азотной кислоты.
42. Общая схема азотнокислого производства.
43. Техничко-экономические показатели производства азотной кислоты. Перспективы развития азотнокислотного производства.
44. Общая характеристика производства минеральных удобрений в Республике Беларусь.
45. Значение минеральных удобрений для сельского хозяйства и промышленности.
46. Классификация удобрений и солей; их основные физико-химические свойства и области применения.
47. Состояние и перспективы производства минеральных удобрений в Республике Беларусь, странах СНГ и за рубежом.
48. Виды азотных удобрений и их свойства. Сырье для получения азотных удобрений.

49. Общая характеристика состава, качества и свойств карбамида.
50. Химизм и физико-химические основы производства карбамида.
51. Влияние давления, температуры, соотношения реагентов и степени заполнения аппаратов на выход карбамида.
52. Промышленные способы синтеза карбамида; разомкнутые и замкнутые схемы.
53. Технологическая схема и аппаратное оформление производства карбамида с полным жидкостным рециклом.
54. Техничко-экономические показатели производства азотных удобрений.
55. Сырье для производства фосфорных удобрений. Апатиты и фосфориты. Характеристика минералогического состава и основных месторождений. Требования к фосфатному сырью.
56. Методы переработки фосфатного сырья.
57. Свойства и области применения фосфорной кислоты.
58. Способы производства фосфорной кислоты. Принципиальная схема производства экстракционной фосфорной кислоты.
59. Дигидратный, полугидратный и ангидритный режимы производства экстракционной фосфорной кислоты.
60. Физико-химические основы производства экстракционной фосфорной кислоты.
61. Техничко-экономические показатели производства фосфорной кислоты. Перспективы развития производства.
62. Влияние технологических параметров и обоснование оптимального технологического режима производства экстракционной фосфорной кислоты.
63. Технологическая схема производства экстракционной фосфорной кислоты.
64. Виды фосфорных удобрений и их свойства.
65. Общая характеристика состава, качества и свойств простого суперфосфата. Применение простого суперфосфата.
66. Физико-химические основы производства простого суперфосфата.
67. Технологическая схема производства простого суперфосфата.
68. Принципиальная схема производства простого суперфосфата.
69. Основные технологические и технико-экономические показатели производства простого суперфосфата.
70. Свойства и применение двойного и обогащенного суперфосфата.
71. Физико-химические основы производства двойного суперфосфата.
72. Технологическая схема производства двойного суперфосфата.
73. Физико-химические основы производства обогащенного суперфосфата.

74. Технологическая схема производства обогащенного суперфосфата.
75. Техничко-экономические показатели производства двойного и обогащенного суперфосфата.
76. Характеристика фосфатов аммония.
77. Принципиальная блок-схема получения фосфатов аммония.
78. Аммофос; характеристика его состава, качества и свойств.
79. Физико-химические основы производства аммофоса.
80. Технологическая схема и аппаратное оформление производства аммофоса.
81. Техничко-экономические показатели производства аммофоса.
82. Ассортимент калийных удобрений. Характеристика удобрений.
83. Калийсодержащие минералы. Месторождения калийных солей в Республике Беларусь и за рубежом.
84. Сырье калийной промышленности и методы его переработки.
85. Сравнительная характеристика производства хлористого калия из сильвинита галургическим и флотационным методами.
86. Физико-химические основы галургического метода производства хлорида калия из сильвинита.
87. Принципиальная схема получения хлорида калия галургическим методом.
88. Технологическая схема производства хлорида калия галургическим методом.
89. Физико-химические основы флотационного метода производства хлорида калия из сильвинита.
90. Принципиальная схема получения хлорида калия флотационным методом.
91. Технологическая схема производства хлорида калия флотационным методом.
92. Техничко-экономические показатели производства хлорида калия.

Задачи контрольной работы

1. Влажность 1 т карбамида при его хранении на складе изменилась с 12 до 10%. Определить, насколько изменялась масса карбамида.
2. Влажность 25 т двойного суперфосфата при его хранении на складе изменилась с 25 до 10%. Определить, насколько изменилась масса удобрения.
3. Аккумуляторную кислоту, содержащую 92,5% H_2SO_4 , нужно разбавить водой до содержания в ней 28,5% H_2SO_4 . Сколько нужно взять воды на 100 кг разбавляемой кислоты?

4. Экстракционную фосфорную кислоту в количестве 50 кг упаривают с 32 до 51% по P_2O_5 . Какое количество воды при этом выпаривается?

5. Рассчитайте, какое количество воды потребуется для разбавления 78 т азотной кислоты с 98 до 72%?

6. Для удобрения 3000 га посевов зерновых культур и 300 га огородов используют суперфосфат с содержанием 0,18 мас. долей P_2O_5 . Нормы внесения удобрений составляют (в кг/га) площади для зерновых и огородов соответственно: P_2O_5 – 60 и 90. Определить массы вносимых удобрений в реальных продуктах.

7. Для удобрения 3000 га посевов зерновых культур и 300 га огородов используют сульфат аммония с содержанием соли 0,95 мас. долей. Нормы внесения удобрений составляют в кг/га площади для зерновых и огородов соответственно: азот (N) – 30 и 50. Определить массы вносимых удобрений в реальных продуктах. Использовать пересчетный коэффициент: $2N \rightarrow (NH_4)_2SO_4$.

8. Для удобрения 3000 га посевов зерновых культур и 300 га огородов используют хлорид калия, содержащий 0,9 мас. долей соли. Нормы внесения удобрений составляют (в кг/га) площади для зерновых и огородов соответственно: K_2O – 50 и 80. Определить массы вносимых удобрений в реальных продуктах. Использовать пересчетный коэффициент: $K_2O \rightarrow 2KCl$.

9. Определить мощность завода синтеза аммиака (т/год), который должен обеспечить годовое производство $5 \cdot 10^4$ т нитрата аммония. Выход кислоты окислением аммиака равен 0,92 долей ед., выход нитрата аммония нейтрализацией кислоты равен 0,96 долей ед.

10. Определить мощность завода синтеза аммиака (т/год), который должен обеспечить годовое производство $3 \cdot 10^4$ т карбамида. Выход карбамида составляет 0,95 долей ед.

11. Определить мощность завода синтеза аммиака (т/год), который должен обеспечить годовое производство $5 \cdot 10^4$ т нитрата аммония, $3 \cdot 10^4$ т карбамида и $5,5 \cdot 10^4$ т жидкого аммиака. Выход нитрата аммония нейтрализацией кислоты равен 0,96 долей ед., выход карбамида составляет 0,95 долей ед.

12. Определить мощность завода синтеза аммиака в тоннах в год для производства: $5 \cdot 10^5$ т аммофоса, содержащего 0,11 мас. долей азота, с выходом 0,92 долей ед.; водного раствора аммиака $1,5 \cdot 10^5$ т концентрацией 0,25 мас. долей, с выходом 0,98 долей ед., и $2,4 \cdot 10^5$ т 50%-ной азотной кислоты с выходом 0,94 долей ед.

13. Определить мощность завода синтеза аммиака в тоннах в год для производства $5 \cdot 10^5$ т аммофоса, содержащего 0,11 мас. долей азота, с выходом 0,92 долей ед.

14. Определить мощность завода синтеза аммиака в тоннах в год для производства водного раствора аммиака $1,5 \cdot 10^5$ т концентрацией 0,25 мас. долей, с выходом 0,98 долей ед.

15. Определить мощность завода синтеза аммиака (в тоннах) в год для производства $2,4 \cdot 10^5$ т 50%-ной азотной кислоты с выходом 0,94 долей ед.

16. Определить массу хлорида калия, который выделится из 1 т насыщенного хлоридами калия и натрия раствора, содержащего на 100 кг воды 35,2 кг хлорида калия и 27,4 кг хлорида натрия, при охлаждении раствора от 100 до 25°C.

