

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ

**ПМ. 02 ВЕДЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЦЕССА С АВТОМАТИЧЕСКИМ
РЕГУЛИРОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ И
РЕЖИМОВ**

18.02.06 Химическая технология органических
веществ

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по УМР

_____ В.Н. Долженкова

«31» августа 2023 г.

Разработал(и) преподаватель(и) _____ :

Рассмотрена на заседании ЦК

Протокол № 1

от 31.08.2023 г.

Председатель ЦК _____ И.В. Мандрикова

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1. ПАСПОРТ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ	4
2. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ	6
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ	7
4. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ	21
5. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ (ВИДА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ)	23

1. ПАСПОРТ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ

Ведение технологического процесса с автоматическим регулированием параметров и режимов

1.1. Область применения программы

Рабочая программа профессионального модуля (далее примерная программа) является частью примерной основной профессиональной образовательной программы в соответствии с ФГОС по специальности (специальностям) СПО **18.02.06 Химическая технология органических веществ** в части освоения основного вида профессиональной деятельности (ВПД): **Ведение технологического процесса с автоматическим регулированием параметров и режимов** и соответствующих профессиональных компетенций (ПК):

1. Подготавливать исходное сырье и материалы
2. Поддерживать заданные параметры технологического процесса с помощью контрольно-измерительных приборов и результатов аналитического контроля.
3. Рассчитывать технико-экономические показатели технологического процесса
4. Выполнять требования промышленной и экологической безопасности и охраны труда.

Рабочая программа профессионального модуля может быть использована в дополнительном образовании и профессиональной подготовке при освоении профессий рабочего при наличии основного общего и среднего (полного) общего образования:

16081 Оператор технологических установок

Опыт работы не требуется.

1.2. Цели и задачи модуля – требования к результатам освоения модуля

С целью овладения указанным видом профессиональной деятельности и соответствующими профессиональными компетенциями обучающийся в ходе освоения профессионального модуля должен:

иметь практический опыт:

- подготовки исходного сырья и материалов, безопасного ведения технологического процесса с помощью контрольно-измерительных приборов и результатов аналитического контроля

уметь:

- применять знания теоретических основ химико-технологических процессов;
- снимать показания приборов и оценивать достоверность информации;
- регулировать и вести технологический процесс на оптимальных условиях по показаниям КИПиА;
- выявлять, анализировать и устранять причины отклонений от норм технологического режима;
- следить за своевременной откачкой сточных вод и контролировать их качество;
- осуществлять контроль работы, пуска и остановки газоочистных установок (ГОУ), выявлять и устранять нарушения в их работе;
- производить упаковку и отгрузку твердых отходов;
- рассчитывать технико-экономические показатели технологического процесса;

знать:

- теоретические основы химико-технологических процессов;
- устройство и принцип действия средств управления технологическим процессом;
- сущность технологического процесса производства и правила его регулирования;
- оптимальные условия ведения технологического процесса;
- возможные нарушения технологического режима, их причины;
- состав и свойства промышленных отходов;
- основные методы утилизации отходов;
- устройство и принцип работы оборудования для утилизации отходов;
- основные технико-экономические показатели технологического процесса

1.3. Количество часов на освоение программы профессионального модуля:

всего - 772 часа, в том числе:

максимальной учебной нагрузки обучающегося - 592 часов, включая:

- обязательной аудиторной учебной нагрузки обучающегося - 389 часов;
- самостоятельной работы обучающегося - 145 часов;
- консультации - 58 часов;

учебной и производственной практик - 180 часов.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ

Результатом освоения программы профессионального модуля является овладение обучающимися видом профессиональной деятельности **Ведение технологического процесса с автоматическим регулированием параметров и режимов**, в том числе профессиональными (ПК) и общими (ОК) компетенциями:

Код	Наименование результата обучения
ПК 2.1	Подготавливать исходное сырье и материалы
ПК 2.2	Поддерживать заданные параметры технологического процесса с помощью контрольно измерительных приборов и результатов аналитического контроля
ПК 2.3	Выполнять требования промышленной и экологической безопасности и охраны труда
ПК 2.4	Рассчитывать технико-экономические показатели технологического процесса
ПК 2.5	Соблюдать нормативы образования газовых выбросов, сточных вод и отходов производства
ОК 1.	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.
ОК 2.	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.
ОК 3.	Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.
ОК 4.	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
ОК 5.	Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности
ОК 6.	Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.
ОК 7.	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.
ОК 8.	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.
ОК 9.	Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности

2.1 Личностные результаты реализации программы воспитания

Согласно Федеральному закону «Об образовании» от 29.12.2012 г. г. № 273-ФЗ (в ред. Федерального закона от 31.07.2020 г.) «воспитание – деятельность, направленная на развитие личности, создание условий для самоопределения и социализации обучающихся на основе социокультурных, духовно-нравственных ценностей и принятых в российском обществе правил и норм поведения в интересах человека, семьи, общества и государства, формирование у обучающихся чувства патриотизма, гражданственности, уважения к памяти защитников Отечества, закону и правопорядку, человеку труда и старшему поколению, взаимного уважения, бережного отношения к культурному наследию и традициям многонационального народа Российской Федерации, природе и окружающей среде.

Личностные результаты реализации программы воспитания (дескрипторы)	Код личностных результатов реализации программы воспитания
Осознающий себя гражданином и защитником великой страны	ЛР 1
Проявляющий активную гражданскую позицию, демонстрирующий приверженность принципам честности, порядочности, открытости, экономически активный и участвующий в студенческом и территориальном самоуправлении, в том числе на условиях добровольчества, продуктивно взаимодействующий и участвующий в деятельности общественных организаций	ЛР 2
Соблюдающий нормы правопорядка, следующий идеалам гражданского общества, обеспечения безопасности, прав и свобод граждан России. Лояльный к установкам и проявлениям представителей субкультур, отличающий их от групп с деструктивным и девиантным поведением. Демонстрирующий неприятие и предупреждающий социально-опасное поведение окружающих	ЛР 3
Проявляющий и демонстрирующий уважение к людям труда, сознающий ценность собственного труда. Стремящийся к формированию в сетевой среде личного и профессионального цифрового следа	ЛР 4
Демонстрирующий приверженность к родной культуре, исторической памяти на основе любви к Родине, родному народу, малой родине, принятию традиционных ценностей многонационального народа России	ЛР 5
Проявляющий уважение к людям старшего поколения и готовность к участию в социальной поддержке и волонтерских движениях	ЛР 6
Осознающий приоритетную ценность личности человека, уважающий собственную и чужую уникальность в различных ситуациях, во всех формах и видах деятельности	ЛР 7
Проявляющий и демонстрирующий уважение к представителям различных этнокультурных, социальных, конфессиональных и иных групп. Сопричастный к сохранению, преумножению и трансляции культурных традиций и ценностей многонационального российского	ЛР 8

государства	
Соблюдающий и пропагандирующий правила здорового и безопасного образа жизни, спорта, предупреждающий либо преодолевающий зависимость от алкоголя, табака, психоактивных веществ, азартных игр и т.д. Сохраняющий психологическую устойчивость в ситуативно-сложных или стремительно меняющихся ситуациях	ЛР 9
Заботящийся о защите окружающей среды, собственной и чужой безопасности, в том числе цифровой	ЛР 10
Проявляющий уважение к эстетическим ценностям, обладающий основами эстетической культуры	ЛР 11
Признающий семейные ценности, готовый к созданию семьи и воспитанию детей, демонстрирующий неприятие насилия в семье, ухода от родительской ответственности, отказа от отношений со своими детьми и их финансового содержания	ЛР 12
Личностные результаты реализации программы воспитания, определенные отраслевыми требованиями к деловым качествам личности	
Демонстрирующий готовность и способность вести диалог с другими людьми, достигать в нем взаимопонимания, находить общие цели и сотрудничать для их достижения в профессиональной деятельности	ЛР 13
Проявляющий сознательное отношение к непрерывному образованию как условию успешной профессиональной и общественной деятельности	ЛР 14
Проявляющий гражданское отношение к профессиональной деятельности как к возможности личного участия в решении общественных, государственных, общенациональных проблем	ЛР 15
Принимающий основы экологической культуры, соответствующей современному уровню экологического мышления, применяющий опыт экологически ориентированной рефлексивно-оценочной и практической деятельности в жизненных ситуациях и профессиональной деятельности	ЛР 16
Проявляющий ценностное отношение к культуре и искусству, к культуре речи и культуре поведения, к красоте и гармонии	ЛР 17
Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере (в ред. Приказа Минпросвещения России от 17.12.2020 г. № 747.)	ЛР 18
Личностные результаты реализации программы воспитания, определенные субъектом Российской Федерации	
Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие с учетом актуальной экономической ситуации Белгородской области	ЛР 19
Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности	ЛР 20
Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках (в ред. Приказа Минпросвещения России от 17.12.2020 г. № 747.)	ЛР 21
Активно применяющий полученные знания на практике	ЛР 22
Способный анализировать производственную ситуацию, быстро принимать решения	ЛР 23
Проявление терпимости и уважения к обычаям и традициям народов России и других государств, способности к межнациональному и межконфессиональному согласию	ЛР 24

Личностные результаты реализации программы воспитания, определенные ключевыми работодателями	
Подготавливать оборудование и контролировать работу основного и вспомогательного оборудования, технологических линий, коммуникаций и средств автоматизации	ЛР 25
Поддерживать заданные параметры технологического процесса с помощью контрольно-измерительных приборов и результатов аналитического контроля	ЛР 26
Контролировать качество сырья, полуфабрикатов (полупродуктов) и готовой продукции	ЛР 27
Выявлять и устранять причины технологического брака	ЛР 28
Планировать и координировать деятельность персонала по выполнению производственных заданий	ЛР 29
Участвовать в оценке и обеспечении экономической эффективности работы подразделения	ЛР 30
Личностные результаты реализации программы воспитания, определенные субъектами образовательного процесса	
Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях	ЛР 31
Использовать средства физической культуры по сохранению и укреплению здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности	ЛР 32
Проявлять доброжелательность к окружающим, деликатность, чувство такта и готовность оказать услугу каждому, кто в ней нуждается	ЛР 33

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ

3.1. Тематический план профессионального модуля

Коды профессиональных компетенций	Наименование разделов профессионального модуля, МДК, практик	Максимальная	Самостоятельная	Консультации	Обязательная			
					Всего	в том числе		
						Лекции, уроки	Практические занятия	Курсовой проект
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ПК 2.1-2.5	МДК. 02.01 Управление технологическими процессами производства органических веществ	592	145	58	389	259	130	20
УП. 02.01	Учебная практика	36						
ПП. 02.01	Производственная практика (по профилю специальности)	144						
	Всего	772	145	58	389	259	130	20

3.2. Содержание обучения по профессиональному модулю ПМ.02 Ведение технологического процесса с автоматическим регулированием параметров и режимов

Наименование разделов профессионального модуля (ПМ), междисциплинарных курсов (МДК) и тем	Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся, курсовая работ (проект) (если предусмотрены)	Объем часов	Уровень освоения	Код личностных результатов реализации программы воспитания
1	2	3	4	5
МДК.02.01. Управление технологическими процессами производства органических веществ		592		
Раздел 1	Сырье для промышленности органического синтеза	20		
Тема 1.1 Краткие сведения о нефти и способы ее переработки.	Содержание	8	ОК 1 ОК 2 ОК 9 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9 ЛР 13 ЛР 14 ЛР 16 ЛР 18 ЛР 19 ЛР 22
	1. Основные источники энергии. Сырье для промышленности производства органических веществ.			
	2. Нефть, ее химический состав. Подготовка нефти к переработке			
	3. Методы переработки нефти. Перегонка нефти			
	4. Термический и каталитический крекинг. Пиролиз			
	Практические занятия Графическое изображение технологических схем по ЕСКД Основные показатели химико-технологического процесса	12		ЛР 19 ЛР 22
Самостоятельная работа и консультации - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по темам «Каустобиолиты.», «Деструктивная переработка нефтяных дистиллятов»	10			
Тема 1.2 Природные и попутные газы, газы нефтепереработки. Методы их разделения.	Содержание	8	ОК 1 ОК 2 ОК 9 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9 ЛР 13 ЛР 14 ЛР 16
	1. Классификация и состав природных газов. Попутные газы. Газы нефтепереработки			
	2. Сорбционные методы разделения газовых смесей. Технологическая схема процесса извлечения газового бензина абсорбцией			
	3. Адсорбционный метод. Адсорбенты. Технологическая схема установки для извлечения газового бензина адсорбцией			

	4	Абсорбционно-ректификационный метод разделения. Технологическая схема			ЛР 18 ЛР 19 ЛР 22
		Практические занятия Расчет состава газовой смеси Принципы составления материального баланса. Составление материального баланса процесса пиролиза метана Составление материального баланса процесса получения этилена из этана Расчет расходных коэффициентов Принципы составления теплового баланса Составление теплового баланса процесса получения этилена из этана	30		
		Самостоятельная работа и консультации - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по темам «Природные и попутные газы. Методы их разделения.»	19		
Тема 1.3. Твердые горючие ископаемые. Методы их переработки.	Содержание		4	ОК 1 ОК 2 ОК 9 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9 ЛР 13 ЛР 14 ЛР 16 ЛР 18 ЛР 19 ЛР 22
	1.	Методы переработки твердых горючих ископаемых. Подсушка. Термический процесс переработки угля - полукоксование и коксование.			
	2	Газификация твердого топлива, продукты газификации. Гидрогенизация твердого топлива. Состав продуктов гидрогенизации			
	Самостоятельная работа и консультации - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по темам «Торфы, угли, сланцы.», «Методы переработки каустобиолитов.»				
Раздел 2		Производство углеводородного сырья	24		
Тема 2.1 Получение углеводородного сырья из нефтяных фракций	Содержание		8	ОК 1 ОК 2 ОК 9 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9 ЛР 13 ЛР 14
	1	Ректификация. Выделение узких фракций углеводородов. Выделение узких фракций углеводородов экстрактивной и азеотропной перегонкой			
	2	Выделение n-парафинов карбамидной депарафинизацией. Строение клатратов. Выделение n-парафинов на цеолитах. Химическая природа цеолитов			
	3	Методы кристаллизации с использованием растворителей.			

		Выделение ароматических углеводородов селективной экстракцией.			
	4	Получение ароматических углеводородов каталитическим риформингом. Условия проведения процесса. Платформинг			
		Практические занятия Определение высоты цилиндрической части реактора изомеризации Составление материального баланса процесса получение бутадиена 1,3 дегидрированием н-бутенов	10		ЛР 19 ЛР 22
		Самостоятельная работа и консультации - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по темам «Перегонка.», «Ректификация.», «Синтетические цеолиты.»	9		
Тема 2.2 Специальные методы получения углеводородного сырья.		Содержание	16	ОК 1 ОК 2 ОК 9 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9 ЛР 13 ЛР 14 ЛР 16 ЛР 18 ЛР 19 ЛР 22
	1	Ацетилен, его значение для органического синтеза. Способы получения			
	2	Получение ацетилена из карбида кальция. Ацетиленовые генераторы, их классификация			
	3	Теоретические основы получения ацетилена из углеводородов. Окислительный пиролиз природного газа			
	4	Технологическая схема окислительного пиролиза природного газа. Условия процесс.			
	5	Получение ацетилена пиролизом углеводородного сырья. Виды пиролиза			
	6	Электрокрекинг углеводородного сырья. Виды электрокрекинга. Конструкция реактора			
	7	Способы выделения ацетилена. Технологическая схема процесса концентрирования ацетилена ДМФА. Условия ведения процессов.			
	8	Охрана окружающей среды в производстве ацетилена			
		Самостоятельная работа и консультации - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по теме «Ацетилен.»			
Раздел 3		Основные процессы органического синтеза	139		
Тема 3.1. Изомеризация.		Содержание	5	ОК 1 ОК 2 ОК 9 ПК 2.1 ПК 2.2	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9 ЛР 13
	1	Значение процессов изомеризации. Теоретические основы процесса			
	2	Изомеризация н-парафинов. Условия процесса. Схема изомеризации углеводородов фр. C ₅ -C ₆			

	3	Изомеризация алкилароматических углеводородов. Условия процесса.		ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5	ЛР 14 ЛР 16
		Практические занятия Составление материального баланса процесса получения изооктана	2		
		Самостоятельная работа - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по темам «Изомеризация»	4		
Тема 3.2 . Гидрирование и дегидрирование	Содержание		10	ОК 1 ОК 2 ОК 9 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9 ЛР 13 ЛР 14 ЛР 16 ЛР 18 ЛР 19 ЛР 22
	1	Значение процессов гидрирования и дегидрирования. Классификация процессов			
	2	Гидрирование. Теоретические основы процесса. Гидрирование бензола в циклогексан			
	3	Гидрирование бензола и функциональных производных углеводородов			
	3	Принцип Ле Шателье. Принцип термического дегидрирования. Механизм процесса. Устройство печи градиентного типа			
	4	Каталитическое дегидрирование n-парафинов. Получение бутадиена-1,3 и изопрена. Дегидрирование n-бутенов. Катализаторы процесса			
	5	Одностадийное дегидрирование n-бутана. Условия проведения и технологическая схема			
		Практические занятия Составление материального и теплового балансов процесса получения циклогексана Составление материального баланса процесса получения бутадиена 1,3 дегидрированием n-бутенов Составление материального баланса процесса получения бутадиена 1,3 одностадийным дегидрированием n-бутана Составление материального баланса процесса получения изооктана	24		ЛР 19 ЛР 22
	Самостоятельная работа и консультации - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по темам «Гидрирование СЖК.», «Термическое и каталитическое дегидрирование.»	17			
Тема 3.3. Алкилирование	Содержание		10	ОК 1 ОК 2 ОК 9 ПК 2.1 ПК 2.2	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9 ЛР 13
	1	Общая характеристика реакций алкилирования. Алкилирующие агенты. Способы алкилирования. Механизм процесса термического алкилирования			
	2	Каталитическое алкилирование. Условия проведения процесса			

		каталитического алкилирования		ПК 2.3	ЛР 14
	3	Технологическая схема алкилирования изобутана бутенами		ПК 2.4	ЛР 16
	4	Алкилирование ароматических углеводородов. Факторы, влияющие на выход и состав продуктов		ПК 2.5	ЛР 18
	5	Технологическая схема получения этилбензола. Условия проведения процесса			ЛР 19 ЛР 22
	Практические занятия Составление материального баланса процесса получения этилбензола в присутствии $AlCl_3$ Составление теплового баланса процесса получения этилбензола в присутствии $AlCl_3$		12		ЛР 19 ЛР 22
	Самостоятельная работа и консультации - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по темам «Алкилирование парафинов.», «Алкилирование ароматических углеводородов.»		11		
Тема 3.4. Окисление	Содержание		34	ОК 1 ОК 2 ОК 9	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9
	1	Значение процессов окисления. Теоретические основы процесса			
	2	Этиленоксид: свойства и способы получения. Технологическая схема получения этиленоксида окислением этилена			
	3	Пропиленоксид: свойства и способы получения. Условия проведения процесса. Конструкция реактора			
	4	Окисление олефинов по насыщенному атому углерода. Синтез акролеина и метакролеина			
	5	Окисление олефинов по ненасыщенному атому углерода. Ацетальдегид: свойства и способы получения			
	6	Винилацетат: свойства и способы получения. Получение ацетона. Характеристика продукта. Свойства, применение			
	7	Технологическая схема двухстадийного процесса получения метилэтилкетона			
	8	Окисление низших парафинов. Получение формальдегида. Катализаторы. Условия процесса			
	9	Окисление высших парафинов. Одноатомные алифатические спирты. Получение высших спиртов по методу Башкирова			
	10	Получение моно- и дикарбоновых кислот. Условия процесса получения высших жирных кислот окислением n-парафинов			
	11	Окисление циклопарафинов. Получение циклогексанона и циклогексанола. Получение адипиновой кислоты. Условия процесса			
	12	Окисление ароматических и алкил ароматических углеводородов. Значение процессов			
	13	Получение бензойной и фталевой кислот. Условия получения. Получение малеинового и фталевого ангидридов			

	14	Фенолы. Способы получения и их технико-экономическая характеристика. Получение фенола и ацетона. Условия проведения процесса			
	15	Технологическая схема получения фенола и ацетона кумольным методом. Получение многоатомных фенолов			
	16	Окисление по функциональным группам. Сопряженное окисление и окислительный аммонолиз. Значение процессов			
	17	Акрилонитрил: свойства, применение и способы получения. Техничко-экономическое сравнение способов производства			
	Практические занятия Расчет материального баланса процесса получения этиленоксида эпоксицированием этилена Расчет материального баланса процесса получения уксусной кислоты окислением ацетальдегида Принципы расчета основного аппарата Расчет окислительной колонны		14		ЛР 19 ЛР 22
	Самостоятельная работа и консультации - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по темам «Процессы окисления», «Окислительный аммонолиз.»		24		
Тема 3.5. Гидролиз, гидратация, этерификация, амидирование	Содержание		14	ОК 1 ОК 2 ОК 9 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9 ЛР 13 ЛР 14 ЛР 16 ЛР 18 ЛР 19 ЛР 22
	1	Значение процессов гидролиза, гидратации, этерификации, амидирования. Гидролиз. Утилизация отходов производства			
	2	Гидратация. Теоретические основы. Получение этилового спирта. Прямая и сернокислотная гидратация этилена			
	3	Получение изопропилового спирта			
	4	Реактор-абсорбер сернокислотной гидратации этилена. Получение изопропилового спирта. Условия проведения процесса			
	5	Каталитическая гидратация α -оксидов. Получение этилен- и пропиленгликолей. Условия ведения процесса			
	6	Этерификация. Теоретические основы процесса. Этилацетат: свойства, применение, способы получения			
	7	Амидирование. Теоретические основы амидирования. Важнейшие продукты амидирования			
	Практические занятия Расчет материального и теплового балансов процесса производства этанола прямой гидратацией этилена		4		
Самостоятельная работа и консультации - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по теме «Гидролиз и гидратация.» «		9			

Тема 3.6. Галогенирование	Содержание		44	ОК 1 ОК 2 ОК 9 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9 ЛР 13 ЛР 14 ЛР 16 ЛР 18 ЛР 19 ЛР 22
	1	Характеристика процессов галогенирования. Важнейшие продукты галогенирования и их применение. Галогенирующие агенты			
	2	Заместительное и присоединительное хлорирование, гидрогалогенирование, хлоргидрирование, расщепление хлорпроизводных, хлоролиз (хлоринолиз)			
	3	Теоретические основы процесса хлорирования. Хлорирующие агенты. Способы проведения процесса хлорирования			
	4	Радикально-цепное хлорирование: нормальное и аномальное хлорирование.			
	5	Термическое, фотохимическое, радикальное хлорирование			
	6	Ионно-каталитическое хлорирование. Способы проведения. Катализаторы.			
	7	Хлорирование парафинов. Получение хлорметанов. Исчерпывающее и деструктивное хлорирование.			
	8	Технологическая схема получения хлорметанов. Условия. Конструкция реактора. Катализатор			
	9	Совместное получение тетрахлорметана и тетрахлорэтилена. Условия процесса. Конструкция и расчет реакторов			
	10	Технологическая схема совместного получения тетрахлорметана и тетрахлорэтилена			
	11	Хлорирование ненасыщенных углеводородов. Условия процессов. Применяемые катализаторы			
	12	Особенности процесса хлорирования пропилена. Условия процесса. Катализатор. Конструкция реактора			
	13	Гидрохлорирование ненасыщенных углеводородов. Катализаторы. Механизм действия катализатора			
	14	Окислительное хлорирование углеводородов. Теоретические основы. окислительного хлорирования			
	15	Условия процесса оксихлорирования. Катализатор. Технологическая схема процесса получения 1,2-дихлорэтана оксихлорированием этилена			
	16	Винилхлорид: свойства, способы получения. Комбинированный метод получения винилхлорида			
	17	Технологическая схема процесса получения винилхлорида комбинированным методом. Условия. Катализатор			
	18	Хлорирование ароматических углеводородов. Применение хлорпроизводных ароматических углеводородов			
	19	Технологическая схема получения хлорбензола. Условия процесса. Катализатор. Устройство реактора			
20	Фторирование. Фторирующие агенты. Теоретические основы процесса				

	21	Получение перфторуглеродов. Каталитическое, металлофторидное и электрохимическое фторирование			
	22	Фреоны: свойства, способы получения, катализаторы. Получение фреона-12. Условия процесса. Катализатор. Конструкция реактора			
	Самостоятельная работа и консультации - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по темам «Хлорирование.», «Катализаторы хлорирования.», «Фотохимическое хлорирование»		22		
Тема 3.7. Нитрование	Содержание		6	ОК 1 ОК 2 ОК 9 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9 ЛР 13
	1	Агенты нитрования. Условия нитрования. Производство нитропарафинов			
	2	Газофазное нитрование парафинов. Жидкофазное нитрование парафинов. Условия ведения процессов			
	3	Нитрование ароматических углеводородов. Фактор нитрующей активности. Условия процессов			
	Самостоятельная работа и консультации - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по теме «Нитрование и нитрующие агенты».				
Тема 3.8. Получение аминопроизводных углеводородов и спиртов	Содержание		6	ОК 1 ОК 2 ОК 9 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9 ЛР 13
	1	Получение аминов гидрированием азотсодержащих соединений. Химизм реакции. Важнейшие продукты амидирования			
	2	Гидрирование нитрилов. Катализаторы. Практическое значение продуктов гидрирования нитрилов			
	3	Гидрирование нитросоединений и амидов кислот. Катализаторы. Условия процесса			
	Самостоятельная работа и консультации - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по темам «Получение аминов.», «Гидрирование нитросоединений.»				
Тема 3.9. Сульфирование.	Содержание		6	ОК 1 ОК 2 ОК 9 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9 ЛР 13
	1	Методы проведения сульфирования. Сульфирующие агенты. Способы обеспечения оптимальных рабочих параметров			
	2	Сульфирование парафинов и олефинов. Условия проведения процесса и применение продуктов сульфирования			
	3	Сульфирование ароматических углеводородов. Условия			

		процесса. Применение продуктов сульфирования		ПК 2.5	
		Практические занятия Составление материального баланса процесса получения 1,2-дихлорэтана оксихлорированием этилена Составление материального баланса процесса окислительного аммонолиза пропилена	16		ЛР 19 ЛР 22
		Самостоятельная работа и консультации - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по темам «Сульфоагенты.», «Продукты сульфирования.»	11		
Тема 3.10. Сульфохлорирование и сульфоокисление	Содержание		4	ОК 1 ОК 2 ОК 9 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9 ЛР 13
	1	Механизмы сульфохлорирования и сульфоокисления. Катализаторы и инициаторы процессов			
	2	Получение алкил сульфохлоридов и алкилсульфоокислот. Технологическое оформление реакционного узла			
		Самостоятельная работа и консультации - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по теме «Сульфохлорирование и сульфоокисление.»	2		
Раздел 4.		Синтезы на основе водорода и оксида углерода		8	
Тема 4.1 Синтез углеводов	Содержание		2	ОК 1 ОК 2 ОК 9 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9 ЛР 13
	1	Синтез-газ, его состав. Продукты, полученные из синтез-газа, их применение			
		Самостоятельная работа и консультации - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по теме «Синтез-газ и продукты, получаемые на его основе.»	1		
Тема 4.2. Синтез кислородсодержащих соединений.	Содержание		6	ОК 1 ОК 2 ОК 9 ПК 2.1 ПК 2.2	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9 ЛР 13
	1	Синтез метанола. Аппаратурное оформление реакционного узла. Условия ведения процесса			
	2	Получение спиртов оксосинтезом. Химизм, стадии и условия процесса			

	3	Получение уксусной кислоты карбонилированием метанола. Условия. процесса. Катализаторы		ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5	ЛР 14 ЛР 16 ЛР 18 ЛР 19 ЛР 2
		Самостоятельная работа и консультации - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по теме «Получение метанола из синтез-газа»	3		
Раздел 5		Производство поверхностно-активных веществ (ПАВ)	14		
Тема 5.1. Классификация ПАВ. Физико-химические основы моющего действия ПАВ.	Содержание		2	ОК 1 ОК 2 ОК 9 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9 ЛР 13
	1	Классификация ПАВ. Физико-химические основы моющего действия ПАВ.			
		Самостоятельная работа и консультации - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по темам «Поверхностно-активные вещества и синтетические моющие средства.»	1		
Тема 5.2. Получение анионных ПАВ.	Содержание		6	ОК 1 ОК 2 ОК 9 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9 ЛР 13
	1	Получение анионных ПАВ. Получение первичных алкилсульфатов из жирных спиртов. Условия ведения процесса			
	3	Получение алкилсульфонатов.. Получения сульфонола. Условия ведения процессов			
	4	Получение алкиларилсульфонатов			
		Самостоятельная работа и консультации - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по темам «Реакторы сульфирования.», «Получение сульфонола»	3		
Тема 5.3. Получение катионных ПАВ	Содержание		4	ОК 1 ОК 2 ОК 9 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9 ЛР 13
	1	Классификация катионных ПАВ. Их достоинства и недостатки. Применение катионных ПАВ			
	2	Получение неионогенных ПАВ. Их достоинства. Катализаторы процессов			

				ПК 2.4 ПК 2.5	
		Самостоятельная работа и консультации - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по теме «Применение катионных ПАВ.»	2		
Тема 5.4 Получение амфолитных ПАВ	Содержание		2	ОК 1 ОК 2 ОК 9 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9 ЛР 13
	1	Свойства амфолитных ПАВ. Получение. Применение амфолитных ПАВ.			
		Самостоятельная работа и консультации - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по теме «Токсикология ПАВ и СМС.»	1		
Раздел 6	Производство полимерных материалов		42		
Тема 6.1 Классификация и физико-химические свойства полимеров	Содержание		8	ОК 1 ОК 2 ОК 9 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9 ЛР 13 ЛР 14 ЛР 16 ЛР 18 ЛР 19 ЛР 22
	1	Классификация и физико-химические свойства полимеров. Значение полимерных материалов			
	2	Методы синтеза полимеров. Виды полимеров			
	3	Промышленные способы проведения полимеризации и их технико-экономическая характеристика			
	4	Промышленные способы проведения поликонденсации и их технико-экономическая характеристика			
		Самостоятельная работа и консультации - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по теме «Виды полимеров.»	4		
Тема 6.2. Методы синтеза полимеров	Содержание		26	ОК 1 ОК 2 ОК 9 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9 ЛР 13 ЛР 14
	1	Методы синтеза полимеров. Применение различных типов полимерных материалов			
	2	Получение полиэтилена при высоком давлении. Схема производства. Типы реакторов. Условия ведения процесса			
	3	Полиэтилен низкого давления: свойства, применение.			