17–31. Предприятие отгрузило X т удобрения с содержанием $Y\%$ питательного вещества. За какую массу удобрения потребитель будет производить расчет? Определить процентное содержание примесей в удобрении.

№ задачи	Удобрение		Количество, X , т	Содержание питательного вещества Y , %
	название	формула		
17	Карбамид	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	10	20
18	Аммиачная селитра	NH_4NO_3	100	15
19	Сульфат аммония	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	10	10
20	Аммиак жидкий	NH_3	100	80
21	Нитрат аммония	$(\text{NH}_4)_2\text{NO}_3$	10	10
22	Нитрат натрия	NaNO_3	100	15
23	Нитрат кальция	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	10	5
24	Карбаминоформ	$\text{NH}_2\text{CONHCH}_2$	100	15
25	Двойной суперфосфат	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	10	25
26	Фосфоритная мука	$3 \text{Ca}(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$	100	5
27	Металлург-шлаки	$4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{SiO}_2$	10	15
28	Преципитат	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	100	40
29	Каинит	$\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4$	100	30
30	Калимагнезия	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4$	10	15
31	Сульфат калия	K_2SO_4	100	25

Примечание. Атомные массы элементов следующие: С – 12,011; О – 15,999; N – 14,007; H – 1,008; S – 32,067; Na – 22,99; Ca – 40,078; P – 30,974; F – 18,998; Si – 28,086; K – 39,098; Mg – 24,305; Cl – 35,453.

32. Определить расходные коэффициенты в производстве карбида кальция (технического), имеющего по анализу следующий состав: CaC_2 – 78, С – 3, прочие примеси – 4%. Расчет следует вести на 1 т технического продукта. Карбид кальция получается по уравнению: $\text{CaO} + 3\text{C} = \text{CaC}_2 + \text{CO}$. Известь содержит 96,5% CaO. Содержание в коксе: золы – 4, летучих – 4, влаги – 3%.

33. При обжиге 1 т известняка образуется 168 м^3 диоксида углерода. Содержание CaCO_3 в известняке 94%. Определить степень диссоциации известняка α и расход известняка на $1000 \text{ м}^3 \text{ CO}_2$ при данных условиях и при полном разложении CaCO_3 .

34. Определить количество апатита, содержащего 72% трикальцийфосфата $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, необходимого для получения 1 т суперфосфата, если содержание усвояемого пятиоксида фосфора в готовом продукте 19,4%, а потери P_2O_5 в производстве 2%.

35. Рассчитать расход колчедана, содержащего 40% S на 1 т H_2SO_4 , если потери S и SO_2 в производстве H_2SO_4 составляют 3%, а степень абсорбции триоксида серы 99%.

36. Рассчитать объем 68%-ной серной кислоты с 5%-ным избытком от теоретического количества (требуемой для разложения 100 кг апатитового концентрата, содержащего 38% P_2O_5). Плотность 68% раствора серной кислоты 1,58 г/л. Реакция разложения апатита может быть описана уравнением $2\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3 + 7\text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 7\text{CaSO}_4 + 2\text{HF}$.

37. Из 30 т колчедана с содержанием серы 0,424 мас. долей получено 33,6 т моногидрата серной кислоты. Определить выход кислоты.

38. Определить расходные коэффициенты фосфорной кислоты концентрацией 0,55 мас. долей и аммиака концентрацией 0,98 мас. долей для производства 1 т фосфата аммония $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$.

39. Для производства $31 \cdot 10^4$ т серной кислоты концентрацией 0,75 мас. долей используются в качестве сырья сера 95%-ной чистоты и колчедан с содержанием серы 0,42 мас. долей. Выход серной кислоты равен 0,9 долей ед. Определить массу колчедана, если на производство кислоты было затрачено $53,5 \cdot 10^3$ т серы.

40. 380 кг серы 100%-ной чистоты сжигают в избытке воздуха 1,2, обеспечивающем степень выгорания серы 0,998 долей ед. Содержание кислорода в воздухе равно 0,21 об. долей. Определить объем и состав образующегося при сжигании печного газа.

41. Определить объем оксида серы(IV) и массу огарка, полученных при обжиге 1000 кг колчедана, содержащего 0,40 мас. долей серы. Степень выгорания серы в колчедане – 0,99 долей ед.

Примечание: огарок состоит из оксида железа(III), примесей иневыгоревшего дисульфида железа FeS_2 .

42. Определить массу 50%-ной азотной кислоты, которую можно получить из 1 т аммиака при степени окисления его 0,97 долей ед. и степени абсорбции нитрозных газов 0,92 долей ед. Уравнение окисления $\text{NH}_3 + 2\text{O}_2 = \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

43. Определить теоретически возможную концентрацию азотной кислоты (мас. долей) при полном окислении аммиака. Уравнение окисления $\text{NH}_3 + 2\text{O}_2 = \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

44. На окисление 3786 м^3 аммиака до диоксида азота расходуется $27\,080 \text{ м}^3$ воздуха с содержанием кислорода 0,21 об. долей. Определить содержание аммиака в образованной АВС и коэффициент избытка воздуха в ней.

45. Определить концентрацию азотной кислоты, образующейся в абсорбционной колонне, если в нее подается в час $27\,916 \text{ м}^3$ нитрозных газов и 1821 кг воды. В газах содержится 0,09 об. долей диоксида азота и 0,0024 об. долей воды. Степень абсорбции газов составляет 0,98 об. долей.

46. Определить выход (долей ед.) нитрата аммония, если на производство 18,7 т его сухой соли затрачено $19,724 \text{ м}^3$ азотной кислоты концентрацией 0,57 мас. долей. Плотность кислоты равна $1,351 \text{ т/м}^3$.

47. Какую массу водного раствора аммиака концентрацией 0,2 мас. долей можно получить при коксовании 100 т каменного угля с содержанием азота 0,01 мас. долей. Выход аммиака от азота угля составляет 0,3 долей ед.

48. Определить массы аммиака и оксида углерода(IV), необходимых для производства 10 т карбамида в условиях 100%-ного избытка аммиака. Степень превращения карбамата в карбамид равна 0,75 долей ед., потери в производстве составляют 0,05 долей ед.

49. Определить массу простого суперфосфата, которую можно получить из 5 т фосфоритной руды, содержащей 0,75 мас. долей трикальцийфосфата, при условии полного разложения сырья. Расчет вести в предположении образования дигидрата сульфата кальция.

50. Определить массы 73%-ной серной кислоты и воды, необходимых для производства экстракционной фосфорной кислоты полугидратным методом из 10 т фосфата, содержащего 0,72 мас. долей трикальцийфосфата, при условии полного разложения сырья.

51. Определить массу аммиака, расходуемого в процессе получения 5 т нитрата аммония нейтрализацией азотной кислоты, если процесс протекает по схеме: $\text{NH}_3 \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3$, а выходы продуктов по стадиям I (получение азотной кислоты) и II (получение нитрата аммония) равны, соответственно, 0,9 и 0,95.

52. Составить материальный баланс отделения окисления аммиака на 1 т азотной кислоты. Степень окисления аммиака до оксида азота 0,97; оксида азота до диоксида азота – 1,0 и степень абсорбции 0,92. Содержание аммиака в аммиачно-воздушной смеси 11,5%.

53. Составить материальный баланс процесса окисления аммиака на платиновом катализаторе. Исходные данные: производительность по 100%-ной азотной кислоте 1000 кг/ч; концентрация аммиака в аммиачно-воздушной смеси – 10,5 об. %; степень контактирования – 97,0%; степень окисления оксида азота – 100%; степень абсорбции – 98%.

54. На кристаллизацию поступает 5000 кг 96%-ного раствора (плава) аммиачной селитры. Готовый продукт содержит 99,8% NH_4NO_3 . Составить материальный баланс процесса кристаллизации.

55. На упаривание поступает 9200 кг/ч 56%-ного раствора аммиачной селитры. После упаривания из выпарного аппарата выводится 5350 кг/ч раствора с концентрацией 96% NH_4NO_3 . Составить материальный баланс процесса упаривания.