		Катализаторы. Условия проведения процесса		ПК 2.4 ПК 2.5	ЛР 16 ЛР 18 ЛР 19 ЛР 22
	4	Полистирол: свойства, применение, способы получения			
	5	Полипропилен: свойства, применение. Условия ведения процесса в присутствии металлоорганических катализаторов			
	6	Поливинилхлорид: свойства, применение. Способы получения ПВХ			
	7	Фенолальдегидные олигомеры: свойства, применение. Условия проведения процесса			
	10	Классификация каучуков. Каучуки общего назначения.			
	11	Каучуки специального назначения. Полиизобутиленовый каучук, полихлоропреновый каучуки			
	12	Технологическая схема получения полихлоропренового каучука			
	13	Синтетические волокна: классификация. Полиамидные волокна. Способы получения			
	Практические занятия				
Расчет вспомогательного оборудования (сборник, насос, фильтр) Расчет вспомогательного оборудования (газодувка, сеператор)					
Самостоятельная работа и консультации - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по темам «Каучуки.», «Синтетические и искусственные волокна.»		15			
Тема 6.3 Технология рециклирования вторичного сырья (рециклинг-технология)	Содержание		2	ОК 1 ОК 2 ОК 9 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9 ЛР 13
	1	. Особенности свойств вторичного сырья			
Самостоятельная работа и консультации - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по темам «Рециклинг.», «Особенности свойств вторичного сырья.»		1			
Тема 6.4 Основные причины загрязнения газовой и водной среды	Содержание		6	ОК 1 ОК 2 ОК 9 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5	ЛР 2 ЛР 4 ЛР 9 ЛР 13
	1	Средства защиты воздушной, водной сред и почвы от загрязнений			
	2	Методы обезвреживания газовых выбросов: механические, огневые			
	3	Методы обезвреживания сточных вод: механические, термические. физико-химические, химические, биологические			
Самостоятельная работа и консультации		3			

	<ul style="list-style-type: none"> - систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем) - подготовка опорных конспектов по темам «Рециклинг», «Особенности свойств вторичного сырья.» 			
<p align="center">Самостоятельная работа при изучении раздела ПМ 02</p> <p>Систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к темам, главам учебных пособий, составленным преподавателем, работа со справочной литературой, выполнение письменных заданий по методическим рекомендациям, выполнение расчетно-графических работ, выполнение материальных и тепловых балансов, решение задач с использованием технико-экономических показателей процессов).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Подготовка к практическим работам с использованием методических рекомендаций преподавателя, оформление практических работ, отчетов и подготовка к их защите. - Самостоятельное изучение свойств продуктов органического синтеза и их применение в промышленности. - Вычерчивание технологических схем с изображением потоков, определяющих их агрегатное состояние, получения продуктов органического синтеза. - Обоснование выбора параметров технологических процессов. - Техника безопасности в производстве продуктов органического синтеза и охрана окружающей среды 		159		
<p align="center">Примерная тематика внеаудиторной самостоятельной работы</p> <p>Систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Подготовка к практическим работам с использованием методических рекомендаций преподавателя, оформление практических работ, отчетов и подготовка к их защите. - Вычерчивание технологических схем с изображением потоков, определяющих их агрегатное состояние, получения продуктов органического синтеза. - Выполнение расчетов материального и теплового баланса. - Выполнение домашних заданий решения задач с использованием селективности, конверсии, выхода, потерь, мольного соотношения реагирующих веществ. - Самостоятельное изучение свойств и применения продуктов органического синтеза и их способов получения 				
Консультации		72		
<p>Учебная практика</p> <p>Виды работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - процессы этерификации - процессы окисления - процессы получения элементарорганических соединений - процессы полимеризации и поликонденсации - процессы дегидрирования и дегидратации 		36		

<p>Производственная практика (по профилю специальности) Виды работ - характеристика сырья, вспомогательных материалов и готового продукта - поточная и технологическая схема производства продуктов ОС - характеристика оборудования - автоматический и аналитический контроль - охрана труда и охрана окружающей среды - подготовка к работе основного оборудования - подготовка к работе вспомогательного оборудования - основные параметры технологического процесса - порядок включения оборудования в работу и остановки оборудования - приборы КИПиА, применяющиеся при ведении технологического процесса и оценка их показаний - регулировка основных параметров, влияющих на бесперебойную работу оборудования технологической линии - выявление и устранение отклонений от режимов в работе оборудования - составление материального баланса процесса</p>	144	
<p>Обязательная аудиторная учебная нагрузка по курсовой работе (проекту)</p>	20	
<p style="text-align: center;">Примерная тематика курсовых работ (проектов)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Производство ацетилена. 2. Производство этилена. 3. Производство бутадиена-1,3. 4. Производство стирола и α-метилстирола. 5. Производство этил- и изопропилбензол.а 6. Производство дихлорэтана. 7. Производство винилхлорида. 8. Производство хлорбензола. 9. Производство четыреххлористого углерода. 10. Производство этилхлорида. 11. Производство метанола. 12. Производство этанола. 13. Производство бутиловых спиртов (оксосинтезом). 14. Производство этиленоксида. 15. Производство фенола и ацетона. 16. Производство формалина. 17. Производство ацетальдегида. 18. Совместное производство уксусной кислоты и уксусного ангидрида. 19. Производство уксусной кислоты из метанола. 20. Производство винилацетата. 21. Производство акрилонитрила. 22. Производство трихлорэтилена. 23. Производство полиэтилена. 24. Производство полистирола. 25. Производство поливинилхлорида. 		
<p>Всего</p>	772	

Для характеристики уровня освоения учебного материала используются следующие обозначения:

1 – ознакомительный (узнавание ранее изученных объектов, свойств);

2 – репродуктивный (выполнение деятельности по образцу, инструкции или под руководством);

3 – продуктивный (планирование и самостоятельное выполнение деятельности, решение проблемных задач).

4. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ

4.1. Требования к минимальному материально-техническому обеспечению

Реализация программы модуля предполагает наличие учебного кабинета «Технологии органических веществ» и лаборатории; оборудования учебного кабинета и рабочих мест кабинета «Технология производственных процессов и основ химической технологии»:

- рабочие места по количеству обучающихся;
- рабочее место преподавателя;
- комплект учебно-методических материалов;
- методические рекомендации и разработки;
- макеты, плакаты и типовые стенды: «курсовое проектирование», «Условное обозначение аппаратов и машин химической технологии», «Производство СМС»; электрифицированные схемы производства СЖК и этерификации СЖК, электрифицированное рабочее место аппаратчика

Технические средства обучения:

- персональный компьютер (ПК);

Оборудование лаборатории и рабочих мест лаборатории:

- рабочие места по количеству обучающихся;
- вытяжные установки;
- лабораторные столы;
- аналитические и технические электронные весы;
- рН-метр;
- фотоэлектроколориметр;
- титровальные установки;
- установка для перегонки;
- химическая посуда;
- реактивы.

Реализация программы модуля предполагает обязательную производственную практику, которую рекомендуется проводить концентрированно.

4.2. Информационное обеспечение обучения

Перечень рекомендуемых учебных изданий, интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основные источники:

1. Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки./В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018.

Дополнительные источники:

2. Адельсон С.В. Технология нефтехимического синтеза./С.В. Адельсон, Т.П. Вишнякова, Я.М. Паушкин. - М.: Химия, 1985.
3. Белов П.С. Основы технологии нефтехимического синтеза./П.С. Белов. - М.: Химия, 1982.
4. Гороновский И.Т. Краткий справочник по химии./И.Т. Гороновский, Ю.П. Назаренко, Е.Ф. Некряч. - Киев: Наумова думка, 1974.
5. Гутник С.П. Примеры и задачи по технологии органического синтеза./С.П. Гутник. - М.: Химия, 1984.
6. Гутник С.П. Расчеты по технологии органического синтеза./С.П. Гутник, В.Е.Сосонко. - М.: Химия, 1988.
7. Капкин В.Д. Технология органического синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савинецкая, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987.
8. Лазарев М.В. Вредные вещества в промышленности. Тт. 1,2,3./М.В. Лазарев. - Л.: Химия, 1976.
9. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988.
10. Огородников С.К. Справочник нефтехимика. Тт. 1,2./С.К. Огородников. - М.: Химия, 1978.
11. Предельно допустимые концентрации в воздухе и в воде. Справочник. - Л.: Химия, 1995.
12. Рудин Г.М. Карманный справочник нефтепереработчика./ Г.М. Рудин. М. - Л.: Химия, 1980.
13. Филатов В.А. Вредные вещества. Углеводороды, галогенпроизводные углеводородов./В.А. Филатов. - Л.: Химия, 1990.

Интернет-ресурсы:

14. <http://alhimteh.ru/htov/118-yukelson-ii-texnologiya-osnovnogo-organicheskogo.html> - интернет-книга Юкельсона И.И
15. <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/> - химическая энциклопедия

4.3. Общие требования к организации образовательного процесса

Лекционно-практические занятия проводятся в специализированном классе. Производственное обучение студентов осуществляется в учебных аудиториях и лабораториях, а также на предприятиях различных организационно-правовых форм на основе прямых договоров, заключаемых между предприятием и техникумом.

Дисциплины и модули, изучение которых предшествовало освоению данного модуля:

- Органическая химия
- Физическая и коллоидная химия
- Процессы и аппараты
- Теоретические основы химической технологии
- Основы охраны труда, промышленной и экологической безопасности
- Инженерная графика

4.4. Кадровое обеспечение образовательного процесса

Требования к квалификации педагогических (инженерно-педагогических) кадров, обеспечивающих обучение по междисциплинарному курсу (курсам): наличие высшего профессионального образования по инженерно-техническим специальностям.

Требования к квалификации педагогических кадров, осуществляющих руководство практикой

Инженерно-педагогический состав: дипломированные специалисты, имеющие среднее или высшее профессиональное образование по техническим специальностям и имеющие стаж работы на производстве.

5. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ (ВИДА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ)

Результаты (освоенные профессиональные компетенции)	Основные показатели оценки результата	Формы и методы контроля и оценки
ПК2.1. Подготовка исходного сырья и материалов	<ul style="list-style-type: none">- Применение знаний теоретических основ химико-технологических процессов- Знание физико-химических свойств сырья и материала, ГОСТов и ТУ	<i>Текущий контроль в форме:</i> <ul style="list-style-type: none">- защиты практических работ;- контрольных и практических работ.
ПК2.2 Поддерживать заданные параметры технологического процесса с помощью контрольно измерительных приборов и результатов аналитического контроля	<ul style="list-style-type: none">- Регулирование и ведение технологического процесса на оптимальных условиях по показаниям КИПиА и результатов аналитического контроля	<i>Текущий контроль в форме:</i> <ul style="list-style-type: none">- защиты практических работ;- контрольных и практических работ
ПК 2.3. Выполнять требования промышленной и экологической безопасности и охраны труда	<ul style="list-style-type: none">- Соблюдение ПДК- Выполнение требований техники безопасности и охраны труда- Осуществление контроля работы, пуска и остановки газоочистительных установок (ГОУ), выявлять и устранять нарушения в их работе	<i>Текущий контроль в форме:</i> <ul style="list-style-type: none">- защиты практических работ;- контрольных и практических работ <i>Зачеты по производственной практике</i> <i>Комплексный экзамен по модулю</i>
ПК 2.4. Рассчитывать технико-экономические показатели технологического процесса	<ul style="list-style-type: none">- Умение рассчитывать технико-экономические показатели	<i>Текущий контроль в форме:</i> <ul style="list-style-type: none">- защиты

		<i>практических работ;</i> <i>- контрольных и практических работ</i>
ПК 2.5. Соблюдать нормативы образования газовых выбросов, сточных вод и отходов производства	<ul style="list-style-type: none"> - Знание состава и свойств промышленных отходов - Знания основных методов утилизации отходов 	<i>Текущий контроль в форме:</i> <i>- защиты практических работ;</i> <i>- контрольных и практических работ</i>

Формы и методы контроля и оценки результатов обучения должны позволять проверять у обучающихся не только сформированность профессиональных компетенций, но и развитие общих компетенций и обеспечивающих их умений.

Результаты (освоенные общие компетенции)	Основные показатели оценки результата	Формы и методы контроля и оценки
ОК4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития	<ul style="list-style-type: none"> - эффективный поиск необходимой информации; - использование различных источников, включая электронные; - участие в работе кружка технического творчества; - наличие положительных отзывов по итогам производственной практики; - участие в конкурсах профессионального мастерства и т.п. 	<i>Экспертное наблюдение и оценка на практических занятиях, конкурсах и во внеучебной деятельности.</i>
ОК5. Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности.	– Использование информационно-коммуникационных технологий для совершенствования профессиональной деятельности;	<i>Наблюдение и экспертная оценка эффективности и правильности принимаемых решений на практических занятиях, в процессе учебной и производственной практик.</i>
ОК9. Быть готовым к смене технологий в профессиональной деятельности.	<ul style="list-style-type: none"> - занятия самообразованием; - осознанное планирование смены профессий. 	<i>Наблюдение и экспертная оценка эффективности и правильности самоанализа принимаемых решений на практических занятиях, в процессе учебной и производственной практик.</i>

ПРИЛОЖЕНИЕ

<p>ЛИСТ обновления содержания рабочих программ УД (ПМ), УП, ПП в соответствии с требованиями ФГОС п.7.1 и методических материалов, обеспечивающих их реализацию (с учетом запросов работодателей, особенностей развития региона, в связи с развитием науки и техники и др.)</p>	<p>Рассмотрено и одобрено на заседании ЦК Пр.№ _____ от _____ 2023 г. Председатель ЦК _____</p>
---	--

В соответствии с требованиями ФГОС п.7.1 на 2023 - 24 уч.г.
для гр. Х-9-11 внесены изменения в:

Рабочую программу (название) ПМ. 02 МДК. 02.01 Управление технологическими процессами производства органических веществ

Тема 2.1 сокращена на 2 часа.

Тема 3.2 сокращена на 18 часов.

Тема 3.5 увеличена на 2 часа.

Тема 4.1 сокращена на 2 часа.

Тема 4.2 сокращена на 2 часа.

Тема 5.2 сокращена на на 4 часа.

Тема 5.4 сокращена на 2 часа.

Тема 6.3 увеличена на 4 часа.

Информационные источники:

Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки./В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.:Химиздат, 2018.

МУ по выполнению ЛПП

МУ по организации СРС

ФОС (КОС)

КП(КР)

Соответствующие изменения внесены в УМК УД (ПМ) 2023 - 24 уч.г.

Преподаватель (и) _____

Министерство образования Белгородской области
Областное государственное автономное профессиональное образовательное учреждение
«Шебекинский техникум промышленности и транспорта»

УТВЕРЖДАЮ

Зам.директора (по УМР)

_____ В.Н. Долженкова

«__» _____ 2023 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для внеаудиторной самостоятельной работы
обучающихся

по профессиональному модулю

ПМ.02 ВЕДЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА С АВТОМАТИЧЕСКИМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ

**МДК. 02.01 Управление технологическими процессами
производства органических веществ**

Специальность **18.02.06 Химическая технология органических веществ**

Форма обучения очная

Преподаватель _____

А.И. Колесников

Рассмотрены на заседании
цикловой комиссии

«__» _____ 2023 г.

Протокол № _____

Председатель ЦК _____ И.В. Мандрикова

Шебекино, 2023

Методические указания предназначены для внеаудиторного самостоятельного изучения практических и ряда теоретических вопросов по профессиональному модулю ПМ. 02 ВЕДЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА С АВТОМАТИЧЕСКИМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ по специальности 18.02.06 Химическая технология органических веществ. **Форма обучения очная**

Они включают краткие пояснения по изучению классификации, назначения различных классов органических веществ и способов получения индивидуальных продуктов. В данных указаниях подобраны задания для самостоятельных занятий по отдельным темам.

Автор: **Колесников А.И.** – преподаватель областного государственного автономного профессионального образовательного учреждения «Шебекинский техникум промышленности и транспорта»

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Задания для самостоятельной работы студентов по профессиональному модулю ПМ. 02 «Ведение технологического процесса с автоматическим регулированием параметров и режимов» МДК. 02.01 «Управление технологическими процессами производства органических веществ»	5
СПИСОК ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ	36
Приложение	37

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания предназначены для оказания помощи внеаудиторного самостоятельного изучения практических и ряда теоретических вопросов по профессиональному модулю ПМ. 02 **ВЕДЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА С АВТОМАТИЧЕСКИМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ МДК. 02.01 Управление технологическими процессами производства органических веществ** по специальности 18.02.06 Химическая технология органических веществ. Форма обучения очная.

В начале каждой темы приведены задания, которые позволяют самостоятельно приобретать практические навыки по изучению классификации, назначения различных классов органических веществ и способов получения индивидуальных продуктов.

В настоящих указаниях внеаудиторная самостоятельная работа представлена в виде таблиц для систематизации учебного материала, в виде творческих и исследовательских заданий.

Данные методические указания не являются учебным пособием, поэтому перед началом выполнения самостоятельного задания следует изучить соответствующий раздел по одному из учебников, рекомендованному в изучаемом курсе.

Задания для самостоятельной работы
по профессиональному модулю ПМ. 02 ВЕДЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА С АВТОМАТИЧЕСКИМ
РЕГУЛИРОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ МДК. 02.01 Управление технологическими процессами
производства органических веществ по специальности 18.02.06 Химическая технология органических веществ

№ п/п	Тема	Кол-во часов	Самостоятельная работа студентов	Литература и дидактический материал для выполнения самостоятельной работы	Вид самостоятельной работы студента. Вид контроля	Примечание
1.	Тема 1.1 Краткие сведения о нефти и способы ее переработки		Консультации Самостоятельная работа по разделу. Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы: Задание: Подготовить доклад (реферат) по одному из нижеследующих вопросов. Работа над учебником и в конспекте описать: Основные источники энергии. Сырье для промышленности производства органических веществ. Нефть, ее химический состав. Подготовка нефти к переработке. Методы переработки нефти. Перегонка нефти. Деструктивная перегонка нефтяных дистиллятов. Термический крекинг. Каталитический крекинг. Пиролиз	Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. /В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018. Капкин В.Д. Технология органического синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савинецкая, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987.	Повторная работа над учебным материалом. Проверка рефератов. Контроль работы над учебником и конспектом с помощью фронтального опроса на следующем занятии	
	Основные источники энергии. Сырье для промышленности производства органических веществ	1	1. Основные источники энергии (конспект) 2. Сырье для промышленности производства органических веществ (конспект)	Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988. http://znanium.com –ЭБС - Электронно-библиотечная система ZNANIUM. COM - база данных «Научно-издательского центра ИНФРА-М»		Фронтальный опрос на следующем занятии
	Нефть, ее химический состав. Подготовка нефти к переработке	1	1. Нефть, ее химический состав (реферат) 2. Подготовка нефти к переработке (конспект)			Проверка рефератов. Фронтальный опрос на следующем занятии
	Методы переработки нефти. Перегонка нефти	1	1. Методы переработки нефти (конспект) 2. Перегонка нефти (конспект)			Фронтальный опрос на следующем

	Термический и каталитический крекинг. Пиролиз	1	1. Термический и Каталитический крекинг (конспект) 2. Пиролиз (конспект)			занятия Фронтальный опрос на следующем занятии
2.	Тема 1.2 Природные и попутные газы, газы нефтепереработки. Методы их разделения		Консультации Самостоятельная работа по разделу. Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы: Задание: Работа над учебником и в конспекте описать: Классификация и состав природных газов. Попутные газы. Газы нефтепереработки. Сорбционные методы разделения газовых смесей. Технологическая схема процесса выделения газового бензина абсорбцией. Адсорбционный метод. Адсорбенты. Технологическая схема установки для извлечения газового бензина абсорбцией. Абсорбционно-ректификационный метод разделения. Технологическая схема	Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологий органических веществ и нефтепереработки. /В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018. Капкин В.Д. Технология органического синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савинецкая, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988. http://znanium.com –ЭБС - Электронно-библиотечная система ZNANIUM. COM - база данных «Научно-издательского центра ИНФРА-М»	Повторная работа над учебным материалом. Контроль работы над учебником и конспектом с помощью фронтального опроса на следующем занятии	
	Классификация и состав природных газов. Попутные газы. Газы нефтепереработки	1	1. Классификация и состав природных газов 2. Попутные газы 3. Газы нефтепереработки			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Сорбционные методы разделения газовых смесей. Технологическая схема процесса выделения газового бензина абсорбцией	1	1. Сорбционные методы разделения газовых смесей 2. Технологическая схема процесса выделения газового бензина абсорбцией			Фронтальный опрос на следующем занятии

	Адсорбционный метод. Адсорбенты. Технологическая схема установки для извлечения газового бензина адсорбцией	1	1. Адсорбционный метод 2. Адсорбенты 3. Технологическая схема установки для извлечения газового бензина адсорбцией			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Адсорбционно-ректификационный метод разделения. Технологическая схема	1	1. Адсорбционно-ректификационный метод разделения 2. Технологическая схема			Фронтальный опрос на следующем занятии
3.	Тема 1.3 Твердые горючие ископаемые. Методы их переработки		Консультации Самостоятельная работа по разделу. Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы: Задание: Работа над учебником и в конспекте описать: Перспективы добычи твердых горючих ископаемых. Методы их переработки. Подсушка. Термический процесс переработки угля - полукоксование и коксование. Газификация твердого топлива, продукты газификации. Гидрогенизация твердого топлива. Продукты гидрогенизации	Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. /В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018. Капкин В.Д. Технология органического синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савинецкая, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988. http://znanium.com –ЭБС - Электронно-библиотечная система ZNANIUM. COM - база данных «Научно-издательского центра	Повторная работа над учебным материалом. Контроль работы над учебником и конспектом с помощью фронтального опроса на следующем занятии	
	Перспективы добычи твердых горючих ископаемых. Методы их переработки. Подсушка Термический процесс переработки угля - полукоксование и коксование	1	1. Перспективы добычи твердых горючих ископаемых 2. Методы их переработки 3. Подсушка 4. Термический процесс переработки угля - полукоксование и коксование			Фронтальный опрос на следующем занятии

	Газификация твердого топлива, продукты газификации. Гидрогенизация твердого топлива. Продукты гидрогенизации	1	1. Газификация твердого топлива, продукты газификации (конспект) 2. Гидрогенизация твердого топлива (конспект) 3. Продукты гидрогенизации (конспект)	ИНФРА-М»		Фронтальный опрос на следующем занятии
4.	Тема 2.1 Получение углеводородного сырья из нефтяных фракций		Консультации Самостоятельная работа по разделу. Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы: Задание: Подготовить доклад (реферат) по одному из нижеследующих вопросов. Работа над учебником и в конспекте описать: Ректификация. Получение узких фракций углеводородов. Технологическая схема для разделения фракций C ₅ -C ₆ . Выделение узких фракций углеводородов экстрактивной и азеотропной ректификацией. Выделение n-парафинов на цеолитах. Химическая природа цеолитов. Блок-схема выделения ароматических углеводородов экстракцией N-метилпирролидоном. Методы кристаллизации с использованием растворителей. Технологическая схема. Выделение ароматических углеводородов селективной экстракцией	Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. /В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018. Капкин В.Д. Технология органического синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савинецкая, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988. http://znanium.com –ЭБС - Электронно-библиотечная система ZNANIUM. COM - база данных «Научно-издательского центра ИНФРА-М»	Повторная работа над учебным материалом. Контроль работы над учебником и конспектом с помощью фронтального опроса на следующем занятии	
	Ректификация. Выделение узких фракций углеводородов. Выделение узких фракций углеводородов экстрактивной и азеотропной перегонкой	1	1. Ректификация (конспект) 2. Выделение узких фракций углеводородов (конспект) 3. Выделение узких фракций углеводородов экстрактивной и азеотропной перегонкой (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии

	Выделение n-парафинов карбамидной депарафинизацией. Строение клатратов Выделение n-парафинов на цеолитах. Химическая природа цеолитов	1	1. Выделение n-парафинов карбамидной депарафинизацией (конспект) 2. Строение клатратов (конспект) 3. Выделение n-парафинов на цеолитах (конспект) 4. Химическая природа цеолитов (реферат)			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Методы кристаллизации с использованием растворителей. Выделение ароматических углеводородов селективной экстракцией	1	1. Методы кристаллизации с использованием растворителей (конспект) 2. Выделение ароматических углеводородов селективной экстракцией (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Получение ароматических углеводородов каталитическим риформингом. Условия проведения процесса. Платформинг	1	1. Получение ароматических углеводородов каталитическим риформингом (конспект) 2. Условия проведения процесса (конспект) 3. Платформинг (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
5.	Тема 2.2 Специальные методы получения углеводородного сырья		Консультации Самостоятельная работа по разделу. Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы: Задание: Работа над учебником и в конспекте описать: Ацетилен. Его значение для органического синтеза. Способы получения. Получение ацетилена из карбида кальция. Ацетиленовые генераторы, их классификация. Теоретические основы получения	Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. /В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018. Капкин В.Д. Технология органического	Повторная работа над учебным материалом. Контроль работы над учебником и конспектом с помощью фронтального опроса на	

			ацетилена из углеводородов. Окислительный пиролиз природного газа. Технологическая схема окислительного пиролиза природного газа. Условия процесса. Получение ацетилена пиролизом углеводородного сырья. Виды пиролиза. Состав газов пиролиза и их разделение. Электрокрекинг углеводородного сырья. Виды электрокрекинга. Конструкция реактора. Способы выделения ацетилена. Технологическая схема процесса концентрирования ацетилена ДМФА. Условия ведения процесса. Охрана окружающей среды в производстве ацетилена.	синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савинецкая, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988. http://znanium.com –ЭБС - Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM - база данных «Научно-издательского центра ИНФРА-М»	следующем занятии	
Ацетилен. Его значение для органического синтеза. Способы получения	1	1. Ацетилен. Его значение для органического синтеза (конспект) 2. Способы получения (конспект)		Фронтальный опрос на следующем занятии		
Получение ацетилена из карбида кальция. Ацетиленовые генераторы, их классификация	1	1. Получение ацетилена из карбида кальция (конспект) 2. Ацетиленовые генераторы, их классификация (конспект)		Фронтальный опрос на следующем занятии		
Теоретические основы получения ацетилена из углеводородов. Окислительный пиролиз природного газа	1	1. Теоретические основы получения ацетилена из углеводородов (конспект) 2. Окислительный пиролиз природного газа (конспект)		Фронтальный опрос на следующем занятии		
Технологическая схема окислительного пиролиза природного газа. Условия процесса	1	1. Технологическая схема окислительного пиролиза природного газа (конспект) 2. Условия процесса (конспект)		Фронтальный опрос на следующем занятии		
Получение ацетилена пиролизом углеводородного сырья	1	1. Получение ацетилена пиролизом углеводородного сырья (конспект)		Фронтальный опрос на следующем занятии		
Виды пиролиза	1	1. Виды пиролиза (конспект)		Фронтальный опрос на следующем занятии		

	Состав газов пиролиза и их разделение	1	1. Состав газов пиролиза и их разделение (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Электрокрекинг углеводородного сырья. Виды электрокрекинга. Конструкция реактора	1	1. Электрокрекинг углеводородного сырья (конспект) 2. Виды электрокрекинга (конспект) 3. Конструкция реактора (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Способы выделения ацетилена. Технологическая схема процесса концентрирования ацетилена ДМФА. Условия ведения процесса	1	1. Способы выделения ацетилена (конспект) 2. Технологическая схема процесса концентрирования ацетилена ДМФА (конспект) 3. Условия ведения процесса (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Охрана окружающей среды в производстве ацетилена	1	1. Охрана окружающей среды в производстве ацетилена (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
6.	Тема 3.1 Изомеризация		Консультации Самостоятельная работа по разделу. Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы: Задание: Работа над учебником и в конспекте описать: Значение процессов изомеризации. Теоретические основы процесса. Изомеризация n-парафинов. Условия процесса. Схема изомеризации углеводородов C ₅ -C ₆ .. Изомеризация алкилароматических углеводородов. Условия процесса.	Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. /В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018. Капкин В.Д. Технология органического синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савинецкая, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного	Повторная работа над учебным материалом. Контроль работы над учебником и конспектом с помощью фронтального опроса на следующем занятии	
	Значение процессов изомеризации. Теоретические основы процесса	1	1. Значение процессов изомеризации (конспект) 2. Теоретические основы процесса (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии

	Изомеризация n-парафинов. Условия процесса. Схема изомеризации углеводородов C ₅ -C ₆	1	1. Изомеризация n-парафинов (конспект) 2. Условия процесса (конспект)	органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988. http://znanium.com –ЭБС - Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM - база данных «Научно-издательского центра ИНФРА-М»		Фронтальный опрос на следующем занятии
	Изомеризация алкилароматических углеводородов. Условия процесса	1	1. Изомеризация алкилароматических углеводородов (конспект) 2. Условия процесса (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
7.	Тема 3.2 Гидрирование и дегидрирование		Консультации Самостоятельная работа по разделу. Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы: Задание: Подготовить доклад (реферат) по одному из нижеследующих вопросов. Работа над учебником и в конспекте описать: Ректификация. Получение узких фракций углеводородов. Технологическая схема для разделения фракций C ₅ -C ₆ . Выделение узких фракций углеводородов экстрактивной и азеотропной ректификацией. Выделение n-парафинов на цеолитах. Химическая природа цеолитов. Блок-схема выделения ароматических углеводородов экстракцией N-метилпирролидоном. Методы кристаллизации с использованием растворителей. Технологическая схема. Выделение ароматических углеводородов селективной экстракцией	Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. /В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018. Капкин В.Д. Технология органического синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савинецкая, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988. http://znanium.com –ЭБС - Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM - база данных «Научно-издательского центра ИНФРА-М»	Повторная работа над учебным материалом. Проверка рефератов. Контроль работы над учебником и конспектом с помощью фронтального опроса на следующем занятии	
	Значение процессов гидрирования и дегидрирования. Классификация процессов	1	1. Значение процессов гидрирования и дегидрирования (конспект) 2. Классификация процессов (реферат)			Проверка рефератов. Фронтальный опрос на следующем занятии
	Гидрирование. Теоретические основы процесса. Гидрирование бензола в циклогексан	1	1. Гидрирование (конспект) 2. Теоретические основы процесса (конспект) 3. Гидрирование бензола в циклогексан (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии

	Принцип Ле Шателье. Принцип термического дегидрирования. Механизм процесса. Устройство печи градиентного типа	1	1. Принцип Ле Шателье (конспект) 2. Принцип термического дегидрирования (конспект) 3. Механизм процесса (конспект) 4. Устройство печи градиентного типа (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Каталитическое дегидрирование н-парафинов. Получение бутадиена-1,3 и изопрена. Дегидрирование н-бутенов. Катализаторы процесса	1	1. Каталитическое дегидрирование н-парафинов (конспект) 2. Получение бутадиена-1,3 и изопрена (конспект) 3. Дегидрирование н-бутенов (конспект) 4. Катализаторы процесса (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Одностадийное дегидрирование. Условия проведения и технологическая схема	1	1. Одностадийное дегидрирование н-бутана (конспект) 2. Условия проведения и технологическая схема (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
8.	Тема 3.3 Алкилирование		Консультации Самостоятельная работа по разделу. Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы: Задание: Работа над учебником и в конспекте описать: Общая характеристика реакций алкилирования. Алкилирующие агенты. Способы алкилирования. Каталитическое алкилирование. Условия проведения процесса каталитического алкилирования. Технологическая схема алкилирования изобутана бутенами. Алкилирование ароматических углеводородов. Факторы, влияющие на выход и состав продуктов. Технологическая схема получения этилбензола. Условия проведения процесса	Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. /В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018. Капкин В.Д. Технология органического синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савинецкая, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988. http://znanium.com –ЭБС - Электронно-библиотечная	Повторная работа над учебным материалом. Проверка рефератов. Контроль работы над учебником и конспектом с помощью фронтального опроса на следующем занятии	
	Общая характеристика реакций алкилирования. Алкилирующие агенты. Способы алкилирования. Механизм процесса	1	1. Общая характеристика реакций алкилирования (конспект) 2. Алкилирующие агенты (конспект) 3. Способы алкилирования (конспект) 4. Механизм процесса термического алкилирования (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии

	термического алкилирования			система ZNANIUM. COM - база данных «Научно-издательского центра ИНФРА-М»		
	Каталитическое алкилирование. Условия проведения процесса каталитического алкилирования	1	1. Каталитическое алкилирование (конспект) 2. Условия проведения процесса каталитического алкилирования (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Технологическая схема алкилирования изобутана бутенами	1	1. Технологическая схема алкилирования изобутана бутенами (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Алкилирование ароматических углеводородов. Факторы, влияющие на выход и состав продуктов	1	1. Алкилирование ароматических углеводородов (конспект) 2. Факторы, влияющие на выход и состав продуктов (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Технологическая схема получения этилбензола. Условия проведения процесса	1	1. Технологическая схема получения этилбензола (конспект) 2. Условия проведения процесса (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
9.	Тема 3.4 Окисление		Консультации Самостоятельная работа по разделу. Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы: Задание: Работа над учебником и в конспекте описать: Общая характеристика реакций алкилирования. Алкилирующие агенты. Способы алкилирования. Каталитическое алкилирование. Условия проведения процесса каталитического алкилирования. Технологическая схема алкилирования изобутана бутенами. Алкилирование ароматических углеводородов. Факторы, влияющие на выход и состав продуктов. Технологическая схема получения этилбензола. Условия проведения процесса	Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. /В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018. Капкин В.Д. Технология органического синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савиная, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988.	Повторная работа над учебным материалом. Контроль работы над учебником и конспектом с помощью фронтального опроса на следующем занятии	
	Значение процессов окисления. Теоретические основы процесса	1	1. Значение процессов окисления (конспект) 2. Теоретические основы процесса (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии

Этиленоксид: свойства и способы получения. Технологическая схема получения этиленоксида окислением этилена	1	1. Этиленоксид: свойства и способы получения (конспект) 2. Технологическая схема получения этиленоксида окислением этилена (конспект)	http://znanium.com –ЭБС - Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM - база данных «Научно-издательского центра ИНФРА-М»	Фронтальный опрос на следующем занятии
Пропиленоксид: свойства и способы получения. Условия проведения процесса. Конструкция реактора	1	1. Пропиленоксид: свойства и способы получения (конспект) 2. Условия проведения процесса (конспект) 3. Конструкция реактора (конспект)		Фронтальный опрос на следующем занятии
Окисление олефинов по насыщенному атому углерода. Синтез акролеина и метакролеина	1	1. Окисление олефинов по насыщенному атому углерода (конспект) 2. Синтез акролеина и метакролеина (конспект)		Фронтальный опрос на следующем занятии
Окисление олефинов по ненасыщенному атому углерода. Ацетальдегид: свойства и способы получения	1	1. Окисление олефинов по ненасыщенному атому углерода (конспект) 2. Ацетальдегид: свойства и способы получения (конспект)		Фронтальный опрос на следующем занятии
Винилацетат: свойства и способы получения. Получение ацетона. Характеристика продукта. Свойства, применение	1	1. Винилацетат: свойства и способы получения (конспект) 2. Получение ацетона (конспект) 3. Характеристика продукта. Свойства, применение (конспект)		Фронтальный опрос на следующем занятии
Технологическая схема двухстадийного процесса получения метилэтилкетона	1	1. Технологическая схема двухстадийного процесса получения метилэтилкетона (конспект)		Фронтальный опрос на следующем занятии
Окисление низших парафинов. Получение формальдегида. Катализаторы. Условия процесса	1	1. Окисление низших парафинов (конспект) 2. Получение формальдегида (конспект) 3. Катализаторы (конспект) 4. Условия процесса (конспект)		Фронтальный опрос на следующем занятии
Окисление высших парафинов. Одноатомные алифатические спирты. Получение высших спиртов	1	1. Окисление высших парафинов (конспект) 2. Одноатомные алифатические спирты (конспект) 3. Получение высших спиртов по методу Башкирова (конспект)		Фронтальный опрос на следующем занятии

по методу Башкирова					
Получение моно- и дикарбоновых кислот. Условия процесса получения высших жирных кислот окислением n-парафинов	1	1.	Получение моно- и дикарбоновых кислот (конспект) 2. Условия процесса получения высших жирных кислот окислением n-парафинов (конспект)		Фронтальный опрос на следующем занятии
Окисление циклопарафинов. Получение циклогексанона и циклогексанола. Получение адипиновой кислоты. Условия процесса	1	1.	Окисление циклопарафинов (конспект) 2. Получение циклогексанона и циклогексанола (конспект) 3. Получение адипиновой кислоты (конспект) 4. Условия процесса (конспект)		Фронтальный опрос на следующем занятии
Окисление ароматических и алкил ароматических углеводов. Значение процессов	1	1.	Окисление ароматических и алкил ароматических углеводов (конспект) 2. Значение процессов (конспект)		Фронтальный опрос на следующем занятии
Получение бензойной и фталевой кислот. Условия получения. Получение малеинового и фталевого ангидридов	1	1.	Получение бензойной и фталевой кислот (конспект) 2. Условия получения (конспект) 3. Получение малеинового и фталевого ангидридов (конспект)		Фронтальный опрос на следующем занятии
Фенолы. Способы получения и их технико-экономическая характеристика. Получение фенола и ацетона. Условия проведения процесса	1	1.	Фенолы (конспект) 2. Способы получения и их технико-экономическая характеристика (конспект) 3. Получение фенола и ацетона (конспект) 4. Условия проведения процесса (конспект)		Фронтальный опрос на следующем занятии
Технологическая схема получения фенола и ацетона кумольным методом. Получение многоатомных фенолов	1	1.	Технологическая схема получения фенола и ацетона кумольным методом (конспект) 2. Получение многоатомных фенолов (конспект)		Фронтальный опрос на следующем занятии
Окисление по функциональным группам. Сопряженное окисление и окислительный аммонолиз.	1	1.	Окисление по функциональным группам (конспект) 2. Сопряженное окисление и окислительный аммонолиз (конспект)		Фронтальный опрос на следующем занятии

	Значение процессов		3. Значение процессов (конспект)			
	Акрилонитрил: свойства, применение и способы получения. Техничко-экономическое сравнение способов производства	1	1. Акрилонитрил: свойства, применение и способы получения (конспект) 2. Техничко-экономическое сравнение способов производства (конспект) (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
10.	Тема 3.5 Гидролиз, гидратация, этерификация, амидирование		Консультации Самостоятельная работа по разделу. Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы: Задание: Работа над учебником и в конспекте описать: Значение процессов гидролиза, гидратации, этерификации, амидирования. Гидролиз. Утилизация отходов производства. Гидратация. Теоретические основы. Получение этилового спирта. Прямая и сернокислотная гидратация этилена. Получение изопропилового спирта. Реактор-абсорбер сернокислотной гидратации пропилена. Условия проведения процесса. Каталитическая гидратация α -оксидов. Получение этилен- и пропиленгликолей. Условия ведения проце. Амидирование. Теоретические основы амидирования. Важнейшие продукты амидирования	Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. /В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018. Капкин В.Д. Технология органического синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савинецкая, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988. http://znanium.com –ЭБС - Электронно-библиотечная система ZNANIUM. COM - база данных «Научно-издательского центра ИНФРА-М»	Повторная работа над учебным материалом. Контроль работы над учебником и конспектом с помощью фронтального опроса на следующем занятии	
	Значение процессов гидролиза, гидратации, этерификации, амидирования. Гидролиз. Утилизация отходов производства	1	1. Значение процессов гидролиза, гидратации, этерификации, амидирования 2. Гидролиз 3. Утилизация отходов производства			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Гидратация. Теоретические основы. Получение этилового спирта. Прямая и сернокислотная гидратация этилена	1	1. Гидратация 2. Теоретические основы 3. Получение этилового спирта 4. Прямая и сернокислотная гидратация этилена			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Получение изопропилового	1	1. Получение изопропилового спирта			Фронтальный

	спирта					опрос на следующем занятии
	Реактор-абсорбер серноокислотной гидратации пропилена. Условия проведения процесса	1	1. Реактор-абсорбер серноокислотной гидратации пропилена 2. Условия проведения процесса			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Каталитическая гидратация α -оксидов. Получение этилен- и пропиленгликолей. Условия ведения процесса	1	1. Каталитическая гидратация α -оксидов 2. Получение этилен- и пропиленгликолей 3. Условия ведения процесса			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Этерификация. Теоретические основы процесса. Этилацетат: свойства, применение, способы получения	1	1. Этерификация (конспект) 2. Теоретические основы процесса (конспект) 3. Этилацетат: свойства, применение, способы получения (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Амидирование. Теоретические основы амидирования. Важнейшие продукты амидирования	1	1. Амидирование 2. Теоретические основы амидирования 3. Важнейшие продукты амидирования			Фронтальный опрос на следующем занятии
11.	Тема 3.6 Галогенирование		Консультации Самостоятельная работа по разделу. Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы: Задание: Работа над учебником и в конспекте описать: Характеристика процессов галогенирования. Важнейшие продукты галогенирования и их применение. Галогенирующие агенты. Заместительное и присоединительное хлорирование, гидрогалогенирование, хлоргидринирование, расщепление хлорпроизводных, хлоролиз (хлоринолиз). Теоретические основы процесса хлорирования. Хлорирующие агенты. Способы проведения процесса хлорирования. Радикально-цепное хлорирование: нормальное и аномальное	Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. /В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018. Капкин В.Д. Технология органического синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савинецкая, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и	Повторная работа над учебным материалом. Контроль работы над учебником и конспектом с помощью фронтального опроса на следующем занятии	

		<p>хлорирование. Термическое, фотохимическое, радикальное хлорирование. Ионно-каталитическое хлорирование. Способы проведения. Катализаторы. Хлорирование парафинов. Получение хлорметанов. Исчерпывающее и деструктивное хлорирование. Технологическая схема получения хлорметанов. Условия. Конструкция реактора. Катализатор. Совместное получение тетрахлорметана и тетрахлорэтилена. Условия процесса. Конструкция и расчет реакторов. Технологическая схема совместного получения тетрахлорметана и тетрахлорэтилена. Хлорирование ненасыщенных углеводородов. Условия процессов. Применяемые катализаторы. Особенности процесса хлорирования пропилена. Условия процесса. Катализатор. Конструкция реактора. Гидрохлорирование ненасыщенных углеводородов. Катализаторы. Механизм действия катализатора. Окислительное хлорирование углеводородов. Теоретические основы. окислительного хлорирования. Условия процесса оксихлорирования. Катализатор. Технологическая схема процесса получения 1,2-дихлорэтана оксихлорированием этилена. Винилхлорид: свойства, способы получения. Комбинированный метод получения винилхлорида. Технологическая схема процесса получения винилхлорида комбинированным методом. Условия. Катализатор. Хлорирование ароматических углеводородов. Применение хлорпроизводных ароматических углеводородов. Технологическая схема получения хлорбензола. Условия процесса. Катализатор. Устройство реактора. Фторирование. Фторирующие агенты. Теоретические основы процесса. Получение перфторуглеродов. Каталитическое, металлофторидное и электрохимическое фторирование. Фреоны: свойства, способы получения, катализаторы. Получения фреона-12. Условия процесса. Катализатор. Конструкция реактора</p>	<p>нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988. http://znanium.com –ЭБС - Электронно-библиотечная система ZNANIUM. COM - база данных «Научно-издательского центра ИНФРА-М»</p>		
	Характеристика процессов	1. Характеристика процессов галогенирования			Фронтальный

галогенирования. Важнейшие продукты галогенирования и их применение. Галогенирующие агенты	1	(конспект) 2. Важнейшие продукты галогенирования и их применение (конспект) 3. Галогенирующие агенты (конспект)			опрос на следующем занятии
Заместительное и присоединительное хлорирование, гидрогалогенирование, хлоргидринирование, расщепление хлорпроизводных, хлоролиз (хлоринолиз)	1	1. Заместительное и присоединительное хлорирование, гидрогалогенирование, хлоргидринирование, расщепление хлорпроизводных, хлоролиз (хлоринолиз) (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
Теоретические основы процесса хлорирования. Хлорирующие агенты. Способы проведения процесса хлорирования	1	1. Теоретические основы процесса хлорирования (конспект) 2. Хлорирующие агенты (конспект) 3. Способы проведения процесса хлорирования (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
Радикально-цепное хлорирование: нормальное и аномальное хлорирование	1	1. Радикально-цепное хлорирование: нормальное и аномальное хлорирование (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
Термическое, фотохимическое, радикальное хлорирование	1	1. Термическое, фотохимическое, радикальное хлорирование (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
Ионно-каталитическое хлорирование. Способы проведения. Катализаторы	1	1. Ионно-каталитическое хлорирование (конспект) 2. Способы проведения (конспект) 3. Катализаторы (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
Хлорирование парафинов. Получение хлорметанов. Исчерпывающее и деструктивное хлорирование	1	1. Хлорирование парафинов (конспект) 2. Получение хлорметанов (конспект) 3. Исчерпывающее и деструктивное хлорирование (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
Технологическая схема получения хлорметанов. Условия. Конструкция	1	1. Технологическая схема получения хлорметанов (конспект) 2. Условия (конспект)			Фронтальный опрос на следующем

реактора. Катализатор		3. Конструкция реактора (конспект) 4. Катализатор (конспект)			занятия
Совместное получение тетрахлорметана и тетрахлорэтилена. Условия процесса. Конструкция и расчет реакторов	1	1. Совместное получение тетрахлорметана и тетрахлорэтилена (конспект) 2. Условия процесса (конспект) 3. Конструкция и расчет реакторов (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
Технологическая схема совместного получения тетрахлорметана и тетрахлорэтилена	1	1. Технологическая схема совместного получения тетрахлорметана и тетрахлорэтилена (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
Хлорирование ненасыщенных углеводородов. Условия процессов. Применяемые катализаторы	1	1. Хлорирование ненасыщенных углеводородов (конспект) 2. Условия процессов (конспект) 3. Применяемые катализаторы (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
Особенности процесса хлорирования пропилена. Условия процесса. Катализатор. Конструкция реактора	1	1. Особенности процесса хлорирования пропилена (конспект) 2. Условия процесса (конспект) 3. Катализатор (конспект) 4. Конструкция реактора (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
Гидрохлорирование ненасыщенных углеводородов. Катализаторы. Механизм действия катализатора	1	1. Гидрохлорирование ненасыщенных углеводородов (конспект) 2. Катализаторы (конспект) 3. Механизм действия катализатора (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
Окислительное хлорирование углеводородов. Теоретические основы. окислительного хлорирования	1	1. Окислительное хлорирование углеводородов (конспект) 2. Теоретические основы. окислительного хлорирования (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
Условия процесса оксихлорирования. Катализатор. Технологическая схема процесса получения 1,2-дихлорэтана	1	1. Условия процесса оксихлорирования (конспект) 2. Катализатор (конспект) 3. Технологическая схема процесса получения 1,2-дихлорэтана оксихлорированием этилена (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии

оксихлорированием этилена					
Винилхлорид: свойства, способы получения. Комбинированный метод получения винилхлорида	1	1. Винилхлорид: свойства, способы получения (конспект) 2. Комбинированный метод получения винилхлорида (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
Технологическая схема процесса получения винилхлорида комбинированным методом. Условия. Катализатор	1	1. Технологическая схема процесса получения винилхлорида комбинированным методом (конспект) 2. Условия (конспект) 3. Катализатор (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
Хлорирование ароматических углеводородов. Применение хлорпроизводных ароматических углеводородов	1	1. Хлорирование ароматических углеводородов (конспект) 2. Применение хлорпроизводных ароматических углеводородов (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
Технологическая схема получения хлорбензола. Условия процесса. Катализатор. Устройство реактора	1	1. Технологическая схема получения хлорбензола (конспект) 2. Условия процесса (конспект) 3. Катализатор (конспект) 4. Устройство реактора (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
Фторирование. Фторирующие агенты. Теоретические основы процесса	1	1. Фторирование (конспект) 2. Фторирующие агенты (конспект) 3. Теоретические основы процесса (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
Получение перфторуглеродов. Каталитическое, металлофторидное и электрохимическое фторирование	1	1. Получение перфторуглеродов (конспект) 2. Каталитическое, металлофторидное и электрохимическое фторирование (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
Фреоны: свойства, способы получения, катализаторы. Получения фреона-12. Условия процесса. Катализатор. Конструкция реактора	1	1. Фреоны: свойства, способы получения, катализаторы (конспект) 2. Получения фреона-12 (конспект) 3. Условия процесса (конспект) 4. Катализатор (конспект) 5. Конструкция реактора (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии

12.	Тема 3.7 Нитрование		Консультации Самостоятельная работа по разделу. Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы: Задание: Работа над учебником и в конспекте описать: Агенты нитрования. Условия нитрования. Производство нитропарафинов. Газофазное нитрование парафинов. Жидкофазное нитрование парафинов. Условия ведения процессов. Нитрование ароматических углеводородов. Фактор нитрующей активности. Условия процессов	Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. /В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018. Капкин В.Д. Технология органического синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савинецкая, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988. http://znanium.com –ЭБС - Электронно-библиотечная система ZNANIUM. COM - база данных «Научно-издательского центра ИНФРА-М»	Повторная работа над учебным материалом. Контроль работы над учебником и конспектом с помощью фронтального опроса на следующем занятии	
	Агенты нитрования. Условия нитрования. Производство нитропарафинов	1	1. Агенты нитрования (конспект) 2. Условия нитрования (конспект) 3. Производство нитропарафинов (конспект)	Фронтальный опрос на следующем занятии		
	Газофазное нитрование парафинов. Жидкофазное нитрование парафинов. Условия ведения процессов	1	1. Газофазное нитрование парафинов (конспект) 2. Жидкофазное нитрование парафинов (конспект) 3. Условия ведения процессов (конспект)	Фронтальный опрос на следующем занятии		
	Нитрование ароматических углеводородов. Фактор нитрующей активности. Условия процессов	1	1. Нитрование ароматических углеводородов (конспект) 2. Фактор нитрующей активности (конспект) 3. Условия процессов (конспект)	Фронтальный опрос на следующем занятии		

13.	Тема 3.8 Получение аминопроизводных углеводородов и спиртов		Консультации Самостоятельная работа по разделу. Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы: Задание: Работа над учебником и в конспекте описать: Получение аминов гидрированием азотсодержащих соединений. Химизм реакции. Важнейшие продукты амидирования. Гидрирование нитрилов. Катализаторы. Практическое значение продуктов гидрирования нитрилов. Гидрирование нитросоединений и амидов кислот. Катализаторы. Условия процесса	Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. /В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018. Капкин В.Д. Технология органического синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савинецкая, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988. http://znanium.com –ЭБС - Электронно-библиотечная система ZNANIUM. COM - база данных «Научно-издательского центра ИНФРА-М»	Повторная работа над учебным материалом. Контроль работы над учебником и конспектом с помощью фронтального опроса на следующем занятии	
	Получение аминов гидрированием азотсодержащих соединений. Химизм реакции. Важнейшие продукты амидирования	1	1. Получение аминов гидрированием азотсодержащих соединений (конспект) 2. Химизм реакции (конспект) 3. Важнейшие продукты амидирования (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Гидрирование нитрилов. Катализаторы. Практическое значение продуктов гидрирования нитрилов	1	1. Гидрирование нитрилов (конспект) 2. Катализаторы (конспект) 3. Практическое значение продуктов гидрирования нитрилов (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Гидрирование нитросоединений и амидов кислот. Катализаторы. Условия процесса	1	1. Гидрирование нитросоединений и амидов кислот (конспект) 2. Катализаторы (конспект) 3. Условия процесса (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
14.	Тема 3.9 Сульфирование		Самостоятельная работа по разделу. Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы:	Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ	Повторная работа над учебным материалом.	

			Задание: Работа над учебником и в конспекте описать: Получение аминов гидрированием азотсодержащих соединений. Химизм реакции. Важнейшие продукты амидирования. Гидрирование нитрилов. Катализаторы. Практическое значение продуктов гидрирования нитрилов. Гидрирование нитросоединений и амидов кислот. Катализаторы. Условия процесса	и нефтепереработки. /В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018. Капкин В.Д. Технология органического синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савинецкая, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988. http://znanium.com –ЭБС - Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM - база данных «Научно-издательского центра ИНФРА-М»	Контроль работы над учебником и конспектом с помощью фронтального опроса на следующем занятии	
	Методы проведения сульфирования. Сульфорирующие агенты. Способы обеспечения оптимальных рабочих параметров	1	1. Методы проведения сульфирования (конспект) 2. Сульфорирующие агенты (конспект) 3. Способы обеспечения оптимальных рабочих параметров (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Сульфирование парафинов и олефинов. Условия проведения процесса и применение продуктов сульфирования	1	1. Сульфирование парафинов и олефинов (конспект) 2. Условия проведения процесса и применение продуктов сульфирования (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Сульфирование ароматических углеводородов. Условия процесса. Применение продуктов сульфирования	1	1. Сульфирование ароматических углеводородов (конспект) 2. Условия процесса(конспект) 3. Применение продуктов сульфирования (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
15.	Тема 3.10 Сульфохлорирование и сульфоокисление		Самостоятельная работа по разделу. Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы: Задание: Работа над учебником и в конспекте описать: Механизмы сульфохлорирования и сульфоокисления. Катализаторы и инициаторы процессов. Получение алкил сульфохлоридов и алкилсульфокислот. Технологическое оформление реакционного узла	Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. /В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018. Капкин В.Д. Технология органического синтеза./В.Д. Капкин,	Повторная работа над учебным материалом. Контроль работы над учебником и конспектом с помощью фронтального опроса на следующем	
	Механизмы		1. Механизмы сульфохлорирования и			Фронтальный

	сульfoxлорирования и сульfoxоокисления. Катализаторы и инициаторы процессов	1	сульfoxоокисления (конспект) 2. Катализаторы и инициаторы процессов (конспект)	Г.А. Савинецкая, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988. http://znanium.com –ЭБС - Электронно-библиотечная система ZNANIUM. COM - база данных «Научно-издательского центра ИНФРА-М»	занятия	опрос на следующем занятии
	Получение алкил сульfoxлоридов и алкилсульfoxокислот. Технологическое оформление реакционного узла	1	1. Получение алкил сульfoxлоридов и алкилсульfoxокислот (конспект) 2. Технологическое оформление реакционного узла(конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
16.	Тема 4.1 Синтез углеводов		Консультации Самостоятельная работа по разделу. Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы: Задание: Подготовить доклад (реферат) по одному из нижеследующих вопросов. Работа над учебником и в конспекте описать: Синтез-газ, его состав. Продукты, полученные из синтез-газа, их применение. Механизм действия катализаторов. Характеристики продуктов, получаемых при синтезе углеводов	Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. /В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018. Капкин В.Д. Технология органического синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савинецкая, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988. http://znanium.com –ЭБС -Электронно-библиотечная система ZNANIUM. COM - база данных «Научно-издательского центра ИНФРА-М»	Повторная работа над учебным материалом. Проверка рефератов. Контроль работы над учебником и конспектом с помощью фронтального опроса на следующем занятии	
		Синтез-газ, его состав. Продукты, полученные из синтез-газа, их применение	1			1. Синтез-газ, его состав (конспект) 2. Продукты, полученные из синтез-газа, их применение (реферат)

17.	Тема 4.2 Синтез кислородсодержащих соединений		Самостоятельная работа по разделу. Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы: Задание: Работа над учебником и в конспекте описать: Синтез метанола. Аппаратурное оформление реакционного узла. Условия ведения процесса. Получение спиртов оксосинтезом. Химизм, стадии и условия процесса. Реакции гидрокарбонилирования и карбонилирования, их значение. Условия ведения процессов. Получение уксусной кислоты карбонилированием метанола. Условия. процесса. Катализаторы. Синтез высших алифатических спиртов. Условия ведения процесса. Катализаторы. Применение высших спиртов	Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. /В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018. Капкин В.Д. Технология органического синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савинецкая, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988. http://znanium.com –ЭБС - Электронно-библиотечная система ZNANIUM. COM - база данных «Научно-издательского центра ИНФРА-М»	Повторная работа над учебным материалом. Контроль работы над учебником и конспектом с помощью фронтального опроса на следующем занятии	
	Синтез метанола. Аппаратурное оформление реакционного узла. Условия ведения процесса	1	1. Синтез метанола 2. Аппаратурное оформление реакционного узла (конспект) 3. Условия ведения процесса (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Получение спиртов оксосинтезом. Химизм, стадии и условия процесса	1	1. Получение спиртов оксосинтезом (конспект) 2. Химизм, стадии и условия процесса (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Получение уксусной кислоты карбонилированием метанола. Условия. процесса. Катализаторы	1	1. Получение уксусной кислоты карбонилированием метанола (конспект) 2. Условия процесса (конспект) 3. Катализаторы (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
18.	Тема 5.1 Классификация ПАВ. Физико-химические основы моющего действия ПАВ		Консультации Самостоятельная работа по разделу. Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы: Задание: Подготовить доклад (реферат) по одному из нижеследующих вопросов. Работа над учебником и в конспекте описать: Классификация ПАВ. Физико-химические основы моющего действия ПАВ	Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. /В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018. Капкин В.Д. Технология органического	Повторная работа над учебным материалом. Контроль работы над учебником и конспектом с помощью фронтального опроса на следующем занятии	
	Классификация ПАВ. Физико-		1. Классификация ПАВ. Физико-химические			Проверка

	химические основы моющего действия ПАВ	1	основы моющего действия ПАВ (реферат)	синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савинецкая, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988. http://znanium.com –ЭБС - Электронно-библиотечная система ZNANIUM. COM - база данных «Научно-издательского центра ИНФРА-М»		рефератов. Фронтальный опрос на следующем занятии
19.	Тема 5.2 Получение анионных ПАВ		Самостоятельная работа по разделу. Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы: Задание: Работа над учебником и в конспекте описать: Получение анионных ПАВ. Получение первичных алкилсульфатов из жирных спиртов. Условия ведения процесса. Условия ведения процессов. Получение вторичных алкилсульфатов. Схема роторного реактора-сульфуратора. Условия проведения процесса. Получение алкилсульфонатов.. Получения сульфонола. Условия ведения процессов. Получение алкиларилсульфонатов. Технологическая схема получения сульфонола. Условия ведения процесса. Катализатор	Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. /В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018. Капкин В.Д. Технология органического синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савинецкая, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988. http://znanium.com –ЭБС - Электронно-библиотечная система ZNANIUM. COM - база данных «Научно-издательского центра ИНФРА-М»	Повторная работа над учебным материалом. Контроль работы над учебником и конспектом с помощью фронтального опроса на следующем занятии	
	Получение анионных ПАВ. Получение первичных алкилсульфатов из жирных спиртов. Условия ведения процесса	1	1. Получение анионных ПАВ (конспект) 2. Получение первичных алкилсульфатов из жирных спиртов (конспект) 3. Условия ведения процесса (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Получение алкилсульфонатов	1	1. Получение алкилсульфонатов (конспект)			Фронтальный опрос на следующем

	Получение алкиларилсульфонатов	1	1. Получение алкиларилсульфонатов (конспект)			занятия Фронтальный опрос на следующем занятии
20.	Тема 5.3 Получение катионных ПАВ		Самостоятельная работа по разделу. Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы: Задание: Работа над учебником и в конспекте описать: Классификация катионных ПАВ. Их достоинства и недостатки. Применение. Получение неионогенных ПАВ. Их достоинства. Катализаторы процессов			
	Классификация катионных ПАВ. Их достоинства и недостатки. Применение катионных ПАВ	1	1. Классификация катионных ПАВ (конспект) 2. Их достоинства и недостатки (конспект) 3. Применение катионных ПАВ (конспект)	Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. /В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018. Капкин В.Д. Технология органического синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савиная, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988. http://znanium.com –ЭБС - Электронно-библиотечная система ZNANIUM. COM - база данных «Научно-издательского центра ИНФРА-М»	Повторная работа над учебным материалом. Контроль работы над учебником и конспектом с помощью фронтального опроса на следующем занятии	Фронтальный опрос на следующем занятии Фронтальный опрос на следующем занятии
	Получение неионогенных ПАВ. Их достоинства. Катализаторы процессов	1	1. Получение неионогенных ПАВ. (конспект) 2. Их достоинства (конспект) 3. Катализаторы процессов (конспект)			
21.	Тема 5.4		Самостоятельная работа по разделу.	Потехин В.М. Основы	Повторная работа	