56. Составить таблицу материального баланса контактного аппарата для каталитического окисления диоксида серы в триоксид серы производительностью 10000 м³/ч исходного газа следующего состава в % (об.): SO_2 – 8,5; O_2 – 12,5; N_2 – 79. Степень окисления SO_2 в SO_3 составляет 98%: $\text{SO}_2 + 1/2\text{O}_2 \leftrightarrow \text{SO}_3$. Расчет вести на производительность (в кг/ч).

57. Рассчитать материальный баланс нейтрализатора для получения аммиачной селитры производительностью 20 т NH_4NO_3 в час. В производстве применяется 47%-ная азотная кислота и 100%-ный газообразный аммиак. Потери азотной кислоты и аммиака в производстве составляют 1% от теоретически необходимого для обеспечения заданной производительности. Из нейтрализатора аммиачная селитра выходит в виде 60% раствора NH_4NO_3 в воде. Определить количество испарившейся в результате экзотермической реакции нейтрализации влаги: $\text{HNO}_3 + \text{NH}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$

58. Составить материальный баланс сжигания 1 т самородной серы, содержащей 0,03 мас. долей примесей. При избытке воздуха $\alpha = 1,4$ сгорание серы полное. Содержание кислорода в воздухе 0,23 мас. доли.

59. Составить материальный баланс (в килограммах) полного окисления 1 т аммиака в избытке кислорода (коэффициент избытка – 1,35), если окисление идет на 98% до диоксида азота и на 2% до азота. Содержание кислорода в воздухе – 0,23 мас. долей.

60. Составить материальный баланс аппарата нейтрализации азотной кислоты концентрацией 0,47 мас. долей газообразным аммиаком в расчете на 1 т сухого нитрата аммония. Процесс нейтрализации протекает полностью, раствор нитрата аммония, выходящий из аппарата нейтрализации, имеет концентрацию 0,64 мас. долей.

61. Составить материальный баланс процесса сушки 100 кг 60%-ного хлорида калия до остаточного содержания влаги в количестве 1%. Количество примесей в хлориде калия составляет 0,5%.

62. При флотационном способе производства хлорида калия степень извлечения сильвина из руды 90%. Получающийся концентрат содержит около 93% хлорида калия и 0,8% нерастворимого остатка. Образующиеся галитовые хвосты и глинистый шлам вывозятся в отвал. Содержание хлорида калия в руде, поступающей на переработку, составляет 25%. Составить материальный баланс переработки 100 т сильвинита.

63. При галургическом способе производства хлорида калия степень извлечения сильвина из руды составляет 95%. Получающийся концентрат

содержит около 98% хлорида калия и 0,2% нерастворимого остатка. Образующиеся галитовые хвосты и глинистый шлам вывозятся в отвал. Содержание хлорида калия в руде, поступающей на переработку, составляет 22%. Составить материальный баланс переработки 10 т сильвинита.

64. На кристаллизацию поступает 2000 кг 96%-ного раствора хлорида калия. Готовый продукт содержит 99,8% KCl. Составить материальный баланс процесса кристаллизации.

65. На сушку поступает 8600 кг/ч хлорида калия с влажностью 20%. После сушки из аппарата выводится 6350 кг/ч хлорида калия. Составить материальный баланс процесса сушки.

66. На упаривание поступает 560 кг/ч 45%-ной азотной кислоты. После упаривания из выпарного аппарата выводится 60%-ная кислота. Составить материальный баланс процесса упаривания.

67. Составить материальный баланс процесса получения фосфатов аммония. Химизм процесса описывается следующими реакциями:



Расход фосфорной кислоты 20 кг/ч (концентрация 30% P₂O₅). Выход дигидрофосфата аммония составляет 0,8, а гидрофосфата аммония – 0,15. Исходные компоненты взяты в стехиометрических соотношениях.

68. Составить материальный баланс в расчете на 1 т сухого дигидрофосфата аммония. Процесс нейтрализации протекает полностью, раствор дигидрофосфата аммония, выходящий из аппарата нейтрализации, имеет концентрацию 0,7 мас. долей. Концентрация используемой фосфорной кислоты 30% P₂O₅. $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NH}_3 = \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2

Номера вопросов, входящих в вариант контрольной работы, приведены в табл. 7.

Таблица 7

Варианты контрольных заданий

Вариант	Вопросы			Задачи				Вариант	Вопросы			Задачи			
	1	2	3	1	2	3	4		1	2	3	1	2	3	4
1	35	65	75	1	19	73	99	19	17	53	31	9	28	55	87
2	34	64	89	2	37	72	100	20	16	56	81	10	46	54	88
3	33	68	92	3	20	71	101	21	15	52	80	4	29	59	89
4	32	63	74	17	38	70	102	22	14	51	79	5	47	60	90
5	31	62	76	5	21	69	103	23	13	49	78	11	30	61	91
6	30	59	90	6	39	68	74	24	12	47	71	16	48	62	92
7	29	67	91	7	22	67	75	25	11	44	70	12	31	63	93
8	28	66	77	12	40	66	76	26	10	43	56	14	49	64	94

Вариант	Вопросы			Задачи				Вариант	Вопросы			Задачи			
	1	2	3	1	2	3	4		1	2	3	1	2	3	4
9	27	61	88	11	23	65	77	27	9	40	67	18	32	65	95
10	26	60	83	13	41	64	78	28	8	42	24	15	50	66	96
11	25	58	7	14	24	63	79	29	7	41	58	16	33	67	97
12	24	57	87	17	42	62	80	30	6	39	50	4	51	68	98
13	23	55	73	15	25	61	81	31	5	40	69	8	34	69	99
14	22	54	72	13	43	60	82	32	4	21	84	6	52	70	101
15	21	50	86	8	26	59	83	33	3	38	72	7	35	71	100
16	20	48	85	3	44	58	84	34	2	37	48	9	53	72	102
17	19	46	82	1	27	57	85	35	1	36	61	10	36	73	103
18	18	45	93	2	45	56	86								

Вопросы контрольной работы

1. Состав, свойства и классификация нефти.
2. Ассортимент нефтепродуктов, получаемых на нефтеперерабатывающих предприятиях.
3. Общая схема переработки нефти.
4. Добыча, транспортировка и подготовка нефти к переработке.
5. Обессоливание и обезвоживание нефти. Технологическая схема установки ЭЛОУ.
6. Первичная переработка нефти.
7. Крекинг нефтепродуктов.
8. Риформинг нефтепродуктов.
9. Очистка нефтепродуктов.
10. Коксование нефтяных остатков.
11. Технологическая схема и аппаратное оформление процессов подготовки нефти к переработке.
12. Технологическая схема и аппаратное оформление процессов первичной переработки нефти.
13. Технологическая схема и аппаратное оформление процесса крекинга нефтепродуктов.
14. Технологическая схема и аппаратное оформление процесса ароматизации нефтепродуктов.
15. Технологическая схема и аппаратное оформление процесса облагораживания бензина.
16. Технологическая схема и аппаратное оформление процесса коксования нефтяных остатков.
17. Основные технико-экономические показатели переработки нефти. Переработка нефти в Республике Беларусь. Проблемы и перспективы развития производств.