	Получение амфолитных ПАВ		Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы: Задание: Работа над учебником и в конспекте описать: Свойства амфолитных ПАВ. Получение. Применение амфолитных ПАВ. Токсикологические и дерматологические свойства ПАВ и СМС	теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. /В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018. Капкин В.Д. Технология органического синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савинецкая, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988. http://znanium.com –ЭБС - Электронно-библиотечная система ZNANIUM. COM - база данных «Научно-издательского центра ИНФРА-М»	над учебным материалом. Контроль работы над учебником и конспектом с помощью фронтального опроса на следующем занятии	
	Свойства амфолитных ПАВ. Получение. Применение амфолитных ПАВ	1	1. Свойства амфолитных ПАВ (конспект) 2. Получение (конспект) 3. Применение амфолитных ПАВ (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
22.	Тема 6.1 Классификация и физико-химические свойства полимеров		Консультации Самостоятельная работа по разделу. Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы: Задание: Подготовить доклад (реферат) по одному из нижеследующих вопросов. Работа над учебником и в конспекте описать: Классификация и физико-химические свойства полимеров. Значение полимерных материалов. Методы синтеза полимеров. Виды полимеров. Промышленные способы проведения полимеризации и их технико-экономическая характеристика. Промышленные способы проведения поликонденсации и их технико-экономическая характеристика	Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. /В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018. Капкин В.Д. Технология органического синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савинецкая, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987. Лебедев Н.Н. Химия и	Повторная работа над учебным материалом. Контроль работы над учебником и конспектом с помощью фронтального опроса на следующем занятии	

	Классификация и физико-химические свойства полимеров. Значение полимерных материалов	1	1. Классификация и физико-химические свойства полимеров (конспект) 2. Значение полимерных материалов (реферат)	технология основного органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988. http://znanium.com –ЭБС - Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM - база данных «Научно-издательского центра ИНФРА-М»		Проверка рефератов. Фронтальный опрос на следующем занятии
	Методы синтеза полимеров. Виды полимеров	1	1. Методы синтеза полимеров (конспект) 2. Виды полимеров (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Промышленные способы проведения полимеризации и их технико-экономическая характеристика	1	1. Промышленные способы проведения полимеризации и их технико-экономическая характеристика (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Промышленные способы проведения поликонденсации и их технико-экономическая характеристика	1	1. Промышленные способы проведения поликонденсации и их технико-экономическая характеристика (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
23.	Тема 6.2 Методы синтеза полимеров		Самостоятельная работа по разделу. Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы: Задание: Работа над учебником и в конспекте описать: Методы синтеза полимеров. Применение различных типов полимерных материалов. Получение полиэтилена при высоком давлении. Схема производства. Типы реакторов. Условия ведения процесса. Катализаторы. Условия проведения процесса. Полиэтилен низкого давления: свойства, применение. Катализаторы. Условия проведения процесса. Полистирол: свойства, применение, способы получения. Условия проведения процесса получения блочного полистирола. Полипропилен: свойства, применение. Условия ведения процесса в присутствии металлоорганических катализаторов. Поливинилхлорид: свойства, применение. Способы получения ПВХ. Фенолальдегидные полимеры:	Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. /В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018. Капкин В.Д. Технология органического синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савинецкая, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988.	Повторная работа над учебным материалом. Контроль работы над учебником и конспектом с помощью фронтального опроса на следующем занятии	

			свойства, применение. Условия проведения процесса. Классификация каучуков. Каучуки общего назначения. Стереорегулярные синтетические каучуки. Способы их получения. Каучуки специального назначения. Полиизобутиленовый и полихлоропреновый каучуки. Синтетические волокна: классификация. Полиамидные волокна. Способы получения	http://znanium.com –ЭБС - Электронно-библиотечная система ZNANIUM. COM - база данных «Научно- издательского центра ИНФРА-М»	
Методы синтеза полимеров. Применение различных типов полимерных материалов	1		1. Методы синтеза полимеров 2. Применение различных типов полимерных материалов		Фронтальный опрос на следующем занятии
Получение полиэтилена при высоком давлении. Схема производства. Типы реакторов. Условия ведения процесса	1		1. Получение полиэтилена при высоком давлении 2. Схема производства 3. Типы реакторов 4. Условия ведения процесса		Фронтальный опрос на следующем занятии
Полиэтилен низкого давления: свойства, применение. Катализаторы. Условия проведения процесса	1		1. Полиэтилен низкого давления: свойства, применение 2. Катализаторы 3. Условия проведения процесса		Фронтальный опрос на следующем занятии
Полистирол: свойства, применение, способы получения	1		1. Полистирол: свойства, применение, способы получения 2. Условия проведения процесса получения блочного полистирола		Фронтальный опрос на следующем занятии
Полипропилен: свойства, применение. Условия ведения процесса в присутствии металлоорганических катализаторов	1		1. Полипропилен: свойства, применение 2. Условия ведения процесса в присутствии металлоорганических катализаторов		Фронтальный опрос на следующем занятии
Поливинилхлорид: свойства, применение. Способы получения ПВХ	1		1. Поливинилхлорид: свойства, применение 2. Способы получения ПВХ		Фронтальный опрос на следующем занятии
Фенолальдегидные полимеры: свойства, применение. Условия проведения процесса	1		1. Фенолальдегидные полимеры: свойства, применение 2. Условия проведения процесса		Фронтальный опрос на следующем занятии

	Классификация каучуков. Каучуки общего назначения	1	1. Классификация каучуков 2. Каучуки общего назначения			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Каучуки специального назначения. Полиизобутиленовый и полихлоропреновый каучуки	1	1. Каучуки специального назначения 2. Полиизобутиленовый и полихлоропреновый каучуки			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Синтетические волокна: классификация. Полиамидные волокна. Способы получения	1	1. Синтетические волокна: классификация 2. Полиамидные волокна 3. Способы получения			Фронтальный опрос на следующем занятии
24.	Тема 6.3 Технология рециклирования вторичного сырья (рециклинг-технология)		Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы: Задание: Работа над учебником и в конспекте описать: Рециклинг. Особенности свойств вторичного сырья	Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. /В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018. Капкин В.Д. Технология органического синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савинецкая, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988. http://znanium.com –ЭБС - Электронно-библиотечная система ZNANIUM. COM - база данных «Научно-издательского центра ИНФРА-М»	Повторная работа над учебным материалом. Контроль работы над учебником и конспектом с помощью фронтального опроса на следующем занятии	
	Особенности свойств вторичного сырья	1	1. Рециклинг 2. Особенности свойств вторичного сырья			Фронтальный опрос на следующем занятии
25.	Тема 6.4 Основные причины загрязнения газовой и водной среды	1	Вид: подготовка по теоретическому материалу Тематика внеаудиторной самостоятельной работы: Задание: Работа над учебником и в конспекте описать: Средства защиты от загрязнений. Методы обезвреживания сточных вод и газовых выбросов: механические, термические, физико-химические, химические, биологические			
	Средства защиты воздушной, водной сред и почвы от загрязнений.	1	1. Средства защиты воздушной и водной сред и почвы от загрязнений (конспект)			Фронтальный опрос на следующем занятии
	Методы обезвреживания газовых выбросов: механические, огневые	1	1. Методы обезвреживания и газовых выбросов: механические, огневые			Фронтальный опрос на следующем занятии

	Методы обезвреживания сточных вод: механические, термические. физико-химические, химические, биологические	1	1. Методы обезвреживания сточных вод: механические, термические, физико-химические, химические, биологические			Фронтальный опрос на следующем занятии
--	--	---	---	--	--	--

Преподаватель _____ А.И. Колесников

СПИСОК ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ

Основные источники:

1. Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки./В.М. Потехин, В.У. Потехин. - С-Пб.: Химиздат, 2018.

Дополнительные источники:

1. Адельсон С.В. Технология нефтехимического синтеза./С.В. Адельсон, Т.П. Вишнякова, Я.М. Паушкин. - М.: Химия, 1985.

2. Белов П.С. Основы технологии нефтехимического синтеза./П.С. Белов. - М.: Химия, 1982.

3. Гороновский И.Т. Краткий справочник по химии./И.Т. Гороновский, Ю.П. Назаренко, Е.Ф. Некряч. - Киев: Наумова думка, 1974.

4. Гутник С.П. Примеры и задачи по технологии органического синтеза./ С.П. Гутник. - М.: Химия, 1984.

5. Гутник С.П. Расчеты по технологии органического синтеза./С.П. Гутник, В.Е.Сосонко. - М.: Химия, 1988.

6. Капкин В.Д. Технология органического синтеза./В.Д. Капкин, Г.А. Савинецкая, В.И. Чапурин. - М.: Химия, 1987.

7. Лазарев М.В. Вредные вещества в промышленности. Тт. 1,2,3./М.В. Лазарев. - Л.: Химия, 1976.

8. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза./Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988.

9. Огородников С.К. Справочник нефтехимика. Тт. 1,2./С.К. Огородников. - М.: Химия, 1978.

10. Предельно допустимые концентрации в воздухе и в воде. Справочник. - Л.: Химия, 1995.

11. Рудин Г.М. Карманный справочник нефтепереработчика./ Г.М. Рудин. М. - Л.: Химия, 1980.

12. Филатов В.А. Вредные вещества. Углеводороды, галогенпроизводные углеводородов./В.А. Филатов. - Л.: Химия, 1990.

Для оформления реферата использовать локальный акт областного государственного автономного профессионального образовательного учреждения «Шебекинский техникум промышленности и транспорта»

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РЕФЕРАТОВ.

Министерство образования Белгородской области
Областное государственное автономное профессиональное образовательное учреждение
«Шебекинский техникум промышленности и транспорта»

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РЕФЕРАТОВ

**в Областном государственном автономном
профессиональном образовательном учреждении
«Шебекинский техникум
промышленности и транспорта»**

Рассмотрено на заседании
Методического совета техникума
Протокол № 1 от 30.08. 2019

Председатель МС _____ В.Н. Долженкова

Шебекино, 2019

1 Общие положения

1.1. Требования к оформлению рефератов в Областном государственном автономном профессиональном образовательном учреждении «Шебекинский техникум промышленности и транспорта» (далее -техникум) устанавливает единые требования к оформлению рефератов (далее -Требования).

1.2.Настоящие Требования подготовлены на основании Федерального закона Российской Федерации от 29.12.2012 г. №273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», Закона Белгородской области от 31.10.2014 № 314 «Об образовании в Белгородской области», Устава техникума, регламентируются государственными стандартами, в частности:

- ГОСТ 7.9-95 (ИСО 214-76) Межгосударственный стандарт. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. РЕФЕРАТ И АННОТАЦИЯ.
- ГОСТ 7.32-2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».
- ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».
- ГОСТ 7.80-2000 «Библиографическая запись. Заголовок. Общие требования и правила составления».
- ГОСТ 7.82—2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов».
- ГОСТ Р 7.0.97-2016 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Организационно-распорядительная документация. Требования к оформлению документов» (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 декабря 2016 г. N 2004-ст), с датой введения в действие **1 июля 2018 года**, взамен ГОСТ Р 6.30-2003.

Реферат (от лат. refero - докладываю, сообщаю) - краткое изложение научной проблемы, результатов научного исследования, содержащихся в одном или нескольких произведениях идей и т. п.

Сводный реферат- реферат, составленный на основе двух и более исходных документов.

Реферат является научной работой, поскольку содержит в себе элементы научного исследования. В связи с этим к нему должны предъявляться требования по оформлению, как к научной работе.

ФОРМАТ

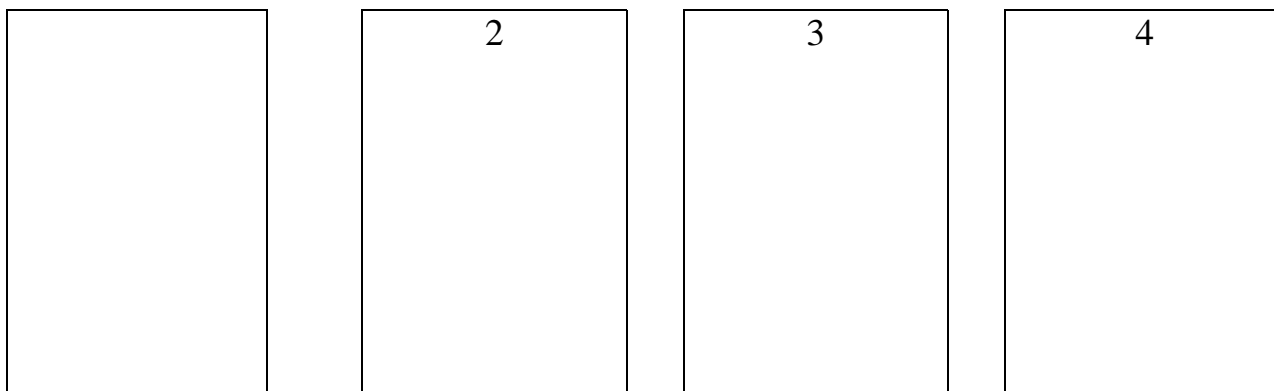
Реферат оформляется на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210x297) без рамки и основной надписи. Объем реферата может колебаться в пределах 5-15 печатных страниц, без учета листов приложения.

Реферат следует выполнять:

- С применением ПК. Гарнитура шрифта основного текста— «Times New Roman», кегль (размер) от 12 до 14 пунктов, интервал 1,5. Цвет шрифта должен быть черным. Размеры полей (не менее): правое— 10 мм, верхнее, нижнее и левое— 20 мм. Формат абзаца: полное выравнивание («по ширине»), отступ— 8–12 мм, одинаковый по всему тексту.
- Содержание реферата, его объем определяется преподавателем (руководителем) в зависимости от конкретной работы.
- Заголовки разделов и подразделов следует печатать на отдельной строке с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Выравнивание по центру или по левому краю. Отбивка: перед заголовком— 12 пунктов, после — 6 пунктов.

НУМЕРАЦИЯ

Страницы следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту вместе с приложениями. Титульный лист в общую нумерацию страниц не включается. Нумерация начинается со второго листа. Нумерация страниц располагается вверху посередине листа



ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ

В верхней части титульного листа пишется, в какой организации выполняется работа, далее буквами увеличенного кегля указывается тип («Реферат») и тема работы, ниже в правой половине листа— информация, кто выполнил и кто проверяет работу. В центре нижней части титульного листа пишется город и год выполнения.

Департамент внутренней и кадровой политики Белгородской области
Областное государственное автономное профессиональное образовательное учреждение
«Шебекинский техникум промышленности и транспорта»

РЕФЕРАТ

по профессиональному модулю «_____»

на тему «_____»

Специальность _____

Выполнил студент гр. _____

Фамилия

Имя

Отчество

Проверил преподаватель

Оценка

Дата

Шебекино, 2019 г.

ТЕКСТ

В тексте документа не допускается применять сокращение слов, кроме установленных правилами русской орфографии (ГОСТ 7.12-93).

Наименование структурных элементов текстового документа "СОДЕРЖАНИЕ", "ВЫВОДЫ", "ЗАКЛЮЧЕНИЕ", "СПИСОК ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ" служат заготовками структурных

элементов. Эти заголовки следует располагать в середине строки симметрично тексту и писать прописными буквами без точки в конце, не подчеркивая, не нумеруя.

ОФОРМЛЕНИЕ ТАБЛИЦ

Цифровой материал, как правило, оформляется в виде таблиц.

Таблица 1.1

Наименование таблицы (общий заголовок)

Содержание трок	Наименование граф (верхние заголовки)					
А	1	2	3	4	5
Наименование строк (боковые заголовки) <i>Подлежащее таблицы</i>				<i>Сказуемое таблицы</i>		
Итоговая строка						Итогова я графа

Подлежащее – это объект, который характеризуется цифрами.

Сказуемое – это система показателей, которыми характеризуется объект изучения, т.е. подлежащее таблицы.

Ссылка по тексту на данные таблицы должна оформляться следующим образом: "Приведенные в таблице 1 данные указывают на ...".

ОФОРМЛЕНИЕ ФОРМУЛ

- Все формулы, если их в текстовом документе более одной, нумеруются арабскими цифрами в пределах текстового документа или раздела. Номер указывается с правой стороны листа на уровне формулы в скобках.
- Значение символов, входящих в формулу, должны быть приведены непосредственно под формулой. Расшифровку величин дают в той последовательности, в какой они приведены в формуле. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки.
- Первая строка расшифровки должна начинаться со слов "где" без двоеточия после него.

Например:

$$NPV = \sum_{t=0}^T Pt / (1+d)^t \quad (1)$$

$t=0$ где T - период реализации инвестиционного проекта, начиная с нулевого года, лет;

Pt — сумма прибыли, полученная фирмой от реализации инвестиционного проекта в момент времени, отстоящий от базового на t интервалов (лет), тыс.руб;

d - ставка дисконтирования, %.

- Оформление формул на ПК: «Вставка» → «Объект» → «Создание» → «Microsoft Equation 3.0».

$$\bar{X}_{кв.} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{n}} \quad (1)$$

БИБЛИОГРАФИЯ

Количество литературных источников при написании реферата должно быть не менее 5-10.

Библиографические ссылки в тексте реферата оформляются в виде номера источника в квадратных скобках.

Библиографическое описание (в списке источников) состоит из следующих элементов:

- основного заглавия;
- обозначения материала, заключенного в квадратные скобки;
- сведений, относящихся к заглавию, отделенных двоеточием;
- сведений об ответственности, отделенных наклонной чертой;
- при ссылке на статью из сборника или периодического издания— сведений о документе, в котором помещена составная часть, отделенных двумя наклонными чертами с пробелами до и после них;
- места издания, отделенного точкой и тире;
- имени издателя, отделенного двоеточием;
- даты издания, отделенной запятой.

(Примечание. Список элементов библиографической записи сокращен).

Примеры

Книга, имеющая не более трех авторов:

Максимов, Н. В. Архитектура ЭВМ и вычислительных систем [Текст]: учеб. для вузов / Н. В. Максимов, Т. Л. Партыка, И. И. Попов. - М.: Инфра, 2018.

Книга с четырьмя и более авторами, сборник и т. п.:

Мировая художественная культура [Текст]: в 2-х т. / Б. А. Эренгросс [и др.]. - М.: Высшая школа, 2018. — Т. 2.

Статья из сборника:

Цивилизация Запада в 20 веке [Текст] / Н. В. Шишова [и др.] // История и культурология: учеб. пособие для студентов. - М., 2017. - Гл. 13. - С. 347-366.

Статья из журнала:

Мартышин, О. В. Нравственные основы теории государства и права [Текст] / О. В. Мартышин // Государство и право. - 2016. - № 7. - С. 5-12.

Электронное издание:

Сидыганов, Владимир Устинович. Модель Москвы [Электронный ресурс]: электронная карта Москвы и Подмосковья / Сидыганов В. У., Толмачев С. Ю., Цыганков Ю. Э. - Версия 2.0. - М.: Formoza, 2016.

Интернет-ресурс:

Бычкова, Л. С. Конструктивизм / Л. С. Бычкова // Культурология 20 век. (<http://www.philosophy.ru/edu/ref/enc/k.html>)

Требования разработал:

Заместитель директора
(по учебно-методической
работе)

В. Н. Долженкова

**Министерство образования Белгородской области
Областное государственное автономное профессиональное образовательное
учреждение
«Шебекинский техникум промышленности и транспорта»**

Утверждаю
Зам. директора по УМР
_____ В.Н. Долженкова
«__» _____ 2023 г.

Методические указания
к выполнению практических работ

по ПМ. 02 Ведение технологического процесса с автоматическим регулированием
параметров и режимов
МДК. 02. 01 Управление технологическими процессами производства органических
веществ

специальность 18.02.06 Химическая технология органических веществ

Составитель преподаватель _____ А.И. Колесников

Рассмотрен на заседании
цикловой комиссии
протокол № _____
от «__» _____ 2023 г.
Председатель цикловой комиссии _____ И.В. Мандрикова
(подпись)

Шебекино 2023

Пояснительная записка

Настоящие методические указания предназначены для оказания помощи при выполнении практических работ по ПМ. 02 МДК. 02.01 Управление технологическими процессами производства органических веществ для студентов специальности 18.02.06 Химическая технология органических веществ.

Название работы	Кол-во часов
1. Графическое изображение технологических схем по ЕСКД	8
2. Основные показатели химико-технологического процесса	4
3. Расчет состава газовой смеси	4
4. Принципы составления материального баланса. Составление материального баланса процесса пиролиза метана	6
5. Составление материального баланса процесса получения этилена из этана	6
6. Расчет расходных коэффициентов	2
7. Принципы составления теплового баланса	2
8. Составление теплового баланса процесса получения этилена из этана	6
9. Определение высоты цилиндрической части реактора изомеризации	2
10. Составление материального баланса процесса получение бутадиена 1,3 дегидрированием н-бутенов	8
11. Составление материального баланса процесса получения изооктана	4
12. Составление материального и теплового балансов процесса получение циклогексана	12
13. Составление теплового баланса процесса получение бутадиена 1,3 дегидрированием н-бутенов	8
14. Составление материального баланса процесса получение бутадиена 1,3 одностадийным дегидрированием н-бутана	8
15. Составление материального баланса процесса получения этилбензола в присутствии $AlCl_3$	6
16. Составление теплового баланса процесса получения этилбензола в присутствии $AlCl_3$	6
17. Расчет материального баланса процесса получения этиленоксида эпоксиديрованием этилена	6
18. Расчет материального баланса процесса получения уксусной кислоты окислением ацетальдегида	4
19. Принципы расчета основного аппарата	4
20. Расчет окислительной колонны	2
21. Расчет материального и теплового балансов процесса производства этанола прямой гидратацией этилена	4
22. Составление материального баланса процесса получения 1,2-дихлорэтана оксихлорированием этилена	8
24. Составление материального баланса процесса окислительного аммонолиза пропилена	8
24. Расчет вспомогательного оборудования (сборник, насос, фильтр)	2
25. Расчет вспомогательного оборудования (газодувка, сепаратор)	2
Итого	130

Информационные источники

Основная литература

1. Соколов Р.С. Химическая технология, т.т.1,2./Р.С. Соколов. - М.: Гуманитарный издательский центр Владос, 2018.

Дополнительная литература

2. Адельсон С.В. Примеры и задачи по технологии нефтехимического синтеза./С.В. Адельсон, П.С. Белов. - М.: Химия, 1987.

3. Гороновский И.Т. Краткий справочник по химии./И.Т. Гороновский, Ю.П. Назаренко, Е.Ф. Некряч. - Киев: Наукова думка, 1974

5. Гутник С.П. Расчеты по технологии органического синтеза./С.П. Гутник, В.Е. Сосонко, В.Д. Гутман. - М.: Химия, 1988.

Практическая работа № 1

Графическое изображение технологических схем по ЕСКД

Цели и задачи:

1. Ознакомление с графическим изображением различных элементов технологических схем
2. Научиться составлять технологическую схему ректификации

Оборудование:

Раздаточный материал:

Учебник, справочная литература, МУ к ПР

Ход работы:

1. Знакомство с графическим изображением различных элементов технологических схем

В соответствии с назначением схемы на ней должны быть показаны основные изделия (аппараты, машины и пр.), входящие в установку, отображены принципы, обеспечивающие химико-технологический процесс, указаны основные технологические связи (трубопроводы), а также элементы, имеющие самостоятельное функциональное назначение (насосы, арматура и т.д.).

Схема должна содержать: а) графически упрощенное изображение изделий, входящих в установку, во взаимной технологической связи между ними; б) таблицы условных графических обозначений, точек замера и контроля параметров процесса (по необходимости).

Поле листа технологической схемы заполняют следующим образом: с левой стороны на большей части поля листа располагают схему; перечень основных составных частей и элементов схемы располагают над основной надписью на расстоянии не менее 12 мм в виде таблицы, заполняемой сверху вниз, по форме:

Табл. 1.1

Перечень аппаратов и устройств

Обозначение поз.	Наименование	Кол-во	Примечание
20	110	10	45

В графе «Обозначение поз.» приводят буквенное обозначение составной части схемы (первые 1÷2 буквы названия аппарата). При наличии в семе нескольких элементов одного названия используют числовые индексы, записываемые с правой стороны буквенного обозначения.

В графе «Наименование» приводят наименование элемента или устройства.

В графе «Примечание» рекомендуется указывать технические данные элемента или устройства, не содержащиеся в его наименовании (производительность, габаритные размеры и т.п.).

Буквенные обозначения элементов схемы проставляют непосредственно на изображениях аппаратов, машин и механизмов, а при малом масштабе – в непосредственной близости от изображения на выносных полочках; для арматуры – рядом с ее изображением.

Все оборудование на схеме вычерчивают сплошными тонкими линиями толщиной 0,3÷0,5 мм, а трубопроводы и арматуру – сплошными основными линиями толщиной 0,8÷1 мм.

Допускается изображать изделия на схеме без строгого соблюдения масштаба, но и без резкого нарушения соотношения габаритных размеров основных изделий.

Линии трубопроводов, а также расположенные на них арматуру и приборы на схеме показывают горизонтально и вертикально, параллельно линии рамки формата.

Табл. 1.2

Обозначение транспортируемой среды:

Номер трубопровода	Содержимое трубопровода	Цвет линий	Номер трубопровода	Содержимое трубопровода	Цвет линий
-1-1-	вода	зеленый	-16-16-	водород	оранжевый
-2-2-	пар водяной	розовый	-17-17-	ацетилен	оранжевый
-3-3-	воздух	голубой	-18-18-	фреон	оранжевый
-4-4-	азот	темно-желтый	-19-19-	метан	оранжевый
-5-5-	кислород	голубой	-20-20-	этан	оранжевый
-6-6-	аргон	фиолетовый	-21-21-	этилен	оранжевый
-7-7-	неон	фиолетовый	-22-22-	пропан	оранжевый
-8-8-	гелий	фиолетовый	-23-23-	пропилен	оранжевый
-9-9-	криптон	фиолетовый	-24-24-	бутан	оранжевый
-10-10-	ксенон	фиолетовый	-25-25-	бутены	оранжевый
-11-11-	аммиак	серый	-26-26-	противопожарный трубопровод	красный
-12-12-	кислота, окислитель	оливковый	-27-27-	вакуум	светло-серый
-13-13-	щелочь	серо-коричневый			
-14-14-	масло	коричневый			
-15-15-	жидкое топливо	желтый			

Если условное обозначение транспортируемой среды отсутствует в данной таблице, то этой среде присваивается обозначение с -28-28- (дробные обозначения не допускаются).

Условные изображения и обозначения трубопроводов, принятые на схеме, расшифровывают в таблице трубопроводов:

Табл. 1.3

Таблица трубопроводов

Условное обозначение		Наименование среды в трубопроводе
Буквенное	Графическое	
20	50	70

Пересекать изображения аппаратов, машин и других изделий линиями трубопроводов не допускается. На каждом трубопроводе у места его отвода от магистрального трубопровода или места подключения к аппарату или машине проставляют стрелки, указывающие направление движения потока и условное обозначение вида среды: незакрашенные - газ, покрашенные - жидкость, частично покрашенные - газо-жидкостная смесь.

Арматура и другие приборы, устанавливаемые на оборудовании, показываются на схеме в соответствии с их действительным расположением и изображены условно

Рекомендуемые условные обозначения некоторых устройств:

Таблица 14.2. Обозначение общего применения потоков (по ГОСТ 2.721—74)

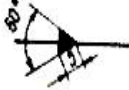

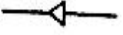
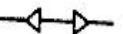



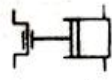











Поток	Обозначение
Жидкость:	
а) в одном направлении (например, вправо)	
б) в обоих направлениях	
Газ (воздух):	
а) в одном направлении (например, влево)	
б) в обоих направлениях	

Таблица 14.4. Обозначение насосов и двигателей гидравлических и пневматических (по ГОСТ 2.782—68)

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
<i>По функциональному признаку</i>		<i>По принципу действия</i>	
Насос постоянной производительности:		Насос шестеренчатый	
а) с одним направлением потока		Насос кривошипно-поршневой	
б) с двумя направлениями потока		Насос лопастной центробежный	
Насос с регулируемой производительностью:		Насос струйный (эжектор, инжектор, элеватор водоструйный и пароструйный), общее назначение	
а) с одним направлением потока		Вентилятор:	
б) с двумя направлениями потока		а) центробежный	
Компрессор		б) осевой	
Насос-дозатор			

Примечание. При обозначении насоса диаметр окружности примерно равен двадцати толщинам основной линии.

Таблица 14.6. Обозначение трубопроводной арматуры (по ГОСТ 2.785—70)

Арматура	Обозначение	Арматура	Обозначение
Вентиль, клапан запорный:		Клапан редукционный (вершина треугольника должна быть направлена в сторону повышения давления)	
а) проходной		Задвижка	
б) угловой		Клапан обратный (клапан невозвратный):	
Вентиль, клапан регулирующий:		проходной	
а) проходной		угловой	
б) угловой		(движение рабочей среды через клапан должно быть направлено от белого треугольника к черному)	
Клапан предохранительный:			
а) проходной			
б) угловой			
Клапан дроссельный			

Таблица 14.7. Обозначение теплообменных аппаратов (по ГОСТ 2.789—74)

Аппараты	Обозначение	Аппараты	Обозначение
Аппараты теплообменные кожухотрубчатые:		Конденсатор смешения	
а) с неподвижными трубными решетками при давлении в трубах и межтрубном пространстве выше атмосферного		Аппараты теплообменные листовые:	
б) с неподвижными трубными решетками при давлении в трубах выше, а в межтрубном пространстве ниже атмосферного		а) спиральные	
в) с температурным компенсатором на кожухе при давлении в трубах и в межтрубном пространстве выше атмосферного		б) пластинчатые разборные	
Аппарат теплообменный с наружным обогревом		Калорифер	
		Градири	

Таблица 14.8. Обозначение выпарных аппаратов и их элементов (по ГОСТ 2.788—74)

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Обечайки:		Аппараты выпарные с естественной циркуляцией:	
а) под атмосферным давлением		а) с соосной греющей камерой	
б) под внутренним давлением выше атмосферного		б) с выносной греющей камерой	
в) под внутренним давлением ниже атмосферного			
Днища:		Аппараты выпарные с принудительной циркуляцией:	
а) под атмосферным давлением		а) с соосной греющей камерой	
б) под внутренним давлением выше атмосферного		б) с выносной греющей камерой	
в) под внутренним давлением ниже атмосферного			
Корпуса аппаратов:			
а) под атмосферным давлением			
б) под внутренним давлением выше атмосферного			
в) под внутренним давлением ниже атмосферного			

Таблица 14.9. Обозначение колонных аппаратов (по ГОСТ 2.790—74)

Аппараты	Обозначение	Аппараты	Обозначение
Колонны тарельчатые:		д) с ситчато-клапанными тарелками:	
а) общее обозначение		под атмосферным давлением	
б) с колпачковыми тарелками		под давлением ниже атмосферного	
в) с клапанными тарелками под давлением ниже атмосферного		е) с решетчато-провальными тарелками	
г) с ситчатыми тарелками		Колонны насадочные (с насыпной насадкой)	
		Колонны роторные	

На технологической схеме могут быть показаны приборы и средства автоматизации, условное изображение которых определяет ГОСТ 21.404—85 «Обозначения условные в схемах автоматизации технологических процессов».