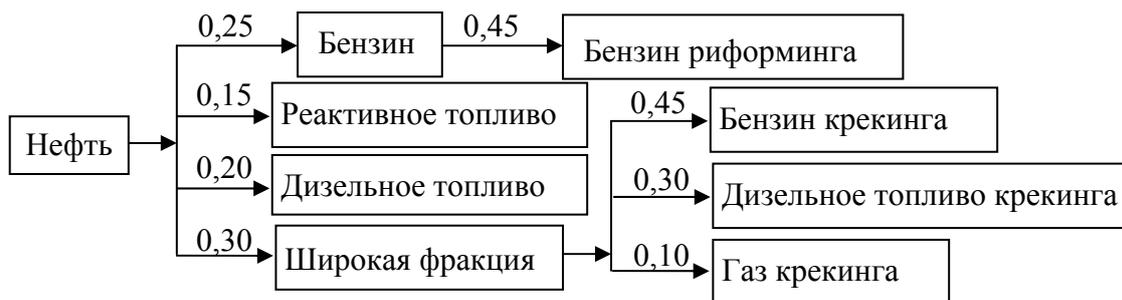
18. Основной органический синтез. Продукты основного органического синтеза.
19. Сырье и процессы основного органического синтеза.
20. Значение и перспективы развития основного органического синтеза.
21. Общие сведения о полимерах. Классификация, свойства и применение полимерных материалов.
22. Состав и свойства пластических масс.
23. Характеристика свойств полиэтилена. Основные методы получения.
24. Технологическая схема получения полиэтилена при высоком давлении.
25. Техничко-экономические показатели производства полиэтилена.
26. Технология переработки пластических масс.
27. Переработка отходов пластических масс и изделий на их основе.
28. Производство и переработка пластических масс в Республике Беларусь. Проблемы и перспективы развития производств.
29. Основные сведения о свойствах и назначениях резин и каучуков.
30. Резина как многокомпонентная система. Ингредиенты резиновых смесей и их назначение.
31. Общая схема производства резиновых изделий.
32. Основные процессы производства резинотехнических изделий (РТИ) и шин.
33. Переработка изношенных шин и РТИ.
34. Методы регенерации, использование регенерата.
35. Вулканизация резиновых изделий. Основное оборудование.
36. Приготовление резиновых смесей. Применяемое оборудование.
37. Производство резиновых изделий в Республике Беларусь. Проблемы и перспективы развития производств.
38. Формование резиновых смесей. Способы формования. Основное оборудование.
39. Пластикация каучуков. Способы и применяемое оборудование.
40. Классификация и использование химических волокон.
41. Искусственные волокна. Сырье и материалы для производства.
42. Синтетические волокна. Сырье для производства.
43. Общая схема технологического процесса получения химических волокон.
44. Характеристика свойств вискозного волокна. Области применения.
45. Характеристика основных стадий производства вискозного волокна.
46. Технологическая схема и аппаратурное оформление производства вискозного волокна.

47. Характеристика свойств капронового волокна. Области применения.
48. Технологическая схема и аппаратное оформление производства капронового волокна.
49. Характеристика свойств лавсанового волокна. Области применения.
50. Технологическая схема и аппаратное оформление производства лавсанового волокна.
51. Производство химических волокон в Республике Беларусь. Проблемы и перспективы развития производств.
52. Техничко-экономические показатели производств химических волокон.
53. Технология химико-механической переработки древесины.
54. Технология механической переработки древесины.
55. Технология химической переработки древесины.
56. Основные направления комплексной переработки древесного сырья.
57. Химический состав и свойства древесины.
58. Характеристика основных стадий производства бумаги.
59. Характеристика основных стадий производства картона.
60. Приготовление бумажной массы в производстве бумаги и картона.
61. Состав бумажной композиции при производстве бумаги. Назначение ингредиентов смеси.
62. Техничко-экономические показатели производства бумаги и картона.
63. Производство бумаги и картона в Республике Беларусь. Проблемы и перспективы развития производств.
64. Технологические свойства и применение этанола. Основные способы производства.
65. Физико-химические основы производства этанола гидролизом древесины.
66. Технологическая схема гидролизного производства.
67. Технологическая схема и аппаратное оформление производства спирта и кормовых дрожжей.
68. Основные технологические и технико-экономические показатели гидролизного производства. Проблемы и перспективы развития гидролизных производств в Республике Беларусь.
69. Производство продукции химико-механической переработки древесины в Республике Беларусь.
70. Основные принципы осуществления биотехнологических процессов.

71. Общие сведения об объектах биотехнологии.
72. Обобщенная схема процессов в биотехнологии.
73. Основные стадии биотехнологического процесса.
74. Культивирование микроорганизмов в биотехнологии. Основное оборудование.
75. Приготовление питательных сред в биотехнологии.
76. Технология получения посевного материала в биотехнологии.
77. Характеристика сырья, используемого в биотехнологии.
78. Перспективы и основные направления развития биотехнологии.
79. Использование биотехнологических процессов при производстве продуктов питания и пищевых добавок.
80. Использование биотехнологических процессов в сельском хозяйстве.
81. Использование биотехнологических процессов в медицине.
82. Использование биотехнологических процессов в химической, металлургической и др. отраслях промышленности.
83. Использование биотехнологических процессов при решении проблем охраны окружающей среды и пр.
84. Использование биотехнологических процессов для получения биогаза, этанола и других источников энергии.
85. Электрохимические покрытия, электрохимический синтез.
86. Использование технологии нанесения электрохимических покрытий на промышленных предприятиях Республики Беларусь.
87. Методы нанесения покрытий на металлические основы.
88. Классификация и область применения электрохимических покрытий.
89. Подготовка поверхностей деталей и нанесение гальванических покрытий.
90. Нанесение гальванических покрытий. Теоретические основы и основное оборудование.
91. Влияние различных факторов на структуру и свойства электрохимических покрытий.
92. Неполадки при нанесении гальванических покрытий и способы их устранения.
93. Контроль качества гальванических покрытий.

Задачи контрольной работы

1. Определить массы нефтепродуктов, которые можно получить переработкой $6 \cdot 10^6$ т нефти методами прямой гонки ее, каталитического крекинга полученной широкой фракции и каталитического риформинга полученного бензина прямой гонки. Выходы продуктов указаны на схеме:



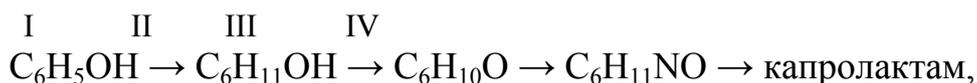
2. Определить массу мазута для получения 7,6 млн. т светлых нефтепродуктов методами крекинга и коксования, если доля этих процессов равна, а выходы соответственно составляют: 0,34 и 0,42 долей ед.

3. Определить массу нефти, необходимой для производства 20 т толуола каталитическим риформингом бензина прямой гонки ее, если выход толуола от бензина равен 0,3 мас. доли, а бензина прямой гонки – 0,15 мас. доли от нефти.

4. Производительность гидролизной установки составляет 60 т в сутки по 96%-ному этанолу. Определить объем диоксида углерода, выделяющегося за это время, если потери составляют 0,05 долей ед. Примечание: расчет ведут по уравнению $C_6H_{12}O_6 = 2CO_2 + 2C_2H_5OH$.

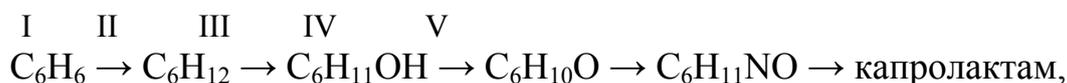
5. При производстве этанола из крахмала выход продукта составляет 0,2 т на 1 т сырья. Каким объемом этилена можно заменить это количество крахмала при переходе от гидролизного метода производства на метод прямой гидратации? В расчете использовать уравнение прямой гидратации $C_2H_4 + H_2O = C_2H_5OH$.

6. Определить массу и общий выход капролактама, получаемого из фенола по схеме:



если выход продукта на стадиях I–IV равен соответственно 0,960; 0,985; 0,990 и 0,995 долей ед.

7. Определить расходный коэффициент по бензолу на 1 т капролактама, получаемого по схеме:



если выходы продукта на стадиях I–V равны соответственно 0,990; 0,400; 0,985; 0,990; 0,995.

8. Определить объем этилена, необходимый для получения 100 кг полиэтилена, если выход его составляет 0,945 долей ед.