2. Составить технологическую схему ректификации трехкомпонентной смеси

Вывод: Познакомились с графическим изображением элементов технологических схем. Составили технологическую схему ректификации трехкомпонентной смеси

Вариант студента: 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 21, 24 - ректификация производится при пониженном давлении; сырье подается центробежным насосом; ректификационные колонны оборудованы ситчатыми тарелками;

2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 22 - ректификация производится при атмосферном давлении; сырье подается шестеренчатым насосом; ректификационные колонны оборудованы колпачковыми тарелками;

3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 23, 25 - ректификация производится при повышенном давлении; сырье подается поршневым насосом; ректификационные колонны - насадочные.

где 1÷25 - порядковые номера студентов по учебному журналу.

Практическая работа № 2

Основные показатели химико-технологического процесса

Цели и задачи:

1. Познакомиться с основными показателями химико-технологического процесса
2. Научиться определять степень конверсии реагентов и селективность процесса

Оборудование:

Раздаточный материал:

Учебник, справочная литература, МУ к ПР

Ход работы:

1. Определить степень конверсии реагентов, если уравнение процесса таково:
$$25\text{CH}_2=\text{CH}_2 + 16\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 24\text{CH}_2=\text{CH}_2 + 15\text{H}_2\text{O}$$

Решение

Количество превращенных реагентов

этилен $25 - 24 = 1$ моль

вода $16 - 14 = 2$ моль

Степень конверсии реагентов составила

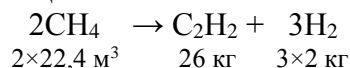
этилена $1 : 25 = 0,04$ или 4 %

воды $2 : 16 = 0,125$ или 12,5 %

2. Пиролизу подвергли 1500 м^3 метана. Степень конверсии метана равна 60 %, масса ацетилена в продуктах пиролиза составляет 400 кг. Определить селективность процесса.

Решение

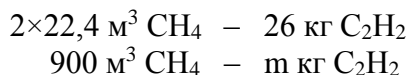
1. Составляем уравнение реакции



2. Определяем объем превращенного метана

$$1500 \times 0,6 = 900 \text{ м}^3$$

3. Рассчитываем теоретически возможную массу ацетилена (в расчете на превращенный метан)



Откуда

$$m = \frac{900 \times 26}{2 \times 22,4} = 522 \text{ кг C}_2\text{H}_2$$

4. Селективность процесса составила

$$400 : 522 = 0,766 \text{ или } 76,6 \%$$

Вывод: На основании проведенных расчетов степень конверсии реагентов составила: этилена – 4 %, воды – 0,25 %. Селективность процесса пиролиза составляет 76,6 %.

Вариант студента: На пиролиз подается $1000N \text{ м}^3$ метана; степень конверсии реагентов $60 + N$ %; масса ацетилена в продуктах пиролиза $400 + 10N$ кг, где N – номер по журналу.

Практическая работа № 3 Расчет состава газовой смеси

Цели и задачи:

1. Познакомиться с понятием о газовых смесях
2. Научиться рассчитывать состав газовой смеси

Оборудование:

Раздаточный материал:

Учебник, справочная литература, МУ к ПР

Ход работы:

Рассчитать состав газовой смеси в производстве этилена пиролизом этана, если общий расход этановой фракции равен 2071,401 кмоль/ч и она имеет следующий состав (ϕ_i , %): C_2H_4 - 0,73, C_2H_6 - 89,80, C_3H_6 - 4,69, C_3H_8 - 4,70, C_4H_6 - 0,08.

Решение

1. Для этилена:

а) определяем мольный расход этилена

$$n_{(C_2H_4)} = 2071,401 \times \left(\frac{0,73}{100}\right) = 15,121 \text{ кмоль/ч}$$

б) определяем объемный расход этилена

$$V_{(C_2H_4)} = 15,121 \times 22,4 = 339 \text{ м}^3/\text{ч}$$

в) определяем массовый расход этилена

$$m_{(C_2H_4)} = 15,121 \times 28 = 423 \text{ кг/ч}$$

2. Для этана:

а) определяем мольный расход этана

$$n_{(C_2H_6)} = 2071,401 \times \left(\frac{89,80}{100}\right) = 1860,118 \text{ кмоль/ч}$$

б) определяем объемный расход этана

$$V_{(C_2H_6)} = 1860,118 \times 22,4 = 41667 \text{ м}^3/\text{ч}$$

в) определяем массовый расход этана

$$m_{(C_2H_6)} = 1860,118 \times 30 = 55804 \text{ кг/ч}$$

3. Для пропилена:

а) определяем мольный расход пропилена

$$n_{(C_3H_6)} = 2071,401 \times \left(\frac{4,69}{100}\right) = 97,149 \text{ кмоль/ч}$$

б) определяем объемный расход пропилена

$$V_{(C_3H_6)} = 97,149 \times 22,4 = 2176 \text{ м}^3/\text{ч}$$

в) определяем массовый расход пропилена

$$m_{(C_3H_6)} = 97,149 \times 42 = 4080 \text{ кг/ч}$$

4. Для пропана:

а) определяем мольный расход пропана

$$n_{(C_3H_8)} = 2071,401 \times \left(\frac{4,70}{100}\right) = 77,356 \text{ кмоль/ч}$$

б) определяем объемный расход пропана

$$V_{(C_3H_8)} = 77,356 \times 22,4 = 1733 \text{ м}^3/\text{ч}$$

в) определяем массовый расход пропана

$$m_{(C_3H_8)} = 77,356 \times 44 = 3404 \text{ кг/ч}$$

5. Для бутилена:

а) определяем мольный расход бутилена

$$n_{(C_4H_8)} = 2071,401 \times \left(\frac{0,08}{100}\right) = 1,657 \text{ кмоль/ч}$$

б) определяем объемный расход бутилена

$$V_{(C_4H_8)} = 1,657 \times 22,4 = 37 \text{ м}^3/\text{ч}$$

в) определяем массовый расход бутилена

$$m_{(C_4H_8)} = 1,657 \times 56 = 93 \text{ кг/ч}$$

4. Определяем массовый расход газовой смеси:

$$93 + 3404 + 4080 + 55804 + 423 = 63804 \text{ кг/ч}$$

5. Определяем массовую долю компонентов смеси

$$\omega_{(C_2H_4)} = \frac{423}{63804} = 0,0066 \text{ или } 0,0066 \times 100 = 0,66 \% \text{ (этилена)}$$

$$\omega_{(C_2H_6)} = \frac{55804}{63804} = 0,8746 \text{ или } 0,8746 \times 100 = 87,46 \% \text{ (этана)}$$

$$\omega_{(C_3H_6)} = \frac{4080}{63804} = 0,0640 \text{ или } 0,0640 \times 100 = 6,40 \% \text{ (пропилена)}$$

$$\omega_{(C_3H_8)} = \frac{3404}{63804} = 0,0533 \text{ или } 0,0533 \times 100 = 5,33 \% \text{ (пропана)}$$

$$\omega_{(C_4H_8)} = \frac{93}{63804} = 0,0015 \text{ или } 0,0015 \times 100 = 0,15 \% \text{ (бутилена)}$$

Вывод: Познакомились с понятием о газовых смесях и рассчитали массовый состав компонентов смеси; он составил: этилен - 0,66 %; этан - 87,46 %; пропилен - 6,40 %; пропан - 5,33 %; бутилен - 0,15 %.

Вариант студента: Расход этановой фракции равен $2071,401 + 1000N$ кмоль/ч, где N - номер по журналу.

Практическая работа № 4
Принципы составления материального баланса. Составление материального баланса процесса пиролиза метана

Цели и задачи:

1. Ознакомление с принципами составления материального баланса
2. Ознакомление с устройством кольцевого одноканального реактора пиролиза метана
3. Научиться составлять материальный баланс процесса пиролиза метана

Оборудование:

1. Макет печи пиролиза метана

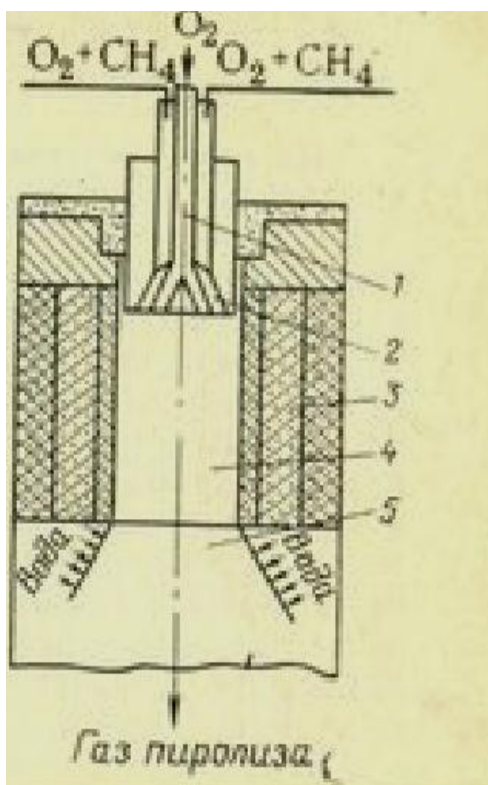
Раздаточный материал:

Учебник, справочная литература, МУ к ПР

Ход работы:

1. Ознакомление с принципами составления материального баланса
2. Ознакомление с устройством кольцевого одноканального реактора пиролиза метана

Рис. 4.1



1 - сопло; 2 - завихрители; 3 - футеровка; 4 - реакционная зона; 5 - зона заделки

2. Составить материальный баланс процесса пиролиза метана по следующим исходным данным

Исходные данные:

Производительность установки по ацетилену, т/год 5
Состав сухого газа пиролиза, % об.

Ацетилен	8,0
Этилен	0,3
Метан	4,4
Бутадиен	0,05
Метилацетилен	0,08
Диацетилен	0,1
Бензол	0,1
Водород	54,8
Кислород	0,3
Окись углерода	25,9
Двуокись углерода	3,9
Азот + аргон	2,07

Содержание сажи в газах пиролиза, г/м³ 1470

Материальные потери условно не учитываются. Процесс проводится при нормальном давлении.

Р е ш е н и е

Количество получаемого ацетилена:

$$G(C_2H_2) = \frac{5000 \times 22,4}{26} = 4307,7 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Объем газов пиролиза:

$$V_{\text{газ}} = \frac{4307,7}{0,08} = 53846,3 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Количество образующейся сажи

$$G_c = \frac{12 \times 53846,3}{100} = 646,2 \text{ кг/ч}$$

По объему газов пиролиза рассчитываем его количественный и элементарный состав:

Табл. 4.1

Количественный состав газов пиролиза

Компоненты	% объемные	м ³ /ч	кг-моль/ч	кг/ч
Ацетилен	8,0	4307,7	192,308	5000
Этилен	0,3	161,5	7,2109	201,9
Метан	4,4	2369,3	105,768	1692,3
Бутадиен	0,05	27,0	1,205	65,1
Метилацетилен	0,08	43,1	1,924	76,90
Диацетилен	0,1	53,8	2,402	120,1
Бензол	0,1	16,42	2,402	187,4
Водород	54,8	29507,8	1317,312	2634,6
Кислород	0,3	161,5	7,210	230,7
Окись углерода	25,9	13946,3	622,602	17432,9
Двуокись углерода	3,9	2100,0	93,750	4125,0
Азот + аргон	2,07	1114,6	49,758	1586,5
Всего	100	53846,3	2319,476	33353,4

Табл. 4.2

Элементарный состав газов пиролиза

Компоненты	Количество, кг/ч	Содержание, кг			
		Н	С	О	Н + Ar
Ацетилен	5000,0	384,6	4615,4	-	-
Этилен	201,0	31,1	170,8	-	-
Метан	1692,3	423,1	1269,2	-	-
Бутадиен	65,1	7,2	57,9	-	-
Метилацетилен	76,91	7,7	69,2	-	-

Продолжение табл 4.2					
Диацетилен	120,1	4,8	115,3	-	-
Бензол	187,4	14,4	173,0	-	-
Водород	2634,6	2034,6	-	-	-
Окись углерода	17432,9	-	7471,2	9961,7	-
Двуокись углерода	4125,0	-	1125,0	3000,0	-
Азот + аргон	1586,5	-	-	-	1586,5
Кислород	230,7	-	-	230,7	-
Сажа	646,2	-	646,2	-	-
Всего	33999,6	3507,5	15713,2	13192,4	1586,5

Из данных элементарного состава видно, что содержание углерода в газах пиролиза составляет 15713, 2 кг/ч. Так как по условию в данном расчете потери не учитываются, расход метана на пиролиз составит:

$$G(\text{CH}_4) = \frac{15713,2 \times 16}{12} = 20950,9 \text{ кг/ч}$$

Водорода в метане, подаваемом на процесс, содержится:

$$G(\text{H}_2) = \frac{20950,9 \times 4}{16} = 5237,7 \text{ кг/ч}$$

В воду окислилось водорода:

$$5237,7 - 3507,5 = 1730,2 \text{ кг/ч}$$

Затрачено кислорода на образование воды:

$$G(\text{O}_2) = \frac{1730,2 \times 16}{2} = 13841,6 \text{ кг/ч}$$

Подано кислорода на процесс:

$$13192,4 + 13841,6 = 27034 \text{ кг/ч}$$

Образовалось воды:

$$G(\text{H}_2\text{O}) = 13841,6 + 1730,2 = 15571,8 \text{ кг/ч}$$

Исходя из этих данных, составляем часовой материальный баланс процесса пиролиза:

Табл. 4.3

Материальный баланс процесса пиролиза метана в присутствии кислорода

Приход	кг/ч	Расход	кг/ч
Метан	20950,9	Ацетилен	5000,0
Кислород	27034,0	Этилен	201,9
Азот + аргон	1586,5	Метан (непрореагир.)	1692,2
		Бутадиен	65,1
		Метилацетилен	76,9
		Диацетилен	120,1
		Бензол	187,4
		Водород	2634,6
		Кислород	230,7
		Окись углерода	17432,9
		Двуокись углерода	4125,0
		Азот + аргон	1585,5
		Водяные пары	15571,8
Сажа	646,2		
Всего	49571,4	Всего	49571,4

Вывод: Познакомились с принципами составления материального баланса. Познакомились с устройством кольцевого одноканального реактора и составили материальный баланс процесса пиролиза метана

Вариант студента: Производительность установки по ацетилену 5,0 + N т; где N - номер по журналу.

Практическая работа № 5
Составление материального баланса процесса получения этилена из этана

Цели и задачи:

2. Ознакомление с устройством кольцевого одноканального реактора пиролиза этана
3. Научиться составлять материальный баланс процесса пиролиза метана

Оборудование:

1. Макет печи пиролиза метана

Раздаточный материал:

Учебник, справочная литература, МУ к ПР

Ход работы:

1. Ознакомиться с устройством реактора пиролиза этана (аналогичен реактору пиролиза метана)
2. Составить материальный баланс процесса получения этилена из этана

Исходные данные:

Производительность установки по этилену, т/год	250000
Годовой фонд рабочего времени, ч	8000
Состав исходной этановой фракции, (φ_i , %)	
C_2H_4	0,73
C_2H_6	89,80
C_3H_6	4,69
C_3H_8	4,70
C_4H_8	0,08
Массовое отношение водяной пар : этановая фракция	0,4 : 1,0
Температура процесса, $^{\circ}C$	845
Степень конверсии этана, доли ед.	0,673

Пример решения

Часовая производительность установки в расчете на 100 %-й этилен

$$\frac{250000 \times 1000}{8000} = 31250 \text{ кг/ч} \quad \text{или} \quad 1116,071 \text{ кмоль/ч}$$

Расход этана, находящегося в составе поступающей на пиролиз этановой фракции

$$\frac{1117,071}{0,6} = 1860,118 \text{ кмоль/ч}$$

Общий расход этановой фракции

$$\frac{1860,118}{0,898} = 2071,401 \text{ кмоль/ч}$$

Определяем состав этановой фракции на входе в трубчатую печь

Табл. 5.1

	$\varphi_i(x_i), \%$	$n_{\tau}, \text{кмоль/ч}$	$V_{\tau}, \text{м}^3/\text{ч}$	$m_{\tau}, \text{кг/ч}$	$\omega_{\tau}, \%$
C_2H_4	0,73	15,121	339	423	0,65
C_2H_6	89,80	1860,118	41666	55804	86,27
C_3H_6	4,69	97,149	2176	4080	6,31
C_3H_8	4,70	97,356	2181	4284	6,62
C_4H_8	0,08	1,657	37	93	0,15
Σ	100,00	2071,401	46399	64684	100,00

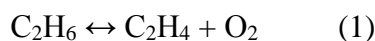
Количество водяного пара на входе в трубчатую печь (поток 2)

$$64684 \times 0,4 = 25874 \text{ кг/ч} \quad \text{или} \quad 1437,444 \text{ кмоль/ч}$$

Количество парогазовой смеси на входе в трубчатую печь (поток 3)

$$64684 + 25874 = 90558 \text{ кг/ч}$$

По основной реакции



расход этана составляет 1116,071 кмоль/ч или 33482 кг/ч

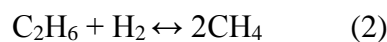
образуется

$$\begin{array}{l} \text{этилена} \quad 1116,071 \text{ кмоль/ч} \quad \text{или} \quad 31250 \text{ кг/ч} \\ \text{водорода} \quad 1116,071 \text{ кмоль/ч} \quad \text{или} \quad 2232 \text{ кг/ч} \end{array}$$

Всего конвертируется этана

$$1860,118 \times 0,673 = 1251,859 \text{ кмоль/ч}$$

По реакции образования метана



расходуется

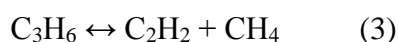
$$\begin{array}{l} \text{этана} \quad 1251,859 - 1116,071 = 135,788 \text{ кмоль/ч} \quad \text{или} \quad 4074 \text{ кг/ч} \\ \text{водорода} \quad 135,788 \text{ кмоль/ч} \quad \text{или} \quad 271 \text{ кг/ч} \end{array}$$

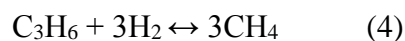
образуется метана $135,788 \times 2 = 271,676 \text{ кмоль/ч}$ или 4345 кг/ч

Остается этана в составе пирогаза

$$1860,118 - 1251,859 = 608,259 \text{ кмоль/ч} \quad \text{или} \quad 18248 \text{ кг/ч}$$

Пропилен в составе этановой фракции конвертируется по двум реакциям





По реакции (3), согласно экспериментальным данным, расходуется 8,5 % пропилена

$$97,149 \times 0,085 = 8,258 \text{ кмоль/ч или } 347 \text{ кг/ч}$$

образуется

$$\text{ацетилена } 8,258 \text{ кмоль/ч или } 215 \text{ кг/ч}$$

$$\text{водорода } 8,258 \text{ кмоль/ч или } 132 \text{ кг/ч}$$

По реакции (4) расходуется 26 % пропилена

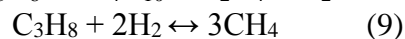
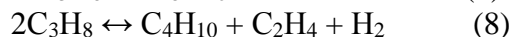
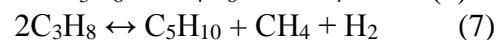
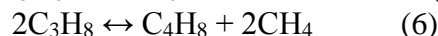
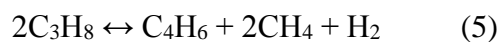
$$97,149 \times 0,26 = 25,259 \text{ кмоль/ч или } 1061 \text{ кг/ч}$$

образуется метана $3 \times 25,259 = 75,777$ кмоль/ч или 1212 кг/ч

Расход водорода составляет 75,777 кмоль/ч или 151 кг/ч. Остается пропилен в составе пирогаза

$$97,149 - 0,8258 - 25,259 = 63,632 \text{ кмоль/ч или } 2672 \text{ кг/ч}$$

Пропан в составе этановой фракции конвертируется по следующим реакциям



По реакции (5) расходуется 55,0 % пропана

$$97,356 \times 0,55 = 53,546 \text{ кмоль/ч или } 2356 \text{ кг/ч}$$

образуется

$$\text{бутадиена } 53,546/2 = 26,773 \text{ кмоль/ч или } 1446 \text{ кг/ч}$$

$$\text{ацетилена } 53,546 \text{ кмоль/ч или } 857 \text{ кг/ч}$$

$$\text{водорода } 26,773 \text{ кмоль/ч или } 53 \text{ кг/ч}$$

По реакции 6 расходуется 6,0 % пропана

$$97,356 \times 0,06 = 5,841 \text{ кмоль/ч или } 257 \text{ кг/ч}$$

образуется

$$\text{бутиленов } 5,841/2 = 2,920 \text{ кмоль/ч или } 163 \text{ кг/ч}$$

$$\text{метана } 5,841 \text{ кмоль/ч или } 94 \text{ кг/ч}$$

Всего содержится бутиленов в пирогазе

$$2,920 + 1,657 = 4,577 \text{ кмоль/ч или } 256 \text{ кг/ч}$$

По реакции (7) расходуется 8,5 % пропана

$$97,356 \times 0,085 = 8,275 \text{ кмоль/ч или } 364 \text{ кг/ч}$$

образуется

$$\begin{array}{l} \text{пентенов } 8,275/2 = 4,138 \text{ кмоль/ч или } 290 \text{ кг/ч} \\ \text{метана } 4,138 \text{ кмоль/ч или } 66 \text{ кг/ч} \\ \text{водорода } 4,138 \text{ кмоль/ч или } 8 \text{ кг/ч} \end{array}$$

По реакции (8) расходуется 10 % пропана

$$97,356 \times 0,1 = 9,736 \text{ кмоль/ч или } 428 \text{ кг/ч}$$

образуется

$$\begin{array}{l} \text{бутана } 9,736/2 = 4,868 \text{ кмоль/ч или } 283 \text{ кг/ч} \\ \text{ацетилена } 4,868 \text{ кмоль/ч или } 136 \text{ кг/ч} \\ \text{водорода } 4,868 \text{ кмоль/ч или } 9 \text{ кг/ч} \end{array}$$

По реакции (9) расходуется 17,5 % пропана

$$97,356 \times 0,175 = 17,037 \text{ кмоль/ч или } 750 \text{ кг/ч}$$

Расход водорода составляет

$$17,037 \times 2 = 34,074 \text{ кмоль/ч или } 68 \text{ кг/ч}$$

Образуется метана

$$17,037 \times 3 = 51,111 \text{ кмоль/ч или } 818 \text{ кг/ч}$$

Остается пропана в пирогазе

$$97,356 - (53,546 + 5,841 + 8,275 + 9,736 + 17,037) = 2,921 \text{ кмоль/ч или } 129 \text{ кг/ч}$$

Бутадиен взаимодействует с этиленом по реакции



В эту реакцию вступает 23,5 % образовавшегося бутадиена

$$26,773 \times 0,235 = 6,292 \text{ кмоль/ч или } 340 \text{ кг/ч}$$

Расход этилена составляет 6,292 кмоль/ч или 176 кг/ч

образуется

$$\begin{array}{l} \text{бензола } 6,292 \text{ кмоль/ч или } 491 \text{ кг/ч} \\ \text{водорода } 6,292 \times 2 = 12,584 \text{ кмоль/ч или } 25 \text{ кг/ч} \end{array}$$

Остается бутадиена

$$26,773 - 6,292 = 20,481 \text{ кмоль/ч или } 1106 \text{ кг/ч}$$

Всего образуется метана по реакциям 2÷7, 9

$$271,576 + 8,258 + 75,777 + 53,546 + 5,841 + 4,138 + 51,111 = 470,247 \text{ кмоль/ч или } 7524 \text{ кг/ч}$$

По реакции



конвертируется 2,6 % метана

$$470,247 \times 0,026 = 12,226 \text{ кмоль/ч или } 195 \text{ кг/ч}$$

Расход водяного пара составляет 12,226 кмоль/ч или 220 кг/ч

образуется

$$\begin{aligned} \text{оксида углерода } & 12,226 \text{ кмоль/ч или } 342 \text{ кг/ч} \\ \text{водорода } & 12,226 \times 3 = 36,678 \text{ кмоль/ч или } 73 \text{ кг/ч} \end{aligned}$$

Остается

$$\begin{aligned} \text{метана } & 470,247 - 12,226 = 458,021 \text{ кмоль/ч или } 7329 \text{ кг/ч} \\ \text{водяного пара } & 1437,444 - 12,226 = 1425,218 \text{ кмоль/ч или } 25654 \text{ кг/ч} \end{aligned}$$

где 1437,444 – молярный поток водяного пара на входе в трубчатую печь (поток 2), кмоль/ч

Образуется водорода по реакциям 2, 4, 9

$$116,071 + 26,773 + 4,138 + 4,868 + 12,584 + 36,678 = 1201,112 \text{ кмоль/ч или } 2402 \text{ кг/ч}$$

Расход водорода по реакциям 1, 5, 7, 8, 10, 11

$$135,788 + 75,777 + 34,074 = 245,639 \text{ кмоль/ч или } 492 \text{ кг/ч}$$

Остается водорода в пирогазе

$$1201,112 - 245,639 = 955,473 \text{ кмоль/ч или } 1910 \text{ кг/ч}$$

Этилена в составе этановой фракции содержится 15,121 кмоль/ч (см. табл. 1), образуется по реакции (8) 4,868 кмоль/ч, расходуется по реакции (10) 6,292 кмоль/ч.

Остаток $15,121 + 4,868 - 6,292 = 13,697$ кмоль/ч представляет собой потери на стадии выделения этилена из пирогаза. В составе пирогаза (на выходе из трубчатой печи) содержится этилена

$$116,071 + 13,697 = 129,768 \text{ кмоль/ч или } 31633 \text{ кг/ч}$$

Потери этилена составляют

$$\frac{13,697 \times 100}{1129,768} = 1,2 \%,$$

что соответствует оптимальному технологическому технологическому режиму. Коксообразованием в процессе пиролиза пренебрегаем. По результатам расчетов составляем таблицу 2.

Табл. 5.2
Состав пирогаза (поток 6)

компонент	n_{τ} , кмоль/ч	x_i , %	V_{τ} , м ³ /ч	m_{τ} , кг/ч	ω_{τ} , %
Сухой газ					
метан	458,021	9,74	10260	7329	8,09
ацетилен	8,258	0,18	185	215	0,23
этилен	1129,768	24,02	25307	31633	34,93
этан	608,259	12,93	13625	18248	20,15
пропилен	63,632	1,35	1425	2672	2,95
пропан	2,921	0,06	65	129	0,16
бугадиен-1,3	20,481	0,44	459	1106	1,22
бутилены	4,577	0,09	102	256	0,28
бутан	4,868	0,10	109	283	0,31
пентены	4,138	0,08	93	290	0,32
бензол	6,292	0,14	141	491	0,54
водород	955,473	20,31	21403	1910	2,11
оксид углерода	12,236	0,26	274	342	0,38
Водяной пар	1425,218	30,30	31925	25654	28,33
Всего	4704,132	100,00	105373	90558	100,00

Вывод: Составили материальный баланс процесса получения этилена из этана

Вариант студента: Производительность установки по этилену $250000 + 1000N$ т/год, где N - номер по журналу.

Практическая работа № 6 Расчет расходных коэффициентов

Цели и задачи:

1. Ознакомление с методами расчета расходных коэффициентов
2. Научиться рассчитывать расходный коэффициент по н-бутану

Оборудование:

Раздаточный материал:

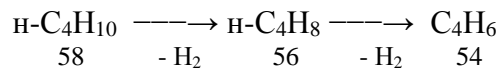
Учебник, справочная литература, МУ к ПР

Ход работы:

1. Ознакомление с методами расчета расходных коэффициентов
2. Рассчитать расходный коэффициент по н-бутану на 1 т бутадиена, получаемого двухстадийным дегидрированием н-бутана, если селективность на первой стадии $C_1 = 0,72$, на второй стадии $C_2 = 0,78$; потери углеводов на стадиях разделения за счет неполного извлечения углеводов C_8 равны 8 %; механические потери $\Pi - 6$ %.

Решение

1. Составляем уравнение реакции:



2. Определяем стехиометрический расходный коэффициент н-бутана на 1 т бутадиена:

$$\alpha_{\text{стех}} = \frac{58}{54} = 1,074 \text{ т/т}$$

3. Определяем расходный коэффициент н-бутана на 1 т бутадиена с учетом селективности стадий:

$$\alpha_{\text{р}} = \frac{\alpha_{\text{стех}}}{C_1 \times C_2} = \frac{1,074}{0,72 \times 0,78} = 1,912 \text{ т/т}$$

4. Определяем расходный коэффициент с учетом всех производственных потерь:

$$\alpha = \alpha_{\text{р}} \times \left[1 + \frac{\Pi_1 + \Pi_2}{100} \right] = 1,912 \times \left[1 + \frac{8 + 6}{100} \right] = 2,18 \text{ т/т}$$

Вывод: Познакомились с методами расчета расходных коэффициентов. На основании проведенных расчетов величина расходного коэффициента составила $\alpha = 2,18$ т/т.

Вариант студента: $C_1 = 0,72 + 0,01N$ мм; $C_2 = 0,78 + 0,01N$; МПа $D_p = 1900 + 10N$ мм, где N - номер по журналу

Практическая работа № 7

Принципы составления теплового баланса

Цели и задачи:

1. Ознакомление с принципами составления теплового баланса
2. Научиться рассчитывать теплопотери в окружающую среду

Оборудование:

1. Макет алкилятора

Раздаточный материал:

Учебник, справочная литература, МУ к ПР

Ход работы:

Определить потери тепла в окружающую среду, если температура стенки аппарата $t_{ст} = 90$ °С, температура окружающей среды $t = 25$ °С. Теплообмен происходит через стенку площадью $F = 12$ м².

Решение

1. Определяем общий коэффициент теплоотдачи

$$\alpha = 0,93 + 0,058 \times t_{ст} = 0,93 + 0,058 \times 90 = 6,15 \text{ Вт/м}^2 \times \text{град}$$

2. Определяем величину потерь тепла в окружающую среду

$$Q = \alpha \times F \times (t_{ст} - t_2) = 6,15 \times 12 \times (90 - 25) = 4797 \text{ Вт}$$

Вывод: На основании проведенных расчетов потери тепла в окружающую среду составили $Q = 4797$ Вт.

Вариант студента: $t_{ст} = 90 + 0,1N$ °С; $F = 12 + N$ м², где N – номер по журналу.

Практическая работа № 8

Составление теплового баланса процесса получения этилена из этана

Цели и задачи:

1. Ознакомление с принципами составления теплового баланса
3. Научиться составлять тепловой баланс процесса получения этилена из этана

Оборудование:

1. Макет печи пиролиза этана

Раздаточный материал:

Учебник, справочная литература, МУ к ПР

Ход работы:

1. Ознакомление с принципами составления теплового баланса
2. Составить тепловой баланс процесса получения этилена из этана

Дополнительные данные

Температура, °С

этановой фракции на входе в печь	105
перегретого пара на входе в печь	230
парогазовой смеси на входе в радиантную камеру	620
пирогаза на выходе из радиантной камеры	845
воздуха (коэффициент избытка 1,05; относительная влажность 80 %)	25
топливного газа	20
продуктов сгорания топливного газа	600
Давление перегретого пара, МПа	1,0

Пример решения

Состав материальных потоков 1, 2 и 6 берется из материального баланса (п/з № 4).

Пересчитываем кг/ч в кг/с

Приход

Этилен	1,1 кг/с
Воздух	22,1 кг/с

Состав топливного газа (поток 4) ϕ_i , %

CH ₄	71,85
C ₂ H ₄	0,83
C ₂ H ₆	0,11
H ₂	20,61
CO	0,60

Записываем в общем виде уравнение теплового баланса печи

$$\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4 + \Phi_5 = \Phi_6 + \Phi_7 + \Phi_8 + \Phi_{\text{пот}},$$

где $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \Phi_4, \Phi_5$, - тепловые потоки этановой фракции; перегретого водяного пара; топливного газа, поступающего на сжигание; сгорания топливного газа; поступающего в печь воздуха соответственно, кВт; Φ_6 - теплота, расходуемая на осуществление химических реакций, кВт; Φ_7, Φ_8 - тепловые потоки пирогаза и продуктов сгорания соответственно, кВт; $\Phi_{пот}$ - теплопотери в окружающую среду, кВт.

Для определения значений Φ_1 и Φ_3 используем исходные данные и даны табл. 1 Мат. Баланса. Рассчитываем значения средних молярных теплоемкостей этановой фракции при температуре $T=105+273=378$ К и топливного газа при $T=20+273=293$ К.

Табл. 8. 1

Средние молярные теплоемкости этановой фракции (поток 1)

	$x_i, \%$	$C_i, \text{Дж}/(\text{моль} \times \text{К})$	$C_i \times x_i, \text{Дж}/(\text{моль} \times \text{К})$
CH ₄	0,73	52,03	0,3798
C ₂ H ₆	89,80	63,67	57,1757
C ₃ H ₆	4,69	76,85	3,6043
C ₃ H ₈	4,70	90,56	4,2563
C ₄ H ₈	0,08	107,59	0,0861
Σ	100,00	-	65,5022

Табл. 8.2

Средние молярные теплоемкости топливного газа (поток 4)

	$x_i, \%$	$C_i, \text{Дж}/(\text{моль} \times \text{К})$	$C_i \times x_i, \text{Дж}/(\text{моль} \times \text{К})$
CH ₄	71,85	34,70	24,9320
C ₂ H ₄	0,83	43,82	0,3637
C ₂ H ₆	0,11	52,09	0,0573
H ₂	26,61	28,82	7,6690
CO	0,60	29,07	0,1744
Σ	100,00	-	33,1964

Тепловые потоки этановой фракции и топливного газа

$$\Phi_1 = \frac{2071,401}{9 \times 3600} \times 65,5022 \times 105 = 439,708 \text{ кВт}$$

$$\Phi_3 = \frac{V_T}{22,4} \times 33,1964 \times 20 = 29,64 \times V_T \text{ кВт},$$

где V_T - расход топливного газа, м³/с.

Для определения значений Φ_4 и Φ_5 рассчитываем низшую объемную теплоту сгорания топливного газа и количество воздуха, необходимого для сжигания

а) рассчитываем массовый состав топливного газа

Табл. 8.3

	M_T	$x_i, \%$	$M_T \times x_i$	$\omega_i, \%$
CH ₄	16	0,7185	11,4960	92,25
C ₂ H ₄	28	0,0083	0,2324	1,87
C ₂ H ₆	30	0,0011	0,0330	0,26
H ₂	2	0,2661	0,5322	4,27

Продолжение табл. 8.3				
CO	28	0,0060	0,1680	1,35
Σ	-	1,0000	12,4616	100,00

) определяем массовую долю элементов в топливном газе

$$\omega = \omega_i \times A_r \times n_i,$$

где A_r – относительная атомная масса элемента; n_i – число атомов элемента в соединении.

$$\omega_C = 92,25 \times 12 \times 1/16 + 1,87 \times 12 \times 2/28 + 0,26 \times 12 \times 2/30 + 1,35 \times 12 \times 1/28 = 71,577 \%$$

$$\omega_H = 92,25 \times 4/16 + 1,87 \times 4/28 + 0,26 \times 6/30 + 4,27 \times 2/2 = 27,652 \%$$

$$\omega_O = 1,35 \times 16/28 = 0,771 \%$$

Массовые доли летучей серы и воды равны нулю.

в) определяем низшую удельную теплоту сгорания топливного газа

$$\Delta H^0_{\text{сгор}} = 339,1 \times 71,577 + 1030 \times 27,652 - 108,9 \times 0,771 = 52669,4 \text{ кДж/кг}$$

или

$$(52669,4 \times 12,4616) / 22,4 = 29,301 \text{ кДж/м}^3$$

Определяем тепловой поток сгорания топливного газа

$$\Phi_4 = 29301 \times V_T \text{ кВт}$$

Определяем количество воздуха, необходимое для сжигания 1 кг газа (учитывая коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,05$)

$$L = \frac{(0,0267 \times 71,577 + 0,08 \times 27,652 - 0,01 \times 0,771) \times 1,05}{0,23} = 18,78 \text{ кг/кг газа}$$

Или

$$[(18,78/1,293) \times 12,4616] / 22,4 = 8,08 \text{ м}^3 \text{ H}_2\text{O на 1 м}^3 \text{ сухого воздуха}$$

При температуре воздуха 25 °С и относительной влажности 80 % его влагосодержание составляет $16,29 \times 10^{-3}$ кг/кг ($26,24 \times 10^{-3}$ м³ H₂O на 1 м³ сухого воздуха ([3], с. 47.)

Расход влажного воздуха $8,080 + 0,026 = 8,106$ м³/м³. Теплоемкость влажного воздуха при 25 °С (298 К) составляет 30,06 Дж/(м³×К) или 1,342 кДж/(м³×К) ([3], с. 48.)

Определяем тепловой поток поступающего в печь воздуха (поток 5)

$$\Phi_5 = 8,106 \times V_T \times 1,342 \times 25 = 271,96 \times V_T \text{ кВт}$$

Рассчитываем теплоты реакций (в кДж/кмоль)

Табл. 8.4

Реакция	$\sum H^0_{298} = \sum H^0_{298(\text{кон})} - \sum H^0_{298(\text{исх})}$
$\text{C}_2\text{H}_6 \leftrightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{O}_2$	$52,30 - (-84,67) = 136,97$
$\text{C}_2\text{H}_6 + \text{H}_2 \leftrightarrow 2\text{CH}_4$	$2 \times (-74,85) - (-84,67) = -65,03$
$\text{C}_3\text{H}_6 \leftrightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + \text{CH}_4$	$-74,85 + 226,75 - 20,41 = 131,49$
$\text{C}_3\text{H}_6 + 3\text{H}_2 \leftrightarrow 3\text{CH}_4$	$3 \times (-74,85) + 226,75 = -2,20$
$2\text{C}_3\text{H}_8 \leftrightarrow \text{C}_4\text{H}_6 + 2\text{CH}_4 + \text{H}_2$	$2 \times (-74,85) + 162,21 - 2 \times (-103,85) = 220,21$
$2\text{C}_3\text{H}_8 \leftrightarrow \text{C}_4\text{H}_8 + 2\text{CH}_4$	$2 \times (-74,85) + (-0,13) - 2 \times (-103,85) = 57,87$
$2\text{C}_3\text{H}_8 \leftrightarrow \text{C}_5\text{H}_{10} + \text{CH}_4 + \text{H}_2$	$-74,85 + (-20,94) - 2 \times (-103,85) = 111,91$
$2\text{C}_3\text{H}_8 \leftrightarrow \text{C}_4\text{H}_{10} + \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$	$52,30 - 126,15 - 2 \times (-103,85) = 133,86$
$\text{C}_3\text{H}_8 + 2\text{H}_2 \leftrightarrow 3\text{CH}_4$	$3 \times (-74,85) - (-103,85) = -120,70$
$\text{C}_4\text{H}_6 + \text{C}_2\text{H}_4 \leftrightarrow 2\text{C}_6\text{H}_6 + 2\text{H}_2$	$82,93 - 52,30 - 162,21 = -131,58$
$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$	$-110,53 - (-241,81) - (-74,85) = 206,13$

Рассчитываем теплоту, расходуемую на осуществление химических реакций

$$\Phi_6 = \frac{1000}{9 \times 3600} \times (1116,071 \times 136,97 + 135,788 \times (-65,03) + 8,258 \times 131,49 + 25,259 \times (-2,20) + 26,773 \times 220,21 + 2,950 \times 57,87 + 4,138 \times 133,85 + 17,037 \times (-120,70) + 6,292 \times (-131,58) + 12,226 \times 206,13) = 4687,760 \text{ кВт}$$

Для определения теплового потока пирогаза рассчитываем молярные теплоемкости компонентов пирогаза при $T=845+273=1118 \text{ К}$. С учетом состава газа средняя молярная теплоемкость

$$C_{\text{см}} = (76,00 \times 13,97 + 67,85 \times 0,25 + 100,36 \times 34,46 + 129,21 \times 18,55 + 163,55 \times 1,94 + 186,33 \times 0,09 + 173,92 \times 0,62 + 209,32 \times 0,14 + 241,80 \times 0,15 + 260,83 \times 0,13 + 213,92 \times 0,19 + 30,96 \times 29,14 + 32,95 \times 0,37) / 100 = 84,30 \text{ Дж}/(\text{моль} \times \text{К})$$

Теплоемкость водяного пара 42,00 Дж/(моль×К).

Тепловой поток пирогаза (поток б)

$$\Phi_6 = [(3278,914 \times 84,30 + 1425,218 \times 42,00) / (9 \times 3600)] \times 845 = 8769,830 \text{ кВт},$$

Для определения теплового потока продуктов сгорания рассчитываем количество продуктов сгорания, образующихся при сжигании 1 кг топливного газа

$$m(\text{CO}_2) = 0,0367 \times 71,577 = 2,627 \text{ кг/кг}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0,09 \times 27,052 = 2,489 \text{ кг/кг}$$

$$m(\text{O}_2) = 0,23 \times 17,89 \times 0,05 = 0,206 \text{ кг/кг}$$

$$m(\text{N}_2) = 0,77 \times 17,89 \times 1,05 = 14,464 \text{ кг/кг}$$

Общее количество продуктов сгорания

$$2,627 + 2,489 + 0,206 + 14,464 = 19,785 \text{ кг/кг}$$

Всего влаги в продуктах сгорания содержится

$$2,489 + 0,306 = 2,795 \text{ кг/кг}$$

Удельный объем продуктов сгорания

$$(2,627/44 + 2,795/18 + 0,206/32 + 14,464/28) \times 22,4 = 16,53 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Объемная доля диоксида углерода

$$\frac{(2,627/44) \times 100}{0,7380} = 8,09 \%$$

Аналогично рассчитываем содержание остальных компонентов

Состав продуктов сгорания [$\varphi_i(x_i)$, %] : CO₂ - 8,09; H₂O - 21,04; O₂ - 0,87; N₂ - 70,00.

Объем продуктов сгорания в расчете на 1 м³ подаваемого на сжигание топливного газа

$$16,53 \times 12,416/22,4 = 9,20 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Рассчитываем молярные теплоемкости компонентов продуктов сгорания при T=600+273=873 К. Средняя молярная теплоемкость продуктов сгорания

$$(50,91 \times 78,09 + 39,31 \times 21,04 + 33,93 \times 0,87 + 31,61 \times 70,00)/100 = 34,81 \text{ Дж}/(\text{моль} \times \text{К})$$

$$\text{или } 34,81/22,4 = 1,554 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \times \text{К})$$

Тепловой поток продуктов сгорания

$$\Phi_9 = 9,20 \times V_T \times 1,554 \times 600 = 8578,08 \times V_T \text{ кВт}$$

. Общий приход теплоты в печь составит

$$439,708 + 2313,247 + 29,64 \times V_T + 29301,00 \times V_T + 271,96 \times V_T = 2752,955 + 29602,60 \times V_T \text{ Дж}/(\text{моль} \times \text{К})$$

Принимаем, что теплопотери в окружающую среду составляют 5 % от общего прихода теплоты

$$\Phi_{\text{пот}} = 0,05 \times (2752,955 + 29602,60 \times V_T) = 137,648 + 1480,13 \times V_T \text{ кВт}$$

Общий приход теплоты

$$\begin{aligned} \Phi_{\text{прих}} &= 4687,760 + 8769,830 + 8578,08 \times V_T + 137,648 + 1480,13 \times V_T = \\ &= 13595,238 + 10,058,210 \times V_T \text{ кВт} \end{aligned}$$

Расход топливного газа определяем из уравнения теплового баланса печи

$$2752,955 + 29602,59 \times V_T = 13595,238 + 10058,21 \times V_T$$

$$V_T = 0,55475 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\text{или } 0,55475 \times 3600 = 1997 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Уточняем статьи теплового баланса

$$\Phi_3 = 29,64 \times 0,55475 = 16,443 \text{ кВт}$$

$$\Phi_4 = 29301 \times 0,55475 = 16254,730 \text{ кВт},$$

$$\Phi_5 = 271,96 \times 0,55475 = 150,870 \text{ кВт}$$

$$\Phi_8 = 8578,08 \times 0,55475 = 4758,690 \text{ кВт},$$

Составляем тепловой баланс трубчатой печи

Табл. 8.5

Тепловой баланс трубчатой печи

Приход	кВт	%	Расход	кВт	%
Тепловой поток этановой фракции	439,708	2,29	Теплота, расходуемая на осуществление химических реакций	4687,760	24,45
Тепловой поток перегретого пара	2313,247	12,06	Тепловой поток пирогаза	8769,830	45,73
Тепловой поток топливного газа	16,443	0,08	Тепловой поток продуктов сгорания	4758,690	24,82
Тепловой поток сгорания топливного газа	16254,730	-84,78	Теплопотери в окружающую среду	958,718	5,00
Тепловой поток воздуха	150,870	0,79			
Всего	19174,998	100,00	Всего	19174,998	100,00

Практическая работа № 9

Определение высоты цилиндрической части реактора изомеризации

Цели и задачи:

1. Ознакомление с устройством реактора изомеризации
2. Научиться рассчитывать высоту цилиндрической части реактора изомеризации

Оборудование:

1. Макет аппарата

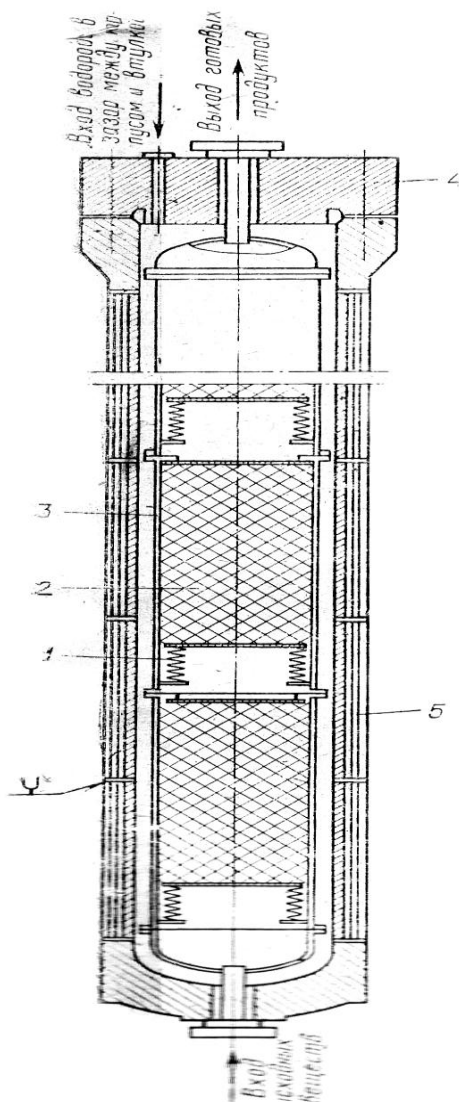
Раздаточный материал:

Учебник, справочная литература, МУ к ПР

Ход работы:

1. Ознакомление с устройством реактора изомеризации

Рис. 9.1

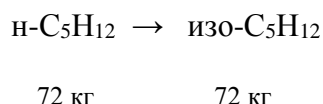


1 - пружина; 2 - катализатор; 3 - насадка; 4 - верхняя крышка.

2. Изамеризацию н-пентана в изопентан осуществляют в реакторе внутренним диаметром 1,800 м, производительность которого по изопентану равна 10000 кг/ч. Изамеризация проходит в среде водорода, поступающего в мольном соотношении водород : н-пентан, равном 2,4 : 1. Определить высоту цилиндрической части реактора, если объемная скорость жидкого н-пентана 2 ч^{-1} , глубина его превращения за один проход реактора 45,7 %, а плотность 615 кг/м^3 .

Р е ш е н и е

1. Уравнение реакции:



2. Массовый расход жидкого н-пентана на входе в реактор:

$$\frac{10000 \times 100}{45,7} = 21882 \text{ кг/ч или } 21882 : 72 = 304 \text{ кмоль/ч}$$

3. Объемный расход жидкого н-пентана на входе в реактор:

$$V_{\text{сырья}} = 21882 : 615 = 35,6 \text{ м}^3/\text{ч}$$

4. Вместимость реакционного пространства:

$$V_p = \frac{V_{\text{сырья}}}{2} = \frac{35,6}{2} = 17,8 \text{ м}^3$$

5. Высота цилиндрической части реактора:

$$h = \frac{V_p}{0,785 \times d^2} = \frac{17,8}{0,785 \times 1,8^2} = 7 \text{ м}$$

Вывод: Познакомились с устройством реактора изамеризации. На основании проведенных расчетов приняли высоту цилиндрической части реактора изамеризации $h = 7 \text{ м}$.

Вариант студента: $D = 1,8 + 0,1N \text{ мм}$; производительность реактора по изаопентану $10000 + 1000N \text{ МПа}$, где N – номер по журналу.

Практическая работа № 10

Составление материального баланса процесса получения бутадиена-1,3 дегидрированием *n*-бутенов

Цели и задачи:

1. Ознакомление с технологической схемой получения бутадиена-1,3 дегидрированием *n*-бутенов на катализаторе К-16У
2. Научиться составлять материальный баланс процесса получения бутадиена-1,3

Оборудование:

1. Технологическая схема получения бутадиена-1,3 дегидрированием *n*-бутенов на катализаторе К-16У

Раздаточный материал:

Учебник, справочная литература, МУ к ПР

Ход работы:

1. Ознакомление с технологической схемой получения бутадиена-1,3 дегидрированием *n*-бутенов на катализаторе К-16У

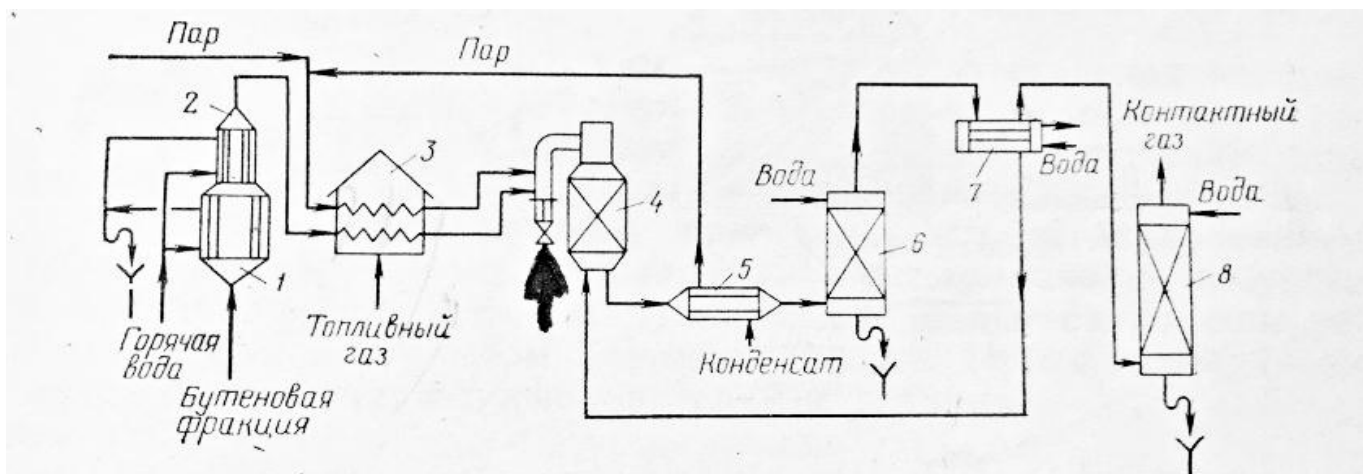


Рис. 3.9. Технологическая схема дегидрирования *n*-бутенов на катализаторе К-16У:

1 — испаритель; 2 — перегреватель; 3 — печь; 4 — реактор; 5 — котел-утилизатор; 6, 8 — скрубберы; 7 — конденсатор

2. Составить материальный баланс процесса получения бутадиена-1,3 дегидрированием *n*-бутенов на катализаторе К-16У

Исходные данные:

Годовая производительность установки по бутадиену-1,3, т	100000
Годовой фонд рабочего времени, ч	8016
Выход бутадиена-1,3, % масс.	
в расчете на разложенные <i>n</i> -бутены	80
в расчете на пропущенные <i>n</i> -бутены	17
Конверсия, %	
<i>n</i> -бутенов	21

изобутилена	2
н-бутана	1
бутадиена-1,3	40
Состав бутан-бутеновой фракции, поступающей на разложение, % масс.	
C ₃ H ₈	0,1
C ₄ H ₆	0,8
изо-C ₄ H ₈	7,0
н-C ₄ H ₈	78,2
C ₄ H ₁₀	13,2
C ₅ и выше	0,7
Потери бутадиена-1,3 на стадиях дегидрирования и газоразделения, % масс.	4,5
Состав продуктов разложения, % масс.	
H ₂	3,5
CH ₄	2,5
C ₂ H ₄	1,6
C ₂ H ₆	0,6
C ₃ H ₆	2,0
C ₃ H ₈	0,5
C ₄ H ₆	77,3
C ₅ и выше	2,6
C в CO ₂	8,0
кокс	1,4

Решение

1. Определяем часовую производительность по бутадиену-1,3

$$N_{\text{час}} = \frac{N_{\text{год}} \times 1000}{T_{\text{эф}}},$$

где $N_{\text{год}}$ - годовая производительность по бутадиену-1,3, т/год;
 $T_{\text{эф}}$ - годовой фонд рабочего времени, ч.

$$N_{\text{час}} = \frac{100000 \times 1000}{8016} = 12475,1 \text{ кг/ч}$$

2. Определяем часовую производительность с учетом потерь

$$N_{\text{факт}} = \frac{N_{\text{час}} \times (100 + \Pi)}{100},$$

где Π - потери бутадиена-1,3, % масс.

$$N_{\text{факт}} = \frac{12475,1 \times (100 + 4,5)}{100} = 13036,4 \text{ кг/ч}$$

3. Определяем загрузку реактора по н-бутенам

$$N^3 = \frac{N_{\text{факт}} \times 100}{B},$$

где B – выход бутадиена-1,3 в расчете на пропущенные н-бутены, % масс.

$$N^3 = \frac{13036,4 \times 100}{17} = 76684,7 \text{ кг/ч}$$

4. Определяем загрузку реактора с учетом примесей

$$N^3_T = \frac{N_3 \times 100}{X_{\text{н-С4Н8}}},$$

где $X_{\text{н-С4Н8}}$ – содержание н-бутенов в бутан-бутеновой фракции, % масс.

$$N^3 = \frac{76684,7 \times 100}{78,2} = 98062,3 \text{ кг/ч}$$

5. Определяем состав и количество н-бутеновой фракции

Табл. 10.1

Компонент	% масс.	кг/ч	кмоль/ч.
C ₃ H ₈	0,1	98,1	2,2
C ₄ H ₆	0,8	784,5	14,5
нзо-C ₄ H ₈	7,0	6864,4	122,6
н-C ₄ H ₈	78,2	76684,7	1369,4
C ₄ H ₁₀	13,2	12944,2	223,2
C ₅ и выше	0,7	686,4	9,5
Всего	100,0	98062,3	1741,4

6. Рассчитываем количество разложившегося и неразложившегося сырья

Табл. 10.2

Вид сырья	Разложилось	Не разложилось
Бутадиен-1,3	$784,5 \times 0,4 = 313,8$	$784,5 - 313,8 = 470,7$
изо-бутен	$6864,4 \times 0,02 = 137,3$	$6864,4 - 137,3 = 6727,1$
н-бутен	$76684,7 \times 0,21 = 16103,8$	$76684,7 - 16103,8 = 60580,9$
Бутаны	$12944,2 \times 0,01 = 129,4$	$12944,2 - 129,4 = 12814,8$
Всего	16684,3	80593,8

7. Определяем состав и количество продуктов разложения

Табл. 10.3

Вещество	% масс.	кг/ч
H ₂	3,5	583,9
CH ₄	2,5	417,1
C ₂ H ₄	1,6	266,9
C ₂ H ₆	0,6	100,1
C ₃ H ₆	2,0	33,7
C ₃ H ₈	0,5	83,4
C ₄ H ₆	77,3	12897,0
C ₅ и выше	2,6	433,8
C в CO ₂	8,0	1334,7
кокс	1,4	233,6
Всего	100,0	16684,3

8. Определяем количество водяного пара на разбавление

По производственным условиям водяной пар на разбавление подается в мольном соотношении 11 : 1 к сырью

$$m_{\text{в.п}} = m_{\text{C}_4\text{H}_8} \times n \times 18 = 1741,4 \times 11 \times 18 = 344797,2 \text{ кг/ч},$$

где 18 - молекулярная масса водяного пара, кг/ч.

9. Определяем количество прореагировавшей воды

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{C в CO}_2} \times 18 \times 2}{12} = \frac{1334,7 \times 18 \times 2}{12} = 4004,1 \text{ кг/ч}$$

10. Количество водяного пара, выходящее с контактными газами, составит

$$344797,2 - 4004,1 = 340788,1 \text{ кг/ч}$$

11. Определяем количество образовавшегося водорода

$$m_{\text{H}_2} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}} \times 2}{18} = \frac{4004,1 \times 2}{18} = 444,8 \text{ кг/ч}$$

12. Всего водорода выходит из реактора (сумма H₂ из табл.3 и образовавшегося)

$$583,9 + 444,8 = 1028,7 \text{ кг/ч}$$

13. Определяем количество CO₂

$$m_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{C в CO}_2} \times 44}{12} = \frac{1334,7 \times 44}{12} = 4893,9 \text{ кг/ч}$$

14. Определяем количество кислорода в CO₂

$$m_{\text{O}_2} = m_{\text{CO}_2} - m_{\text{C в CO}_2} = 4893,9 - 1334,7 = 3559,2 \text{ кг/ч}$$

15. Составляем таблицу материального баланса

Табл. 10.4

**Материальный баланс процесса получения бутадиена-1,3 дегидрированием
н-бутенов**

Приход	кг/ч	% масс.	Расход	кг/ч	% масс.
ББФ, в т.ч	98062,3	22,2	Контактные газы, в т.ч	105543,2	100,0
C ₃ H ₈	98,1		H ₂	1028,7	0,23
C ₄ H ₆	784,5		CH ₄	417,4	0,09
изо-C ₄ H ₈	6864,4		C ₂ H ₄	266,9	0,06
н-C ₄ H ₈	76684,7		C ₃ H ₆	100,1	0,04
н-C ₄ H ₁₀	12944,2		C ₃ H ₆	333,7	0,07
C ₅ и выше	686,4		C ₃ H ₈	181,5	0,05
Водяной пар	344792,2	77,8	C ₄ H ₆	13367,7	3,02
			изо-C ₄ H ₈	6727,1	1,52
			н-C ₄ H ₈	60580,9	13,68
			C ₄ H ₁₀	12814,8	2,89
			C ₅ и выше	1120,2	0,25
			CO ₂	4893,9	1,10
			Кокс	233,6	0,05
			Водяной пар	340788,1	76,95
Всего	442854,5	100,0	Всего	442854,5	100,0

Вывод: Ознакомились с технологической схемой процесса получения бутадиена-1,3 дегидрированием н-бутенов на катализаторе К-16У и составили материальный баланс процесса.

Вариант студента: Годовая производительность по бутадиену-1,3 $100000 + 1000N$ т; годовой фонд рабочего времени, $8000 + 10N$ ч, где N - номер по журналу.