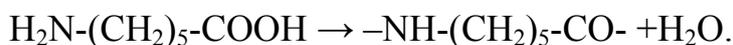
9. Определить объемы этилена и кислорода (инициатора полимеризации), которые могут обеспечить работу в течение 20 сут установки по производству полиэтилена высокого давления производительностью

$5 \cdot 10^4$ т/год, если степень конверсии этилена равна 0,96 долей ед., а объем кислорода составляет 0,00 005 долей ед. от объема этилена.

10. Реактор по производству полиэтилена низкого давления объемом 12 м^3 при степени заполнения его 0,8 работает с интенсивностью по полимеру $54 \text{ кг/м}^3 \text{ ч}$ и обеспечивает степень конверсии этилена 0,8 долей ед. Плотность этилена равна $1,26 \text{ кг/м}^3$. Определить объем этилена, необходимый для работы реактора в течение 20 сут.

11. Определить суточную производительность реактора по поливинилхлориду по следующим данным: объем реактора – 65 м^3 при коэффициенте загрузки 0,9 долей ед., объемный модуль загрузки (отношение винилхлорид : вода) равен 1 : 1,2, время процесса – 10 ч, выход поливинилхлорида – 0,95 долей ед. при плотности продукта $0,937 \text{ т/м}^3$.

12. Определить массу ϵ -аминокапроновой кислоты в процессе производства капрона, если при этом выделилось 24 кг воды. Схема



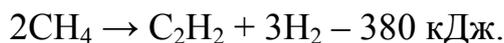
13. Определить производительность (т/сут) и интенсивность (т/($\text{м}^3 \cdot \text{сут.}$)) автоклава полимеризации капролактама объемом $2,5 \text{ м}^3$ с коэффициентом заполнения 0,75 долей ед. Содержание воды в готовом продукте составляет 0,03 мас. долей, время полимеризации 12 ч, потери в процессе равны 0,02 долей ед. Плотность капролактама $1,02 \text{ т/м}^3$.

14. Определить объем серной кислоты для получения осадительной ванны для разложения 2 т прядильного раствора в производстве вискозного волокна, если концентрация ванны равна 120 г серной кислоты на литр, а массовая доля ксантогена целлюлозы в прядильном растворе составляет 0,07. Реакция в осадительной ванне:

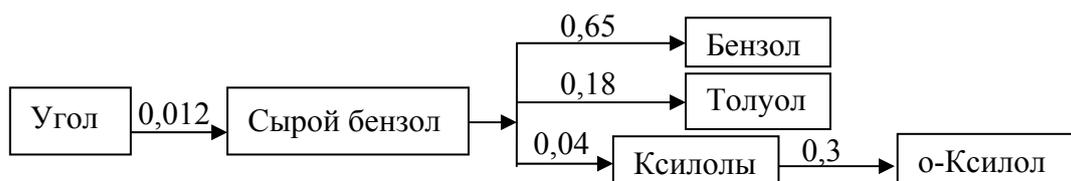


15. Рассчитать расходный коэффициент для природного газа, содержащего 97 об. % метана, в производстве уксусной кислоты (на 1 т) из ацетальдегида. Выход ацетилена из метана составляет 15% от теоретически возможного, ацетальдегида из ацетилена – 60%, а уксусной кислоты из ацетальдегида 90 мас. %.

16. При электрокрекинге природного газа, содержащего 98 об. % CH_4 и 2 об. % N_2 , в газе, выходящем из аппарата содержится 215 м^3 ацетилена. Рассчитать материальный баланс (в килограммах) процесса на 1000 м^3 исходного природного газа без учета побочных реакций:



17. При коксовании каменного угля получено 2000 т сырого бензола. Сырой бензол переработан на бензол, толуол и ксилолы. Определить массу каменного угля и массы полученных продуктов, если выхода указаны на схеме:



18. Влажность 100 кг древесины при ее хранении на складе изменилась с 85 до 92%. Определить, насколько изменялась масса древесины.

19–36. Определить N_p и K_n при изготовлении изделия из пластической массы. Использовать данные табл. 8.

Таблица 8

Исходные данные к задачам 19–36

№ задачи	Материал изделия	Способ изготовления изделия	Масса, г	Группа сложности изделия
19	Полиэтилен	Литье под давлением	18	1
20	Фенопласт	Прямое прессование	31	5
21	Полистирол	Литье под давлением	20	4
22	Полиэтилен	Экструзия	800	1
23	Полипропилен	Литье под давлением	35	2
24	Полиэтилен	Литье под давлением	95	3
25	Фенопласт	Прямое прессование	2	3
26	Полистирол	Литье под давлением	0,1	5
27	Полиэтилен	Экструзия	78	5
28	Полипропилен	Литье под давлением	10	5
29	Фенопласт	Прямое прессование	2,5	3
30	Полиэтилен	Литье под давлением	880	4
31	Поливинилхлорид	Экструзия	15	2
32	Капрон	Литье под давлением	0,8	1
33	Полипропилен	Литье под давлением	4	6
34	Фенопласт	Прямое прессование	50	5
35	Полиэтилен	Экструзия	450	4
36	Поливинилхлорид	Экструзия	20	5

37–53. Определить нормы расхода полиэтилена на производство изделия методом экструзии (наименование изделия, размеры, толщина пленки, используемой в производстве изделия, типы используемого оборудования при сварке и нанесении рисунка, указаны в табл. 9 исходных данных).

54–73. Рассчитать нормы расхода сырья в производстве пленки по определенной рецептуре на основе полимера (в табл. 10 исходных данных указаны: наименование полимера, составляющего основу композиции, рецептура и потери материала).

74–103. Составить материальный и тепловой балансы установки по первичной перегонке нефти, производительность которой указана в табл. 11 исходных данных (потерями пренебречь). На основании теплового баланса колонны определить массу подаваемого в колонну орошения.

Исходные данные к задачам 37–53

№ задачи	Наименование изделия	Размеры одной стороны, мм	Толщина пленки, мм	Тип оборудования для	
				сварки	нанесения рисунка (количество)
37	Пакет	1000×1500	0,18	Полуавтомат	Автомат
38	Детский кубик	400×400	1	Ручной	Полуавтомат
39	Горшок для цветов (форма стороны и основания – квадрат)	250×250	2	Автомат	Автомат
40	Упаковочная коробка с крышкой	250×250	2	Автомат	Ручной станок
41	Ящик для банки	250×250	3	Автомат	–
42	Мешок	1000×600	0,5	Автомат	Полуавтомат (2)
43	Подарочная коробка (размер всех сторон и крышки одинаковый)	300×300	2	Ручной станок	Ручной станок (на 4 сторонах и крышке)
44	Четырех коробок для бумаг «Для записей» (все стороны имеют одинаковый размер)	120×120	3	Автомат	–
45	Упаковочная коробка	500×400 100×400	2	Автомат	–
46	Декоративная тумба	500×500 (1 шт.) 150×150(4 шт.)	3	Автомат	Ручной станок (на 3 сторонах)
47	Пакет	1500×1500	0,18	Автомат	Полуавтомат (с 2 сторон)
48	Детский кубик	350×350	1	Автомат	Ручной станок (на всех сторонах)
49	Горшок для цветов (форма стороны и основания – квадрат)	300×300	2	Полуавтомат	Полуавтомат (на 4 сторонах)
50	Упаковочная коробка с крышкой	300×300	2	Полуавтомат	Автомат (только на крышке)
51	Ящик для банок	400×400 (1 шт.) 400×150	2	Автомат	Ручной станок
52	Упаковочный мешок	1000×1000	0,5	Автомат	Полуавтомат
53	Двух подарочных робок	150×150 (размер сторон и крышки)	3	Полуавтомат	Полуавтомат (на 1 стороне и крышке)

Примечание. Плотность полиэтилена принять 0,92 г/см³.