Практическая работа № 11

Составление материального и теплового балансов процесса получения циклогексана

Цели и задачи:

1. Ознакомление со схемой потоков получения циклогексана
2. Научиться составлять материальный баланс процесса получения циклогексана

Оборудование:

1. Схема материальных потоков процесса получения циклогексана

Раздаточный материал:

Учебник, справочная литература, МУ к ПР

Ход работы:

1. Ознакомление со схемой потоков получения циклогексана

Рис. 11.1

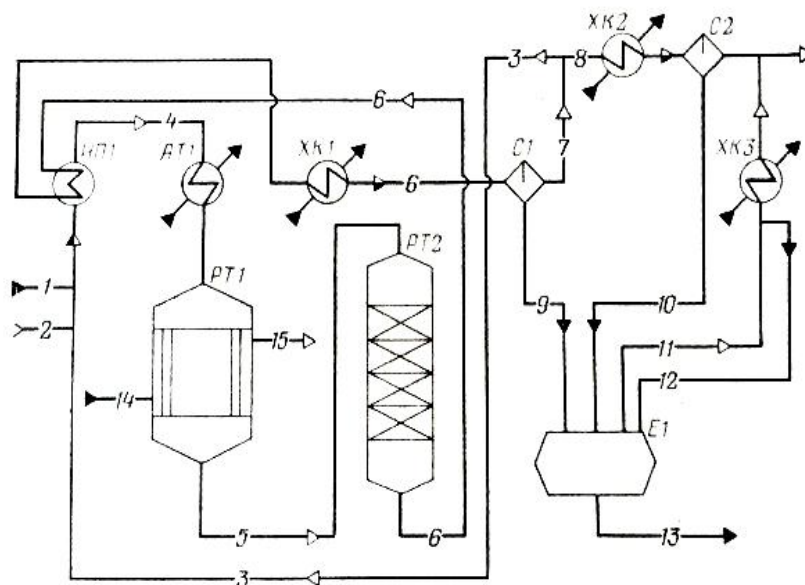


Рис. 13. Схема потоков процесса получения циклогексана:

1 — бензол; 2 — азотоводородная смесь; 3 — циркуляционный газ; 4–7 — газовая смесь; 8 — продувочные газы; 9, 10, 12 — циклогексан; 11 — танковые газы; 13 — готовый продукт; 14 — конденсат; 15 — водяной пар; ИП1 — испаритель бензола; АТ1 — подогреватель; РТ1, РТ2 — реакторы; ХК1–ХК3 — холодильники-конденсаторы; С1, С2 — сепараторы; Е1 — сборник циклогексана

2. Составить материальный баланс процесса производства циклогексана

Исходные данные:

Годовая производительность по циклогексану, т	58500
Годовой фонд рабочего времени, ч	8400
Состав технического бензола (ω_i , %)	
C_6H_6	99,91
$C_6H_5CH_3$	0,03

$C_6H_{11}CH_3$	0,03
$C_5H_9CH_3$	0,02
C_7H_{16}	0,01
Потери циклогексана с продувочными и танковыми газами, %	0,2
Объемное соотношение компонентов на входе в реактор первой ступени	
$H_2 : N_2 : C_6H_6$	5,5 : 2,5 : 1,0
Степень конверсии бензола в циклогексан, %:	
в реакторе первой ступени	93,2
в реакторе второй ступени	100
Температура в зоне катализа реактора первой ступени, °С	180
Давление в реакторе первой ступени, МПа	1,9
Температура конденсации, °С	35
Давление в сепараторе С1, МПа	1,7

Р е ш е н и е

Часовая производительность по циклогексану с учетом 0,2 % потерь

$$\frac{58500 \times 1000}{8400} \times 1,002 = 6978,2 \text{ кг/ч} \quad \text{или} \quad \frac{6978,2 \times 22,4}{84} = 1860,9 \text{ м}^3/\text{ч}$$

По уравнению реакции



расходуется

бензола $1860,9 \text{ м}^3/\text{ч}$ или $6479,8 \text{ кг/ч}$

водорода $3 \times 1860,9 = 5582,7 \text{ м}^3/\text{ч}$ или $498,4 \text{ кг/ч}$

Расход технического бензола

$$\frac{6479,8 \times 100}{99,91} = 6485,6 \text{ кг/ч}$$

Рассчитываем состав технического бензола по компонентам

Табл. 11.1

Состав технического бензола

	C_6H_6	$C_6H_5CH_3$	$C_6H_{11}CH_3$	$C_5H_9CH_3$	C_7H_{16}	Σ
$\omega_i, \%$	99,91	0,03	0,03	0,02	0,01	100,00
$m_t, \text{ кг/ч}$	6479,80	1,95	1,95	1,30	0,60	6485,6
$M_0, \text{ кг/кмоль}$	78	92	98	84	100	-
$V_t, \text{ м}^3/\text{ч}$	1860,9	0,5	0,4	0,3	0,1	1862,2

В соответствии с заданным объемным отношением компонентов в реактор первой ступени подают

водорода $1860,9 \times 5,5 = 10235,0 \text{ м}^3/\text{ч}$

азота $1860,9 \times 2,5 = 4652,2 \text{ м}^3/\text{ч}$

остается водорода в циркуляционном газе после реактора второй ступени

$$10235,9 - 5582,7 = 4652,3 \text{ м}^3/\text{ч}$$

выходит после реактора первой ступени азотоводородной смеси

$$4652,2 + 4652,3 = 9304,5 \text{ м}^3/\text{ч}$$

По [5], с. 210 объемная доля циклогексана в циркуляционном газе с учетом частичной конденсации циклогексана из газовой смеси при данных условиях

$$\varphi = 1,2 \%$$

Пренебрегая для упрощения расчета растворимостью азота и водорода в циклогексане, находим количество циклогексана в газовой смеси на входе в реактор первой ступени

$$9304,5 \times 1,2$$

$$\frac{\dots}{100 - 1,2} = 113,0 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ или } 423,8 \text{ кг/ч}$$

Состав газовой смеси на входе в реактор первой ступени определяем, суммируя количество компонентов в потоке 1 и рассчитанные количества циклогексана, водорода и азота. Органические соединения, содержащиеся в техническом бензоле в количестве $0,5+0,4+0,3+0,1=1,3 \text{ м}^3/\text{ч}$ или $1,95+1,95+1,30+0,60=5,80 \text{ кг/ч}$, в дальнейшем расчете объединяем под названием «Примеси».

Табл. 11.2

Состав газовой смеси на входе в реактор первой ступени (поток 4)

	C ₆ H ₆	C ₆ H ₁₂	H ₂	N ₂	Примеси	Σ
V _τ , м ³ /ч	1860,9	113,0	10235,0	4652,2	1,3	16802,4
φ _i , %	11,03	0,67	60,70	27,59	0,01	100,00
m _τ , кг/ч	6479,8	423,8	913,8	5815,2	5,8	13638,4
ω _i , %	47,51	3,11	6,70	42,64	0,04	100,00

Степень конверсии бензола в реакторе первой ступени равна 0,932, следовательно, реагирует

$$\text{бензола } 1860,9 \times 0,932 = 1734,4 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{водорода } 1734,4 \times 3 = 5203,2 \text{ м}^3/\text{ч}$$

образуется циклогексана $1734,4 \text{ м}^3/\text{ч}$

Рассчитываем состав газовой смеси на выходе из реактора первой ступени (поток 5)

$$\text{C}_6\text{H}_6 = 1860,9 - 1734,4 = 126,5 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{C}_6\text{H}_{12} = 113,0 + 1734,4 = 1847,4 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{H}_2 = 10235,0 - 5203,2 = 5031,8 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{N}_2 - 4652,2 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{Примеси} - 1,3 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Результаты сводим в таблицу

Табл. 11.3

Состав газовой смеси на выходе из реактора первой ступени (поток 5)

	C ₆ H ₆	C ₆ H ₁₂	H ₂	N ₂	Примеси	Σ
V _τ , м ³ /ч	126,5	1847,4	5031,8	4652,2	1,3	11659,2
φ _i , %	1,09	15,84	43,16	39,90	0,01	100,00
m _τ , кг/ч	440,5	6927,7	449,2	5815,2	5,8	13638,4
ω _i , %	3,23	50,80	3,29	42,64	0,04	100,00

В реакторе второй ступени реагирует $126,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ бензола, расходуется $3 \times 126,5 = 379,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ водорода и образуется $126,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ циклогексана; остается $5031,8 - 379,5 = 4652,3 \text{ м}^3/\text{ч}$ водорода.

Количество циклогексана на выходе из реактора второй ступени

$$1847,4 + 126,5 = 1973,9 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Количество газовой смеси на выходе из реактора второй ступени (поток 6)

$$1973,9 + 4652,3 + 1,3 = 11279,7 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Потери циклогексана с продувочными и танковыми газами составляют 0,2 % или $1860,9 \times 0,002 = 3,7 \text{ м}^3/\text{ч}$; возвращается в реактор первой ступени $113,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ циклогексана.

Количество циклогексана, конденсирующегося в сепараторе С1

$$1973,9 - 3,7 - 113,0 = 1857,2 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ или } 6964,2 \text{ кг/ч}$$

Растворимость компонентов газа в циклогексане при температуре $35 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлении 10^5 Па : H₂ - $120 \text{ м}^3/\text{т}$, N₂ - $0,250 \text{ м}^3/\text{т}$.

В циклогексане при давлении $17 \times 10^5 \text{ Па}$ растворяется

$$\text{водорода } 0,120 \times 17,0 \times 6,964 = 14,2 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ или } 1,3 \text{ кг/ч}$$

$$\text{азота } 0,250 \times 17,0 \times 6,964 = 29,6 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ или } 37,0 \text{ кг/ч}$$

Всего из сепаратора С1 выходит жидкой фазы (поток 9)

$$1857,2 + 14,2 + 29,6 + 1,3 = 1902,3 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ или } 7008,3 \text{ кг/ч}$$

Рассчитываем состав газовой смеси после сепаратора С1 (поток 7)

Табл. 11.4

Состав газовой смеси после сепаратора С1 (поток 7)

	$V_t, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\varphi_i, \%$
C_6H_{12}	$1973,9 - 1857,2 = 116,7$	1,24
H_2	$4652,3 - 14,2 = 4638,1$	49,46
N_2	$4652,2 - 29,6 = 4622,6$	49,30
Σ	9377,4	100,00

По составу потока 7 рассчитываем состав продувочных газов (поток 8)

Табл. 11.5

Состав продувочных газов (поток 8)

	$V_t, \text{ м}^3/\text{ч}$
C_6H_{12}	3,7
H_2	$3,7 \times 49,46 / 1,24 = 147,6$
N_2	$3,7 \times 49,30 / 1,24 = 147,1$
Σ	298,4

Определяем состав циркуляционного газа (поток 3)

Табл. 11.6

Состав циркуляционного газа (поток 3)

	$V_t, \text{ м}^3/\text{ч}$
C_6H_{12}	113,0
H_2	$4638,1 - 147,6 = 4490,5$
N_2	$4622,6 - 147,1 = 4475,5$
Σ	9079,0

Расход свежей азотоводородной смеси должен компенсировать затраты водорода на реакцию гидрирования, потери азотоводородной смеси при продувке и на растворение в циклогексане.

Табл. 11.7

Состав свежей азотоводородной смеси (поток 2)

	$V_t, \text{ м}^3/\text{ч}$
H_2	$5582,7 + 147,6 + 14,2 = 5744,5$
N_2	$29,6 + 147,1 = 176,7$
Σ	5921,2

Продувочные газы охлаждаются в холодильнике-конденсаторе ХК2 при температуре 10 °С. При этих условиях объемная доля циклогексана в газе после холодильника-конденсатора составляет ([5], с. 213) 0,37 %.

Количество водорода и азота в продувочных газах

$$298,4 - 3,7 = 294,7 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Количество циклогексана в продувочных газах после холодильника-конденсатора ХК2 и сепаратора С2

$$\frac{294,7 \times 0,37}{100 - 0,37} = 1,1 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ или } 4,2 \text{ кг/ч}$$

Количество циклогексана, поступающего из сепаратора С2 в сборник Е1

$$3,7 - 1,1 = 2,6 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ или } 9,8 \text{ кг/ч}$$

Сбрасывают на факел газа (из сепаратора С2)

$$294,7 + 1,1 = 295,8 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Растворенные в циклогексане азот и водород отделяются при дросселировании. Образуются танковые газы, объемная доля циклогексана в которых составляет ([5], с. 214) 10,20 %.

Количество циклогексана в танковых газах

$$\frac{(14,2+29,6) \times 10,20}{100 - 10,20} = 5,0 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ или } 18,8 \text{ кг/ч}$$

Количество танковых газов (поток 11)

$$14,2 + 29,6 + 5,0 = 48,8 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Общие потери циклогексана составляют $6978,2 \times 0,002 = 14$ кг/ч, потери с продувочными газами - 4,2 кг/ч, следовательно, с газами дросселирования после их охлаждения в холодильнике-конденсаторе ХКЗ теряется

$$14,0 - 4,2 = 9,8 \text{ кг/ч} \text{ или } 2,6 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Возвращается в сборник Е1 (поток 12)

$$18,8 - 9,8 = 9,0 \text{ кг/ч} \text{ или } 5,0 - 2,6 = 2,4 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Сбрасывают в атмосферу после холодильника-конденсатора ХКЗ

$$48,8 - 2,4 = 46,4 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Сбрасывают газа на факел

$$295,8 + 46,4 = 342,2 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Составляем материальный баланс получения циклогексана

Табл. 11.8

Материальный баланс процесса получения циклогексана

Приход	м ³ /ч	кг/ч	Расход	м ³ /ч	кг/ч
Бензол технический	1862,2	6485,6	Циклогексан технический	1858,5	6970,0
бензол	1860,9	6479,80	циклогексан	1857,2	6964,2
толуол	0,5	1,95	толуол	0,5	1,95
метилцикло-гексан	0,4	1,95	метилцикло-гексан	0,4	1,95
метилцикло-пентан	0,3	1,3	метилцикло-пентан	0,3	1,3
н-гептан	0,1	0,6	н-гептан	0,1	0,6
			Продувочные газы	295,8	201,3
			азот	147,1	183,9
Азотоводородная смесь	5921,2	733,8	водород	147,6	13,2
азот	176,7	220,9	циклогексан	1,1	4,2
водород	5744,5	512,9	Танковые газы	46,4	48,1
Циркуляционный газ	9079,0	6419,1	азот	29,6	37,0
азот	4475,5	5594,4	водород	14,2	1,3
водород	4490,5	400,9	циклогексан	2,6	9,8
циклогексан	113,0	423,8	Циркуляционный газ	9079,0	6419,1
			азот	4475,5	5594,4
			водород	4490,5	400,9
			циклогексан	113,0	423,8
Всего	16862,4	13638,5	Всего	11279,7	13638,5

Тепловые расчеты и тепловой баланс

Состав потоков 4 и 5 см. Материальный баланс

Дополнительные данные

Температура, °С	
на входе в реактор	135
на выходе из реактора	180
Давление насыщенного водяного пара, МПа	0,6

Решение

Записываем в общем виде уравнение теплового баланса реактора

$$\Phi_1 + \Phi_2 = \Phi_3 + \Phi_4 + \Phi_{\text{пот}},$$

где Φ_1, Φ_3 - тепловые потоки газовой смеси на входе в реактор и на выходе из него соответственно, кВт; Φ_2 - теплота экзотермической реакции, кВт; Φ_4 - теплота, отводимая конденсатом, кВт; $\Phi_{\text{пот}}$ – теплопотери в окружающую среду, кВт.

Определяем значения Φ_1 и Φ_5 , предварительно рассчитывая средние объемные теплоемкости газовой смеси на входе в реактор ($t = 135$ °С) и выходе ($t = 363$ °С) из него

Табл. 11.9

Расчет средних объемных теплоемкостей газовой смеси

компонент	T = 135 + 273 = 408 К			T = 180 + 273 = 453 К		
	$\phi_i, \%$	$C_i,$ Дж/(моль×К)	$C_i \times$ $\phi_i / (22,4 \times 100),$ кДж/(м ³ ×К)	$\phi_i, \%$	$C_i,$ Дж/(моль×К)	$C_i \times$ $\phi_i / (22,4 \times 100),$ кДж/(м ³ ×К)
C ₆ H ₆ +примеси	11,04	113,88	0,5613	1,10	125,30	0,0615
C ₆ H ₁₂	0,67	154,30	0,0462	15,84	172,33	1,2187
H ₂	60,70	28,91	0,7834	43,16	29,00	0,5588
N ₂	27,59	29,02	0,3649	39,90	29,81	0,5310
∑	100,00	-	1,7558	100,00	-	2,3700

Тепловой поток газовой смеси на входе в реактор

$$\Phi_1 = \frac{16862,4}{2 \times 3600} \times 1,7558 \times 135 = 555,13 \text{ кВт}$$

Определяем теплоту реакции гидрирования бензола

$$q_p = - [\Delta H_{298}^0(\text{кон}) - \Delta H_{298}^0(\text{исх.})] = - [-123,14 - 82,93] = 206,07 \text{ кДж/моль}$$

Определяем количество теплоты, выделяющейся за счет экзотермической реакции

$$\Phi_2 = \frac{6927,7 - 423,8}{2 \times 3600 \times 84} \times 206,07 \times 10^3 = 2215,28 \text{ кВт},$$

где 6927,7 и 423,8 - количество циклогексана на входе и выходе, кг/ч.

Определяем тепловой поток газовой смеси на выходе из реактора

$$\Phi_3 = \frac{11659.2}{2 \times 3600} \times 2,3700 \times 180 = 690,81 \text{ кВт}$$

Принимаем, что теплотери в окружающую среду составляют 5 % от общего прихода теплоты и рассчитываем $\Phi_{\text{пот}}$

$$\Phi_{\text{пот}} = 0,05 \times (555,13 + 2215,28) = 138,52 \text{ кВт}$$

Теплоту, отводимую кипящим конденсатом, находим из общего уравнения теплового баланса

$$\Phi_4 = 555,13 + 2215,28 - 690,81 - 138,52 = 1941,08 \text{ кВт}$$

Составляем тепловой баланс реактора первой ступени

Табл. 11.10

Тепловой баланс реактора первой ступени

Приход	кВт	%	Расход	кВт	%
Тепловой поток газовой смеси	555,13	20,0	Тепловой поток газовой смеси	690,81	24,9
Теплота экзотермических реакций	2215,28	80,0	Теплота, отводимая кипящим конденсатом	1941,08	70,1
			Теплотери в окружающую среду	138,52	5,0
Всего	2770,41	100,0	Всего	2770,41	100,0

Вывод: Ознакомились со схемой потоков процесса получения циклогексана и составили материальный баланс процесса.

Вариант студента: Годовая производительность по циклогексану $58500 + 1000N$ т; годовой фонд рабочего времени, $8400 - 100N$ ч, где N – номер по журналу.

Практическая работа № 12
Составление теплового баланса процесса получения бутадиена-1,3
дегидрированием н-бутенов

Для проведения тепловых расчетов и составления теплового баланса составляем таблицу материальных потоков на входе и выходе из аппарата (данные по материальным потокам берутся из ПР № 10)

Табл. 12.1

Таблица материальных потоков на входе и выходе из аппарата

Вход в реактор					Выход из реактора				
в-во	кг/ч	кг/с	с, Дж/кг·К	t _{вх}	в-во	кг/ч	кг/с	с, Дж/кг·К	t _{вых}
ББФ, в т.ч.					КГ, в т.ч.				
C ₃ H ₈	98,1	0,03	1671	430	H ₂	1028,7	0,29	14415	550
C ₄ H ₆	784,5	0,22	1473	430	CH ₄	417,1	0,12	2232	550
продолжение табл. 2.4.1									
изо- C ₄ H ₈	6864,4	1,91	1529	430	C ₂ H ₄	266,9	0,07	1556	550
					C ₂ H ₆	100,1	0,03	1755	550
н- C ₄ H ₈	76684,7	21,3	1529	430	C ₃ H ₆	333,7	0,09	1521	550
C ₄ H ₁₀	12944,2	3,6	1680	430	C ₃ H ₈	181,5	0,05	1671	550
C ₅ и выше	686,4	0,19	1670	430	C ₄ H ₆	13367,7	3,71	1473	550
Вод. пар	344792,2	95,78	2189	750	изо-C ₄ H ₈	6727,1	1,87	1529	550
					н-C ₄ H ₈	60580,9	16,83	1529	550
					C ₄ H ₁₀	12814,8	3,56	1680	550
					C ₅ и выше	1120,2	0,32	1670	550
					CO ₂	4893,9	1,36	843	550
					Кокс	233,6	0,06	712	550
Вод. пар	340788,1	94,66	2189	550					
Σ	442854,5	123,03			Σ	442854,5	123,02		

Получение бутадиена-1,3 протекает по реакции



1. Уравнение теплового баланса для реактора-дегидратора

$$Q_1 + Q_{\text{в.п}} = Q_2 + Q_{\text{р}} + Q_{\text{пот}} ,$$

где Q_1 - тепловой поток ББФ на входе в реактор, кВт;
 $Q_{\text{в.п}}$ - тепловой поток перегретого водяного пара на входе в реактор, кВт;
 Q_2 - тепловой поток контактного газа на выходе из реактора, кВт;
 $Q_{\text{р}}$ - теплота эндотермической реакции, кВт;
 $Q_{\text{пот}}$ - потери в окружающую среду, кВт.

2. Определяем тепловой эффект реакции

$$\Delta H^0_{298} = \Sigma \Delta H^0_{298}(\text{н-C}_4\text{H}_8) - \Sigma \Delta H^0_{298}(\text{C}_4\text{H}_6),$$

$$\Delta H^0_{298}(\text{н-C}_4\text{H}_8) = -0,13 \text{ кДж/моль.}$$

$$\Delta H^0_{298}(\text{C}_4\text{H}_6) = 110,16 \text{ кДж/моль.}$$

$$\Delta H^0_{298} = -0,13 - 110,16 = -110,29 \text{ кДж/моль.}$$

Т.к. реакция является эндотермической, то знак теплового эффекта меняется на противоположный

2. Определяем теплоту эндотермической реакции

$$Q_p = \frac{q \times m \times 1000}{3600 \times M},$$

где q - тепловой эффект реакции, кДж/моль;

m - производительность по целевому продукту, кг/ч;

M - молекулярная масса целевого продукта, кг/кмоль;

100, 3600 - переводные коэффициенты.

$$Q_p = \frac{110,29 \times 13367,7 \times 1000}{3600 \times 54} = 7584 \text{ кВт},$$

3. Определяем количество теплоты, вносимое в аппарат каждым компонентом

$$Q_1 = m_{\text{вх}} \times c \times t,$$

где $m_{\text{вх}}$ - массовый расход входящего компонента, кг/в

c - удельная теплоемкость компонента, Дж/кг·К;

t - температура на входе в аппарат, °С.

$$Q_{\text{C}_3\text{H}_8} = 0,03 \times 1671 \times 430 = 21,6 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{C}_4\text{H}_6} = 0,22 \times 1473 \times 430 = 139,3 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{изо-C}_4\text{H}_8} = 1,91 \times 1529 \times 430 = 1255,8 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{н-C}_4\text{H}_8} = 21,3 \times 1529 \times 430 = 14004,1 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{C}_4\text{H}_{10}} = 3,6 \times 1680 \times 430 = 2600,6 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{C}_5 \text{ и выше}} = 0,19 \times 1670 \times 430 = 136,4 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{в.п}} = 95,78 \times 2189 = 209662,4 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{прих}} = 21,6 + 139,3 + 1255,8 + 14004,1 + 2600,6 + 136,4 + 209662,4 = 227820,2 \text{ кВт}$$

5. Определяем количество теплоты, уносимой из аппарата каждым компонентом

$$Q_{\text{выгр}} = m \times c \times t_{\text{вых}},$$

где m - массовый расход выходящего компонента, кг/с;

c - удельная теплоемкость компонента, Дж/кг·К;

$t_{\text{вых}}$ - температура на выходе из аппарата, °С.

$$\begin{aligned}
Q_{H_2} &= 0,29 \times 14415 \times 550 = 2299,2 \text{ кВт} \\
Q_{CH_4} &= 0,12 \times 2232 \times 550 = 147,3 \text{ кВт} \\
Q_{C_2H_4} &= 0,07 \times 1556 \times 550 = 59,9 \text{ кВт} \\
Q_{C_2H_6} &= 0,03 \times 1755 \times 550 = 25,7 \text{ кВт} \\
Q_{C_3H_6} &= 0,09 \times 1521 \times 550 = 75,3 \text{ кВт} \\
Q_{C_3H_8} &= 0,05 \times 1671 \times 550 = 46,0 \text{ кВт} \\
Q_{C_4H_6} &= 3,71 \times 1473 \times 550 = 3005,7 \text{ кВт} \\
Q_{\text{изо-C}_4\text{H}_8} &= 1,87 \times 1529 \times 550 = 1572,6 \text{ кВт} \\
Q_{\text{н-C}_4\text{H}_8} &= 16,83 \times 1529 \times 550 = 14153,2 \text{ кВт} \\
Q_{C_4H_{10}} &= 3,56 \times 1680 \times 550 = 3289,4 \text{ кВт} \\
Q_{C_5 \text{ и выше}} &= 0,32 \times 1670 \times 550 = 293,9 \text{ кВт} \\
Q_{CO_2} &= 1,36 \times 843 \times 550 = 630,6 \text{ кВт} \\
Q_{\text{кокс}} &= 0,06 \times 712 \times 550 = 23,5 \text{ кВт} \\
Q_{\text{в.п}} &= 94,66 \times 2189 = 207210,7 \text{ кВт}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q_2 &= 2299,2 + 147,3 + 59,9 + 25,7 + 75,3 + 46,0 + 3005,7 + \\
&+ 1572,6 + 14153,2 + 3289,4 + 293,9 + 630,6 + 23,5 + 207210,7 = 232833,0 \text{ кВт}
\end{aligned}$$

6. Определяем количество тепла, которое необходимо подвести к аппарату для компенсации тепловых потерь

$$Q_k = Q_2 - Q_{\text{прих}} + Q_p = 232833,0 - 227820,2 + 7584 = 12596,8 \text{ кВт}$$

7. Составляем таблицу теплового баланса

Табл. 12.2

**Тепловой баланс процесса получения бутадиена-1,3 дегидрированием
н-бутенов**

Приход	Вт	%	Расход	Вт	%
Тепловой поток ББФ	18157,8	7,6	Тепловой поток контактных газов	232833,0	96,6
Тепловой поток водяного пара	209662,4	87,2	Теплота эндотермической реакции	7584,0	3,4
Тепловой поток на компенсацию	12596,8	5,2			
Всего	240417,0	100,0	Всего	240417,0	100,0

Практическая работа № 13

Составление материального баланса процесса получения бутадиена-1,3 одностадийным дегидрированием н-бутана

Цели и задачи:

1. Ознакомление с технологической схемой получения бутадиена-1,3 одностадийным дегидрированием н-бутана
2. Научиться составлять материальный баланс процесса

Оборудование:

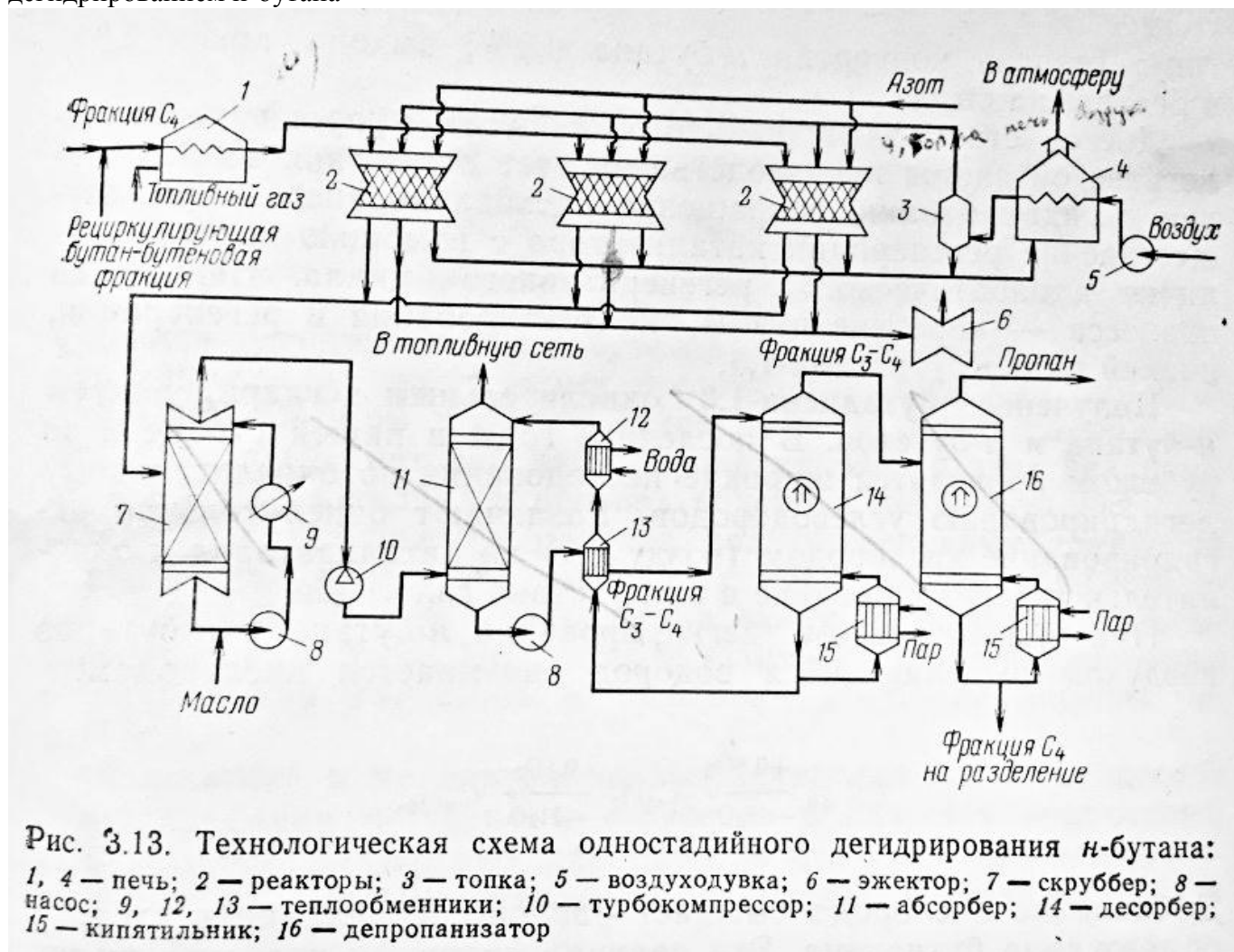
1. Технологическая схема получения бутадиена-1,3 одностадийным дегидрированием н-бутана