Таблица 10

Исходные данные к задачам 54–73

№ задачи	Полимерная основа	Рецептура композиции, мас. ч				Потери, %
54	Поливинилхлорид	ПВХ – 100	АДС – 5	Оксид кремния – 8	Хлорид кадмия – 3	2
55	Поливинилхлорид	ПВХ – 100	ДОФ – 50	Карбонат свинца – 5	Стеарат кальция – 5	1
56	Поливинилхлорид	ПВХ – 99	Мел – 4	Стеариновая кислота – 25	Фенол – 10	1,5
57	Полистирол	ПС – 105	Мел – 30	Сульфат меди – 10	ПАВ – 2	2,5
58	Полистирол	ПС – 100	Фенол – 5	Соль железа – 10	ПАВ – 7	0,5
59	Полиамид	ПА – 100	Стекловолокно – 30	Дикумилпероксид – 2	ПАВ – 5	1
60	Полипропилен	ПП – 100	ПАВ – 7	Солома – 20	Тальк – 15	3
61	Полипропилен	ПП – 110	Каолин – 10	Триаллилизотиоцианат – 2	Соль свинца – 2	1,5
62	Полипропилен	ПП – 100	Асбест – 15	Триаллилизотиоцианат – 3	Соль кадмия – 2	1
63	Смесь полимеров	ПЭВД – 44 ПЭНД – 19	Полистирол – 31	ПВХ – 6	Древесная мука – 10	1,5
64	Пенополистирол	ППС – 60	Сульфат бария – 10	Бензолсульфонилгидразид – 0,5	Стеклянные шарики – 15	1,5
65	Пенополистирол	ППС – 80	Тальк – 15	Диамид азодикарбоновой кислоты – 1,5	Керамические шарики – 10	2
66	Пенополиуретан	ППУ – 90	Гептан – 7	Карбонат натрия – 1	Пероксид кумила – 10	2
67	Пенополистирол	ППС – 100	Пентан – 5	Древесные отходы – 10	Тальк – 15	1
68	Пенополиуретан	ППУ – 110	Каолин – 15	Оксид титана (IV) – 10	Трихлорэтилен – 6	2
69	Пенополиуретан	ППУ – 120	Асбест – 15	Лимонная кислота – 1	Дихлорметан – 7	2
70	Полистирол	ПС – 40	Древесные отходы – 50	Фенол-формальдегидная смола – 10	Отход АБС-пластик – 1	1
71	АБС-пластик	ПС – 10	Древесные отходы – 50	Фенол-формальдегидная смола – 15	Отход АБС-пластика – 35	1
72	Полиамид	ПА – 120	ПАВ – 10	Тальк – 10	Дикумилпероксид – 4	3
73	Поливинилхлорид	ПВХ – 120	Мел – 15	Отходы деревообработки – 2	Лимонная кислота – 10	2

Параметры технологических потоков

№ задачи	сырье			водяной пар		остаток			фракция 1			фракция 2		фракция 3		орошение		
	наименование	расход, кг/ч	T, °C	расход, кг/ч	p, МПа	наименование	расход, кг/ч	T, °C	наименование	расход, кг/ч	T, °C	наименование	расход, кг/ч	наименование	расход, кг/ч	плотность, кг/дм ³	T _п , °C	T _ж , °C
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
74	Нефть	400 000	350	1 2000	0,300	Мазут	220 000	330	ДТ	72 000	305	К	68 000	Б	–	0,720	160	40
75	Мазут	170 000	425	8 500	0,005	Гудрон	–	385	ЦМ	62 900	205	ММ	30 600	Г	17 000	0,925	245	80
76	Нефть	200 000	345	6 000	0,300	Мазут	–	325	ДТ	36 000	195	К	34 000	Б	20 000	0,740	165	40
77	Мазут	100 000	425	5 000	0,005	Гудрон	35 000	385	ЦМ	–	365	ММ	18 000	Г	10 000	0,920	255	75
78	Нефть	280 000	340	8 400	0,300	Мазут	154 000	320	ДТ	–	190	К	47 600	Б	28 000	0,720	185	55
79	Мазут	210 000	440	10 500	0,005	Гудрон	73 500	400	ЦМ	77 700	220	ММ	–	Г	21 000	0,920	250	70
80	Нефть	340 000	365	10 200	0,300	Мазут	187 000	345	ДТ	61 200	320	К	–	Б	34 000	0,750	180	55
81	Мазут	120 000	435	6 000	0,005	Гудрон	42 000	395	ЦМ	44 400	375	ММ	21 600	Г	–	0,924	260	65
82	Нефть	390 000	360	11 700	0,300	Мазут	214 500	340	ДТ	70 200	315	К	66 300	Б	–	0,730	170	45
83	Мазут	200 000	420	10 000	0,005	Гудрон	–	380	ЦМ	74 000	200	ММ	36 000	Г	20 000	0,925	260	75
84	Нефть	180 000	360	5 400	0,300	Мазут	–	340	ДТ	32 400	210	К	30 600	Б	18 000	0,720	170	45
85	Мазут	90 000	420	4 500	0,005	Гудрон	31 500	380	ЦМ	–	360	ММ	16 200	Г	9 000	0,925	265	80
86	Нефть	260 000	355	7 800	0,300	Мазут	143 000	335	ДТ	–	205	К	44 200	Б	26 000	0,730	155	40
87	Мазут	160 000	420	8 000	0,005	Гудрон	56 000	380	ЦМ	59 200	200	ММ	–	Г	16 000	0,920	285	90

Окончание табл. 11

1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
88	Нефть	320 000	375	9 600	0,300	Мазут	176 000	355	ДТ	57 600	330	К	–	Б	32 000	0,710	170	50
89	Мазут	80 000	415	4 000	0,005	Гудрон	28 000	375	ЦМ	29 600	355	ММ	14 400	Г	–	0,930	275	85
90	Нефть	380 000	370	11 400	0,300	Мазут	209 000	350	ДТ	68 400	325	К	64 600	Б	–	0,740	180	50
91	Мазут	190 000	435	9 500	0,005	Гудрон	–	395	ЦМ	70 300	215	ММ	34 200	Г	19 000	0,930	270	80
92	Нефть	160 000	350	4 800	0,300	Мазут	–	330	ДТ	28 800	200	К	27 200	Б	16 000	0,730	175	55
93	Мазут	150000	415	7 500	0,005	Гудрон	52 500	375	ЦМ	–	195	ММ	27 000	Г	15 000	0,924	250	85
94	Нефть	360 000	355	10 800	0,300	Мазут	198 000	335	ДТ	–	310	К	61 200	Б	36 000	0,750	190	55
95	Мазут	110 000	430	5 500	0,005	Гудрон	38 500	390	ЦМ	40 700	370	ММ	–	Г	11 000	0,925	250	75
96	Нефть	240 000	370	7 200	0,300	Мазут	132 000	350	ДТ	43 200	220	К	–	Б	24 000	0,740	165	45
97	Мазут	180 000	430	9 000	0,005	Гудрон	63 000	390	ЦМ	66 600	210	ММ	32 400	Г	–	0,923	280	85
98	Нефть	300 000	345	9 000	0,300	Мазут	165 000	325	ДТ	54 000	300	К	51 000	Б	–	0,720	180	50
99	Мазут	70 000	420	3 500	0,005	Гудрон	–	380	ЦМ	25 900	360	ММ	12 600	Г	7 000	0,923	245	70
100	Нефть	220 000	365	6 600	0,300	Мазут	–	345	ДТ	39 600	215	К	37 400	Б	22 000	0,750	175	50
101	Мазут	140 000	440	7 000	0,005	Гудрон	49 000	400	ЦМ	–	220	ММ	25 200	Г	14 000	0,921	255	90
102	Нефть	140 000	375	4 200	0,300	Мазут	77 000	355	ДТ	–	225	К	23 800	Б	14 000	0,710	180	40
103	Мазут	130 000	420	6 500	0,005	Гудрон	45 500	380	ЦМ	48 100	360	ММ	–	Г	13 000	0,920	280	70

Примечания: 1. ДТ – дизельное топливо; ЦМ – цилиндрическое масло; ММ – машинное масло; К – керосин; Б – бензин; Г – газойль.

2. Плотности технологических потоков для расчетов принять следующие: нефть – 0,875; мазут – 0,967; гудрон – 0,952; дизельное топливо – 0,855; машинное масло – 0,92; цилиндрическое масло – 0,93; керосин – 0,776; бензин – 0,712; газойль – 0,87.

3. Температура водяного пара – 400°С.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Температурная поправка a' для расчета плотности нефтепродуктов

d_4^{20}	a'	d_4^{20}	a'	d_4^{20}	a'
0,7000–0,7099	0,000 897	0,8000–0,8099	0,000 765	0,9000–0,9099	0,000 633
0,7100–0,7199	0,000 884	0,8100–0,8199	0,000 752	0,9100–0,9199	0,000 620
0,7200–0,7299	0,000 870	0,8200–0,8299	0,000 738	0,9200–0,9299	0,000 607
0,7300–0,7399	0,000 857	0,8300–0,8399	0,000 725	0,9300–0,9399	0,000 594
0,7400–0,7499	0,000 844	0,8400–0,8499	0,000 712	0,9400–0,9499	0,000 581
0,7500–0,7599	0,000 831	0,8500–0,8599	0,000 699	0,9500–0,9599	0,000 567
0,7600–0,7699	0,000 818	0,8600–0,8699	0,000 686	0,9600–0,9699	0,000 554
0,7700–0,7799	0,000 805	0,8700–0,8799	0,000 673	0,9700–0,9799	0,000 541
0,7800–0,7899	0,000 792	0,8800–0,8899	0,000 660	0,9800–0,9899	0,000 522
0,7900–0,7999	0,000 778	0,8900–0,8999	0,000 647	0,9900–1,0000	0,000 515

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Энтальпия перегретого водяного пара

Давление, МПа	Температура кипения, °С	Энтальпия, кДж/кг				
		насыщенного пара	100°С	200°С	300°С	400°С
0,005	32,55	2562	2690,0	2881,8	3078,8	3282,4
0,300	132,88	2726	–	2866,7	3071,2	3278,2

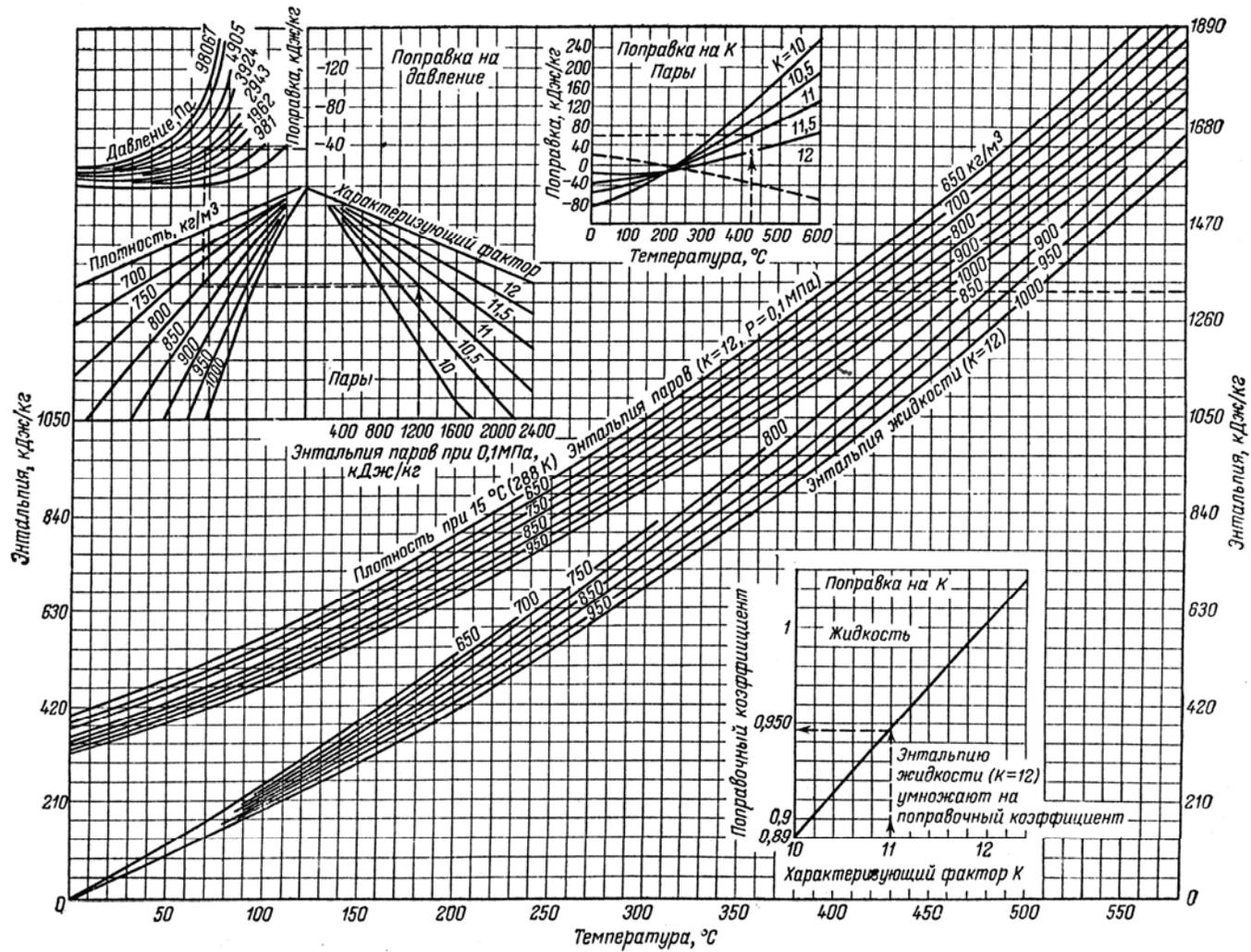
ПРИЛОЖЕНИЕ В

Величина a (кДж/кг),
необходимая для расчёта энтальпии паров нефтепродуктов

$t, ^\circ\text{C}$	a								
160	298,41	205	328,62	250	361,17	295	396,12	340	433,41
165	301,68	210	332,09	255	364,94	300	400,14	345	437,72
170	304,94	215	335,66	260	368,72	305	404,20	350	442,04
175	308,21	220	339,22	265	372,57	310	408,27	355	446,40
180	311,56	225	342,78	270	376,42	315	412,42	360	450,76
185	314,87	230	346,38	275	380,28	320	416,56	365	455,20
190	318,27	235	350,07	280	384,22	325	420,71	370	459,60
195	321,66	240	353,71	285	388,16	330	425,15	375	464,08
200	325,14	245	357,44	290	392,10	335	429,18	380	468,60

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНТАЛЬПИИ НЕФТЯНЫХ ПАРОВ И ЖИДКОСТЕЙ



ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Величина a (кДж/кг),
необходимая для расчета энтальпии жидких нефтепродуктов

$t, ^\circ\text{C}$	a								
40	70,26	125	237,57	210	429,43	295	645,80	380	886,68
45	79,40	130	248,17	215	441,45	300	659,29	385	901,64
50	88,66	135	258,90	220	453,60	305	672,87	390	916,39
55	98,00	140	269,66	225	465,84	310	686,53	395	931,73
60	107,38	145	279,89	230	478,12	315	700,27	400	946,94
65	116,94	150	291,45	235	490,52	320	714,10	405	962,19
70	126,78	155	302,47	240	503,00	325	728,01	410	977,56
75	136,30	160	313,62	245	515,53	330	742,00	415	992,98
80	145,93	165	324,80	250	528,19	335	756,08	420	1008,53
85	155,44	170	336,07	255	540,88	340	770,28	425	1024,16
90	165,71	175	347,47	260	553,75	345	784,53	430	1039,83
95	175,72	180	358,91	265	566,65	350	798,86	435	1055,62
100	185,82	185	370,47	270	579,60	355	813,02	440	1071,50
105	196,00	190	382,08	275	592,67	360	827,81	–	–
110	206,27	195	393,77	280	605,83	365	842,39	–	–
115	216,62	200	405,59	285	619,07	370	857,06	–	–
120	227,05	205	417,44	290	632,39	375	871,85	–	–

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОТЕРЬ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ НА ИХ ОСНОВЕ

Значения коэффициентов потерь пластических масс приведены на основании документа «Методические указания по нормированию расхода синтетических смол и пластических масс в производстве изделий и полуфабрикатов».

Коэффициенты потерь при производстве деталей методом литья под давлением

Масса $m_0, \text{Г}$	Группа сложности	Технологические потери по стадиям				Неиспользуемые отходы $K_{\text{тон}}$
		сумма $K_{\text{тпс}}$	летучие продукты $K_{\text{тпл}}$	переработка отходов $K_{\text{тпо}}$	всего $K_{\text{тп}}$	
<i>Полиэтилен, полипропилен</i>						
10–30	1	–	0,0017	0,0028	0,0045	0,021
30–50	2	–	0,0016	0,0020	0,0036	0,021
50–100	3	–	0,0016	0,0015	0,0031	0,021
100–1000	4	–	0,0016	0,0008	0,0024	0,021
5–10	5	–	0,0019	0,0044	0,0063	0,027
1–5	6	–	0,0022	0,0100	0,0122	0,029
<i>Полистирол</i>						
30–50	4	0,0024	0,0024	0,0030	0,0078	0,029
До 0,5	5	0,0062	0,0062	0,4040	0,5280	0,035
<i>Полиамиды (капрон)</i>						
0,5–1	1	0,0127	0,0054	0,0202	0,0383	0,043

**Коэффициенты потерь при производстве деталей
методом прессования (фенопласты новолачные; третья группа сложности)**

Масса m_0 , Г	Технологические потери по стадиям				Неиспользуемые отходы $K_{тон}$
	подготовка материала $K_{тпп}$	летучие продукты $K_{тпл}$	механическая обработка $K_{тпм}$	всего $K_{тп}$	
2–3	0,034	0,022	0,014	0,07	0,3
30–50	0,028	0,019	0,015	0,062	0,043

**Коэффициенты потерь при производстве деталей
методом экструзии с последующим раздувом**

Масса, m_0 , Г	Группа сложности	Технологические потери		Переработка отходов		Неиспользуемые отходы $K_{тон}$
		летучие продукты $K_{тпл}$	механическая обработка $K_{тпм}$	дробление $K_{тпод}$	грануля- ция $K_{тпог}$	
<i>Полиэтилен</i>						
500– 1000	1	0,005	–	0,004	0,002	0,0090
200–500	4	0,006	0,002	0,008	0,004	0,0012
50–100	5	0,007	0,003	0,014	0,007	0,0160
<i>Поливинилхлорид</i>						
10–30	2	0,024	0,001	0,030	0,013	0,0800
10–30	5	0,029	0,004	0,045	0,015	0,0870

Получение изделий из полиэтиленовой пленки (мешки, пакеты и др.)

Вид операции	Тип используемого оборудования	Технологиче- ские потери		Используйва- ние вторич- ного сырья		Расходный коэффи- циент
		%	норма	%	норма	
Сварка	Автоматическая линия	0,4	0,004	0,5	0,005	$K_{св} = 0,009$
	Ручные станки и полуавтоматы	0,3	0,003	0,4	0,004	$K_{св} = 0,007$
Печать	Любое оборудование	0,5	0,005	1,0	0,010	$K_{печ} = 0,015$

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов, Р. С. Химическая технология: в 2 т. / Р. С. Соколов. – М.: Гуманитарный издательский центр «ВЛАДОС», 2003. – 2 т. – Т. 1. – 368 с.; Т. 2. – 448 с.
2. Миронович, И. М. Производственные технологии. Основы технологии производства продукции химического комплекса / И. М. Миронович. – Минск: Равноденствие, 2005. – 376 с.
3. Кутепов, А. М. Общая химическая технология / А. М. Кутепов [и др.]. – М.: Академкнига, 2007. – 528 с.
4. Бесков, В.С. Общая химическая технология / В. С. Бесков. – М.: Академкнига, 2006. – 453 с.
5. Позин, М. Е. Физико-химические основы неорганической технологии / М. Е. Позин, Р. Ю. Зинюк. – СПб.: Химия, 1993. – 440 с.
6. Суханов, В. П. Переработка нефти / В. П. Суханов. – М.: Высш. шк., 1979. – 335 с.
7. Власов, С.В. Основы технологии переработки пластмасс / С. В. Власов [и др.]; под ред. С. В. Власова. – М.: Химия, 2004. – 598 с.
8. Зазулина, З. А. Основы технологии химических волокон / З. А. Зазулина [и др.]; под ред. З. А. Зазулиной. – М.: Химия, 1985. – 303 с.
9. Иванов, С. Н. Технология бумаги / С. Н. Иванов. – М.: Школа бумаги, 2006. – 695 с.
10. Елинов, Н. П. Основы биотехнологии / Н. П. Елинов. – СПб.: Наука, 1995. – 660 с.
11. Ильин, В. А. Краткий справочник гальванотехника / В. А. Ильин. – СПб.: Политехника, 1993. – 256 с.
12. Классен, П. В. Основные процессы технологии минеральных удобрений / П. В. Классен, И. Г. Гришаев. – М.: Химия, 1990. – 302 с.
13. Производство изделий из полимерных материалов / под ред. В. К. Крыжановского. – СПб.: Профессия, 2004. – 461 с.
14. Кошелев, Ф. Ф. Общая технология резины / Ф. Ф. Кошелев [и др.]; под ред. Ф. Ф. Кошелева. – М.: Химия, 1978. – 527 с.
15. Гомонай, М. В. Технология переработки древесины / М. В. Гомонай. – М.: МГУЛ, 2001. – 232 с.
16. Корнев, А. Е. Технология эластомерных материалов / А. Е. Корнев [и др.]. – М.: Эксим, 2000. – 288 с.
17. Мановян, А. К. Технология первичной переработки нефти и природного газа / А. К. Мановян. – М.: Химия, 2001. – 568 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
Программа дисциплины «Технология основных химических производств.....	4
Методические рекомендации к изучению дисциплины и выполнению контрольных работ.....	8
1. Методические рекомендации к изучению основных разделов дисциплины.....	8
2. Методические рекомендации к решению задач контрольных работ.....	10
3. Методические рекомендации к решению задач контрольной работы № 1.....	12
4. Методические рекомендации к решению задач контрольной работы № 2.....	21
Контрольные задания по дисциплине.....	30
Контрольная работа № 1.....	30
Контрольная работа № 2.....	40
Приложения.....	52
Приложение А. Температурная поправка a' для расчета плотности нефтепродуктов.....	52
Приложение Б. Энтальпия перегретого водяного пара.....	52
Приложение В. Величина a (кДж/кг), необходимая для расчета энтальпии паров нефтепродуктов.....	52
Приложение Г. Номограмма для определения энтальпии нефтяных паров и жидкостей.....	53
Приложение Д. Величина a (кДж/кг), необходимая для расчета энтальпии жидких нефтепродуктов.....	54
Приложение Е. Значения коэффициентов потерь пластических масс при производстве изделий на их основе.....	54
Рекомендуемая литература.....	56

ТЕХНОЛОГИЯ ОСНОВНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Составитель

Лихачева Анна Владимировна

Редактор *Е. И. Гоман*

Компьютерная верстка *О. Ю. Шантарович*

Подписано в печать 27.04.2011. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 3,4. Уч.-изд. л. 3,5.

Тираж 50 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение

УО «Белорусский государственный технологический университет».

ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.

ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.

Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.