Раздаточный материал:

Учебник, справочная литература, МУ к ПР

Ход работы:

1. Ознакомление с технологической схемой получения бутадиена-1,3 одностадийным дегидрированием н-бутана



2. Составить материальный баланс процесса получения бутадиена-1,3 одностадийным дегидрированием н-бутана

Исходные данные:

Годовая производительность установки по бутадиену-1,3, т	100000
Годовой фонд рабочего времени, ч	8200
Расходный коэффициент по бутанолу на 1 т бутадиена-1,3	2,05
Конверсия, %	
н-бутана - 40	
изобутана - 46	
бутадиена-1,3 - 40	
Состав свежей бутановой фракции, % масс.	
изо-C ₄ H ₁₀	0,6
н-C ₄ H ₁₀	99,0
C ₅ и выше	0,4
Состав рециркулирующей бутан-бутеновой фракции, % масс.	
C ₃ H ₆	0,1
C ₃ H ₈	0,1
C ₄ H ₆	0,5
изо-C ₄ H ₈	5,0
н-C ₄ H ₈	45,0
изо-C ₄ H ₁₀	3,0
н-C ₄ H ₁₀	46,1
C ₅ и выше	0,2
Состав продуктов разложения, % масс.	
H ₂	5,0
CH ₄	9,0
C ₂ H ₄	5,0
C ₂ H ₆	5,2
C ₃ H ₆	9,3
C ₃ H ₈	4,2
C ₄ H ₆	52,0
изо-C ₄ H ₈	4,0
н-C ₄ H ₈	1,3
C ₅ и выше	1,0
C в CO	0,5
C в CO ₂	0,5
кокс	3,0

Решение

1. Определяем часовую производительность по бутадиену-1,3

$$N_{\text{час}} = \frac{N_{\text{год}} \times 1000}{T_{\text{эф}}},$$

где $N_{\text{год}}$ - годовая производительность по бутадиену-1,3, т/год;
 $T_{\text{эф}}$ - годовой фонд рабочего времени, ч.

$$N_{\text{час}} = \frac{100000 \times 1000}{8200} = 18195,1 \text{ кг/ч}$$

2. Определяем количество свежего н-бутана

$$G^{cb}_{n-C_4H_{10}} = G \times K_p$$

где G - часовая производительность по бутадиену-1,3, т;
 K_p - расходный коэффициент по бутану.

$$G^{cb}_{n-C_4H_{10}} = G \times K_p = 12195,1 \times 2,05 = 25000 \text{ кг/ч}$$

3. Определяем загрузку реактора

$$G^3 = \frac{G^{cb}_{n-C_4H_{10}}}{K_{n-C_4H_{10}}},$$

где $G^{cb}_{n-C_4H_{10}}$ - количество свежего н-бутана, кг/ч;
 $K_{n-C_4H_{10}}$ - конверсия н-бутана, %.

$$G^3 = \frac{25000 \times 100}{40} = 62500 \text{ кг/ч}$$

4. Определяем количество рециркулирующего н-бутана

$$G^{rec}_{n-C_4H_{10}} = G^3 - G^{cb}_{n-C_4H_{10}}$$

где G - часовая производительность по бутадиену-1,3, т;
 K_p - расходный коэффициент по бутану.

$$G^{rec}_{n-C_4H_{10}} = 62500 - 25000 = 37500 \text{ кг/ч}$$

5. Определяем количество свежей технической бутан-бутеновой фракции

$$G_{св. т} = \frac{G^{cb}_{n-C_4H_{10}} \times 100}{X^{cb}_{n-C_4H_{10}}},$$

где $G^{cb}_{n-C_4H_{10}}$ - количество свежего н-бутана, кг/ч;
 $X^{cb}_{n-C_4H_{10}}$ - количество н-бутана в технической бутан-бутеновой фракции

$$G = \frac{25000 \times 100}{99} = 25252,5 \text{ кг/ч}$$

6. Определяем количество рециркулирующей технической бутан-бутеновой фракции

$$G_{rec. т} = \frac{G_{св. н-C_4H_{10}} \times 100}{X^{cb}_{n-C_4H_{10}}},$$

где $G^{cb}_{n-C_4H_{10}}$ - количество рециркулирующего н-бутана, кг/ч;

$X_{\text{н-С}_4\text{H}_{10}}^{\text{св}}$ - количество н-бутана в рециркулирующей технической бутан-бутеновой фракции

$$G_{\text{рец. т}}^{\text{рец}} = \frac{37500 \times 100}{46,1} = 81345,0 \text{ кг/ч}$$

7. Определяем загрузку реактора техническим сырьем

$$G_{\text{т}}^3 = G_{\text{св. т}} + G_{\text{рец. т}}$$

где $G_{\text{св. т}}$ - количество свежей технической бутан-бутеновой фракции, кг/ч;

$G_{\text{рец. т}}$ - количество рециркулирующей технической бутан-бутеновой фракции, кг/ч.

$$G_{\text{т}}^3 = 25252,5 + 81345,0 = 106597,5 \text{ кг/ч}$$

8. Определяем состав и количество свежего и рециркулирующего сырья, загружаемого в реактор

Табл. 13.1

Состав и количество сырья, загружаемого в реактор

Компонент	Свежая бутан-бутеновая фракция		Рециркулирующая бутан-бутановая фракция		Загрузка реактора	
	кг/ч	% масс.	кг/ч	% масс.	кг/ч	% масс.
C_3H_6	-	-	81,3	0,1	81,3	0,1
C_3H_8	-	-	81,3	0,1	81,3	0,1
C_4H_6	-	-	406,7	0,5	406,7	0,4
н30- C_4H_8	-	-	4067,2	5,0	4067,2	3,8
н- C_4H_8	-	-	36605,2	45,0	36605,2	34,3
н30- C_4H_{10}	151,5	0,6	2440,3	3,0	2591,8	2,4
н- C_4H_8	25000,0	99,0	37500,0	46,1	62500	58,7
C_5 и выше	101,0	0,4	163,0	0,3	264,0	0,2
Всего	25253,5	100,0	81345,0	100,0	106597,5	100,0

9. Рассчитываем количество разлагающегося и не разлагающегося продукта

Табл. 13.2

Вид сырья	Разлагается	Не разлагается
Бутадиен-1,3	$406,7 \times 0,4 = 162,7$	$406,7 - 162,7 = 244,0$
Изо-бутан	$2591,8 \times 0,46 = 1192,2$	$2591,8 - 1192,2 = 1399,6$
Н-бутан	$62500,0 \times 0,4 = 25000$	$62500 - 25000 = 37500$
Всего	26354,9	34193,6

Результаты сводим в таблицу

Состав и количество продуктов разложения

Вещество	кг/ч	% масс.
H ₂	1317,7	5,0
CH ₄	2371,9	9,0
C ₂ H ₄	1317,7	5,0
C ₂ H ₆	1370,5	5,2
C ₃ H ₆	2451,0	9,3
C ₃ H ₈	1106,9	4,2
C ₄ H ₆	13704,5	52,0
изо-C ₄ H ₈	1054,2	4,0
C ₄ H ₈	342,6	1,3
C ₅ и выше	263,5	1,0
С в СО	131,8	0,5
С в СО ₂	131,9	0,5
кокс	790,6	3,0
Всего	26354,9	100,0

10. Определяем количество СО и СО₂

$$G_{\text{СО}} = \frac{G_{\text{С в СО}} \times M_{\text{СО}}}{M_{\text{С}}},$$

где $G_{\text{С в СО}}$ - количество углерода в оксиде углерода, кг/ч;
 $M_{\text{СО}}$ - молекулярная масса оксида углерода, кг/кмоль;
 $M_{\text{С}}$ - молекулярная масса углерода, кг/кмоль.

$$G_{\text{СО}} = \frac{131,8 \times 28}{12} = 307,5 \text{ кг/ч}$$

$$G_{\text{СО}_2} = \frac{G_{\text{С в СО}_2} \times M_{\text{СО}_2}}{M_{\text{С}}},$$

где $G_{\text{С в СО}_2}$ - количество углерода в диоксиде углерода, кг/ч;
 $M_{\text{СО}_2}$ - молекулярная масса диоксида углерода, кг/кмоль;
 $M_{\text{С}}$ - молекулярная масса углерода, кг/кмоль.

$$G_{\text{СО}_2} = \frac{131,9 \times 44}{12} = 438,6 \text{ кг/ч,}$$

11. Определяем степень одностадийности процесса

$$\text{Степень одностадийности, \%} = \frac{G^{\text{н-бутен}} + G^{\text{н-бутан}}}{G^{\text{н-бутен в сырье}}} \times 100$$

$$\text{Степень одностадийности, \%} = \frac{36605,2 + 342,6}{36605,2} \times 100 = 100,9$$

12. Рассчитываем выход бутадиена-1,3 в расчете на пропущенное сырье

$$B = \frac{G_{C_4H_6} \times 100}{G^3_{C_4H_8} + G^3_{C_4H_{10}}},$$

где $G_{C_4H_6}$ - количество бутадиена-1,3, кг/ч;
 $G^3_{C_4H_8}$ - количество н-бутена в загрузке, кг/кч;
 $G^3_{C_4H_{10}}$ - количество н-бутана в загрузке, кг/ч.

$$B = \frac{13704,5 \times 100}{36605,2 + 62500} = 13,8 \% \text{ масс.},$$

13. Определяем выход бутадиена-1,3 в расчете на разложенный н-бутан (селективность)

$$C = \frac{G_{C_4H_6} \times 100}{G^{CB}_{C_4H_{10}}},$$

где $G_{C_4H_6}$ - количество бутадиена-1,3, кг/ч;
 $G^{CB}_{C_4H_{10}}$ - количество свежего н-бутана, кг/ч.

$$C = \frac{13704,5 \times 100}{25000} = 57,8 \%$$

14. Определяем конверсию в расчте на загрузку (н-бутан+бутены)

$$K = \frac{G^{CB}_{н-C_4H_{10}} \times 100}{G^3_{н-C_4H_{10}} + G^3_{C_4H_8}},$$

где $G^{CB}_{н-C_4H_{10}}$ - количество свежего н-бутана, кг/ч;
 $G^3_{C_4H_8}$ - количество н-бутена в загрузке, кг/кч;
 $G^3_{н-C_4H_{10}}$ - количество н-бутана в загрузке, кг/ч.

$$K = \frac{25000 \times 100}{36605,2 + 62500} = 26,2 \%$$

15. Составляем таблицу материального баланса

Табл. 13.4

Материальный баланс процесса получения бутадиена-1,3 одностадийным дегидрированием н-бутана

Приход	кг/ч	% масс.	Расход	кг/ч	% масс.
ББФ, в т.ч			Контактные газы, в т.ч	105543,2	99,0
C ₃ H ₆	81,3	0,1	H ₂	1317,7	
C ₃ H ₈	81,3	0,1	CH ₄	2371,9	

продолжение табл. 13.4					
C ₄ H ₆	406,7	0,4	C ₂ H ₄	1317,7	
изо-C ₄ H ₈	4067,2	3,8	C ₃ H ₆	1370,5	
н-C ₄ H ₈	36605,2	34,3	C ₃ H ₆	2532,8	
изо-C ₄ H ₁₀	2691,8	2,5	C ₃ H ₈	1188,2	
н-C ₄ H ₁₀	62500,0	58,6	C ₄ H ₆	13948,5	
C ₅ и выше	264,0	0,2	изо-C ₃ H ₈	5121,5	
			н-C ₄ H ₈	36947,8	
			изо-C ₄ H ₁₀	1399,6	
			н-C ₄ H ₁₀	37500	
			C ₅ и выше	527,5	
			С в СО	131,8	0,12
			С в СО₂	131,9	0,14
Кокс	790,6	0,74			
Всего	106597,5	100,0	Всего	106597,5	100,0

Вывод: Ознакомились с технологической схемой процесса получения бутадиена-1,3 одностадийным дегидрированием н-бутана и составили материальный баланс процесса

Вариант студента: Годовая производительность по бутадиену-1,3 100000 + 1000N т; годовой фонд рабочего времени, 8200 + 10N ч, где N - номер по журналу.

Практическая работа № 14
Составление материального баланса процесса получения изооктана

Цели и задачи:

1. Ознакомление с видами и механизмом реакций алкилирования
2. Научиться составлять материальный баланс процесса

Оборудование:

1. Технологическая схема получения изооктана сернокислотным алкилированием изобутана

Раздаточный материал:

Учебник, справочная литература, МУ к ПР

Ход работы:

1. Ознакомление с видами и механизмом реакций алкилирования.
2. Составить материальный баланс процесса получения изооктана алкилированием изобутана бутенами в присутствии кислотного катализатора - H_2SO_4

Исходные данные:

Годовая производительность по изооктану, т	95040
Годовой фонд рабочего времени, ч	7920
Мольное соотношение изобутан : бутены	5 : 1
Объемное соотношение H_2SO_4 : смесь углеводородов	1 : 1
Состав сырья, % масс.:	
пропан	1,9
бутены	32,0
изобутан	35,5
н-бутан	27,6
пентан	3,0
Плотность жидкой бутан-бутиленовой фракции (ББФ), $кг/м^3$	605
Плотность жидкого изобутана, $кг/м^3$	604
Плотность серной кислоты, $кг/м^3$	1834
Температура, $^{\circ}C$	
на входе в алкилатор	2
на выходе из алкилатора	10

Р е ш е н и е

1. Определяем часовую производительность по изооктану

$$\frac{95040 \times 1000}{7920} = 12000 \text{ кг/ч}$$

2. Определяем теоретический расход ББФ

$$m_{C_4H_8} = \frac{12000 \times 56}{114} = 5895 \text{ кг/ч}$$

3. Определяем теоретический расход изобутана

$$m_{\text{изо-C}_4\text{H}_8} = \frac{12000 \times 58}{114} = 6105 \text{ кг/ч}$$

4. Определяем состав сырья

$$\text{пропан} \quad \frac{5895 \times 1,9}{32} = 350 \text{ кг/ч}$$

$$\text{бутены} \quad \frac{5895 \times 32}{32} = 5895 \text{ кг/ч}$$

$$\text{изобутан} \quad \frac{5895 \times 35,5}{32} = 6540 \text{ кг/ч}$$

$$\text{н-бутан} \quad \frac{5895 \times 27,6}{32} = 5084 \text{ кг/ч}$$

$$\text{пентан} \quad \frac{5895 \times 3,0}{32} = 553 \text{ кг/ч}$$

5. Определяем общую массу ББФ

$$m_{\text{ББФ}} = m_{\text{C}_3\text{H}_8} + m_{\text{C}_4\text{H}_8} + m_{\text{изоj-C}_4\text{H}_{10}} + m_{\text{C}_4\text{H}_{10}} + m_{\text{C}_5\text{H}_{12}} = 350 + 5895 + 6540 + 5084 + 553 = \\ = 18422 \text{ кг/ч}$$

6. Определяем объемный расход ББФ

$$V_{\text{ББФ}} = \frac{18422}{605} = 30,45 \text{ м}^3/\text{ч}$$

7. Определяем объемный расход циркулирующего изобутана, учитывая его соотношение с бутенами

$$V_{\text{изоj-C}_4\text{H}_{10}} = \frac{5895}{604} \times 5 = 49 \text{ м}^3/\text{ч}$$

8. Определяем массовый расход циркулирующего изобутана

$$m_{\text{изоj-C}_4\text{H}_{10}} = V_{\text{изоj-C}_4\text{H}_{10}} \times \rho = 49 \times 29596 \text{ кг/ч}$$

9. Определяем объемный расход серной кислоты, учитывая ее соотношение со смесью углеводородов

$$V_{H_2SO_4} = (V_{ББФ} + V_{\text{изоj-C}_4\text{H}_{10}}) \times 1 = (30,45 + 49) \times 1 = 79,5 \text{ м}^3/\text{ч}$$

10. Определяем массовый расход серной кислоты

$$m_{H_2SO_4} = V_{H_2SO_4} \times \rho = 79,5 \times 1834 = 145803 \text{ кг/ч}$$

11. Определяем массовый расход непрореагировавшего изобутана

$$m_{\text{изоj-C}_4\text{H}_{10}} = 6540 - 6105 = 435 \text{ кг/ч}$$

12. Составляем таблицу материального баланса

Табл. 13.1

Материальный баланс процесса получения изооктана

Приход	% масс.	кг/ч	Расход	% масс.	кг/ч
ББФ, в т.ч.	9,5	18422	Алкилат, в т.ч.	9,3	18072
пропан		350	н-бутан		5084
изобутан		6540	пентан		553
н-бутан		5084	изооктан		12000
бутены		5895	непрореагировавший изобутан		435
пентан		553	Циркулирующий изобутан	15,3	29596
Циркулирующий изобутан	15,3	29596	Серная кислота	75,3	145803
Серная кислота	75,2	145803	Пропан	0,1	350
Всего	100	193821	Всего	100	193821

Вывод: Ознакомились с видами и механизмом реакций алкилирования и составили материальный баланс процесса получения изооктана

Вариант студента: Годовая производительность по изооктану $90000 + 1000N$ т; годовой фонд рабочего времени, $7800 + 10N$ ч, где N - номер по журналу

Практическая работа № 14
**Составление материального баланса процесса получения этилбензола
в присутствии катализатора $AlCl_3$**

Цели и задачи:

1. Ознакомление с стадиями процесса получения этилбензола в присутствии $AlCl_3$
2. Составление материального баланса процесса получения этилбензола в присутствии $AlCl_3$

Оборудование:

1. Макет алкилятора

Раздаточный материал:

Учебник, справочная литература, МУ к ПР

Ход работы

1. Ознакомление со стадиями процесса получения этилбензола в присутствии $AlCl_3$:
 - 1) подготовка сырья (осушка бензола и очистка этиленовой фракции от серосодержащих органических соединений и ацетилена);
 - 2) алкилирование бензола этиленовой фракцией и нейтрализация полученного алкилата;
 - 3) улавливание бензола из отходящих газов с возвратом жидкого бензола в реактор алкилирования;
 - 4) ректификация этилбензола-сырца.
2. Составить материальный баланс получения этилбензола в присутствии хлорида алюминия

Исходные данные:

Годовая производительность в расчете на 100 %-ный этилбензол, т	150000
Годовой фонд рабочего времени, ч	8000
Состав этиленовой фракции [φ_i (x_i , %)]	
CH_4	15,8
C_2H_2	0,2
C_2H_4	55,0
C_2H_6	16,9
C_3H_6	6,0
H_2	1,3
N_2	3,5
O_3	0,7
CO	0,6
Селективность по этилбензолу в расчете на этилен	0,78
Количество диэтилбензола, возвращаемого со стадии ректификации	250 кг/1 т ЭБ
Молярное отношение бензол : этилен на входе в реактор (без учета циркулирующего бензола, возвращаемого со стадии улавливания)	3 : 1
Расход хлорида алюминия	10 кг/1 т образующегося этилбензола
Потери бензола на стадиях выделения, %	3

Р е ш е н и е

Часовая производительность стадии алкилирования по 100 %-ному этилбензолу

$$\frac{150000 \times 1000}{8000} \times \frac{100+3}{100} = 19312 \text{ кг} \quad \text{или} \quad \frac{19312}{106} = 182,189 \text{ кмоль}$$

Расход этилена с учетом эффективности процесса

$$\frac{182,189}{0,78} = 233,576 \text{ кмоль/ч}$$

Определяем расход этиленовой фракции, учитывая объемную долю этилена

$$\frac{233,576}{0,55} = 424,684 \text{ кмоль}$$

Рассчитываем состав этиленовой фракции

Табл. 14.1

Состав этиленовой фракции

	$x_i, \%$	$n_i, \text{кмоль/ч}$	$m_i, \text{кг/ч}$
CH ₄	15,8	67,100	1074
C ₂ H ₂	0,2	0,849	22
C ₂ H ₄	55,0	233,576	6540
C ₂ H ₆	16,9	71,772	2153
C ₃ H ₆	6,0	25,481	1070
H ₂	1,3	5,521	11
N ₂	3,5	14,864	416
O ₂	0,7	2,973	95
CO	0,6	2,548	71
Σ	100,0	424,684	11452

Молярное отношение бензол : этилен на входе в реактор равно 3 : 1, следовательно, расходуется бензола

$$233,576 \times 3 = 700,728 \text{ кмоль/ч} \quad \text{или} \quad 54657 \text{ кг/ч}$$

Массовая доля воды в бензоле после азеотропной осушки составляет 0,002 %, следовательно, с бензолом поступает воды

$$\frac{54657 \times 0,002}{100,000 - 0,002} \approx 1 \text{ кг/ч} \quad \text{или} \quad 0,056 \text{ кмоль/ч}$$

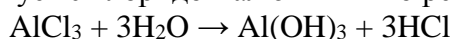
Расход алюминийхлорида

$$\frac{10 \times 19312}{1000} = 193 \text{ кг/ч} \quad \text{или} \quad 1,446 \text{ кмоль/ч}$$

Количество диэтилбензола, возвращаемого со стадии ректификации

$$\frac{250 \times 19312}{1000} = 4828 \text{ кг/ч} \quad \text{или} \quad 36,030 \text{ кмоль/ч}$$

Для определения состава отходящих газов рассчитываем содержание в них хлороводорода, этилена, бензола, оксида углерода. Метан, этан, водород, азот и кислород, входящие в состав этиленовой фракции, переходят в отходящие газы полностью. Влага в составе бензола взаимодействует с хлоридом алюминия по реакции



при этом реагирует хлорида алюминия

$$\frac{0,056}{3} = 0,019 \text{ кмоль/ч} \quad \text{или} \quad 3 \text{ кг/ч}$$

Образуется

гидроксида алюминия 0,019 кмоль/ч или 2 кг/ч

хлороводорода 0,056 кмоль/ч или 2 кг/ч

В отходящие газы переходит (по экспериментальным данным):

1 % подаваемого этилена

$$233,576 \times 0,01 = 2,336 \text{ кмоль/ч или } 65 \text{ кг/ч}$$

90 % подаваемого оксида углерода

$$2,548 \times 0,9 = 2,293 \text{ кмоль/ч или } 64 \text{ кг/ч}$$

0,3 кг бензола на 1 т этилбензола

$$0,3 \times 19312$$

$$\text{-----} = 6 \text{ кг/ч или } 0,077 \text{ кмоль/ч}$$

$$1000$$

Рассчитываем состав отходящих газов

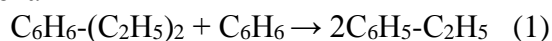
Табл. 14.2

Состав отходящих газов

	n_t , кмоль/ч	x_i , %	m_t , кг/ч
CH ₄	67,100	40,2	1074
C ₂ H ₄	2,336	1,4	65
C ₂ H ₆	71,772	43,0	2153
C ₆ H ₆	0,077	-	6
H ₂	5,521	3,3	11
N ₂	14,864	8,9	416
O ₂	2,973	1,8	95
CO	2,293	1,4	64
HCl	0,056	-	2
Σ	160,992	100,0	3886

Для определения состава алкилата рассчитываем изменение состава сырьевой смеси в процессе алкилирования

По реакции пералкилирования



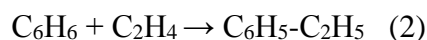
расходуется бензола 36,030 кмоль/ч или 2810 кг/ч

образуется этилбензола $36,030 \times 2 = 72,060$ кмоль/ч или 7638 кг/ч

Следовательно, алкилированием бензола получают этилбензола

$$182,189 - 72,060 = 110,129 \text{ кмоль/ч или } 11674 \text{ кг/ч}$$

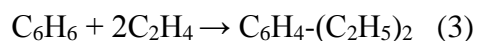
По целевой реакции



расходуется бензола 110,129 кмоль/ч или 8590 кг/ч

расходуется этилена 110,129 кмоль/ч или 3084 кг/ч

По реакции

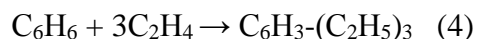


расходуется 38,2 % от поступающего этилена $0,382 \times 233,576 = 89,226$ кмоль/ч или 2498 кг/ч

расходуется бензола $0,5 \times 89,226 = 44,613$ кмоль/ч или 3480 кг/ч

образуется диэтилбензола 44,613 кмоль/ч или 5978 кг/ч

По реакции

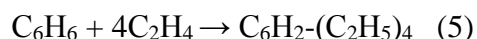


расходуется 11 % от поступающего этилена $0,11 \times 233,576 = 25,693$ кмоль/ч или 719 кг/ч

расходуется бензола $25,693/3 = 8,564$ кмоль/ч или 668 кг/ч

образуется триэтилбензола 8,564 кмоль/ч или 1387 кг/ч

По реакции

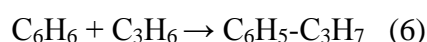


расходуется этилена (с учетом его расхода по реакциям 2 ÷ 4 и содержания в отходящих газах) $233,576 - 110,129 - 89,226 - 25,693 - 2,336 = 6,192$ кмоль/ч или 174 кг/ч

расходуется бензола $6,192/4 = 1,548$ кмоль/ч или 120 кг/ч

образуется тетраэтилбензола 1,548 кмоль/ч или 294 кг/ч

По реакции

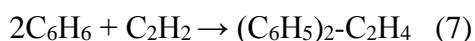


расходуется пропилена 25,481 кмоль/ч или 1070 кг/ч

расходуется бензола 25,481 кмоль/ч или 1988 кг/ч

образуется изопропилбензола 25,481 кмоль/ч или 3058 кг/ч

По реакции

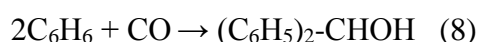


расходуется ацетилен 0,849 кмоль/ч или 22 кг/ч

расходуется бензола $2 \times 0,849 = 1,698$ кмоль/ч или 132 кг/ч

образуется дифенилэтана 0,849 кмоль/ч или 154 кг/ч

По реакции



расходуется оксида углерода $2,548 - 2,293 = 0,255$ кмоль/ч или 7 кг/ч

расходуется бензола $2 \times 0,255 = 0,510$ кмоль/ч или 40 кг/ч

образуется дифенилкарбинола 0,255 кмоль/ч или 47 кг/ч

Общий расход бензола по реакциям 1 ÷ 8 составляет

$$110,129 + 36,030 + 44,613 + 8,564 + 1,548 + 25,481 + 1,698 + 0,510 = 228,573 \text{ кмоль/ч}$$

или 17828 кг/ч

В составе отходящих газов содержится бензола 0,077 кмоль/ч или 6 кг/ч

Остается в составе алкилата

бензола $700,728 - 228,573 - 0,077 = 472,078$ кмоль/ч или 36823 кг/ч

хлорида алюминия $1,446 - 0,019 = 1,427$ кмоль/ч или 190 кг/ч

В таблице 3 представляем состав алкилата

Табл. 14.3

Состав алкилата

	n_T , КМОЛЬ/Ч	x_i , %	m_T , КГ/Ч	ω_i , %
C_6H_6	472,078	64,0	36823	54,8
$C_6H_5-C_2H_5$	182,189	24,7	19312	28,7
$C_6H_4-(C_2H_5)_2$	44,613	6,1	5978	8,9
$C_6H_3-(C_2H_5)_3$	8,564	1,2	1387	2,1
$C_6H_2-(C_2H_5)_4$	1,548	0,2	294	0,4
$C_6H_5-C_3H_7$	25,481	3,5	3058	4,5
$(C_6H_5)_2-C_2H_4$	0,849	0,1	154	0,2
$(C_6H_5)_2-CHOH$	0,255	-	47	0,1
$AlCl_3$	1,427	0,2	190	0,3
$Al(OH)_3$	0,019	-	2	-
Всего	737,023	100,0	67245	100,0

Вывод: Ознакомились со стадиями процесса получения этилбензола в присутствии $AlCl_3$ и составили материальный баланс процесса.

Вариант студента: Годовая производительность в расчете на 100 %-ный этилбензол $150000 + 1000N$ т; годовой фонд рабочего времени $8000 + 100N$ ч, где N - номер по журналу.

Практическая работа № 15
Составление теплового баланса процесса получения этилбензола в присутствии катализатора $AlCl_3$

Цели и задачи:

1. Научиться составлять тепловой баланс процесса получения этилбензола в присутствии $AlCl_3$

Оборудование:

1. Макет алкилятора

Раздаточный материал:

Учебник, справочная литература, МУ к ПР

Исходные данные:

Материальные потоки, кмоль/с

Этиленовая фракция - $424,684/(3 \times 3600) = 0,0393$

Технический бензол - $700,728/(3 \times 3600) = 0,0649$

Диэтилбензол $36,030/(3 \times 3600) = 0,0033$

Отходящие газы $166,992/(3 \times 3600) = 0,0155$

Жидкий алкилат $737,023/(3 \times 3600) = 0,0682$

Состав материальных потоков берется из ПР № 10

Температура, °С

на входе в алкилятор 20

на выходе из алкилятора 90

Р е ш е н и е

Записываем в общем виде уравнение теплового баланса алкилятора

$$\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4 = \Phi_5 + \Phi_6 + \Phi_7 + \Phi_8 + \Phi_{\text{пот}},$$

где $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \Phi_5, \Phi_6, \Phi_7$ – тепловые потоки этиленовой фракции, жидкого бензола, диэтилбензола отходящих газов алкилата и паров бензола соответственно, кВт; Φ_4 – теплота экзотермических реакций, кВт; Φ_8 – расход теплоты на испарение бензола, кВт; $\Phi_{\text{пот}}$ – теплопотери в окружающую среду, кВт.

Для определения значений Φ_1 и Φ_5 рассчитываем средние молярные теплоемкости этиленовой фракции при температуре $20+273=293$ К и отходящих газов при $90+273=363$ К

Табл. 15.1

Средние молярные теплоемкости этиленовой фракции

	$x_i, \%$	$C_i, \text{Дж}/(\text{моль} \times \text{К})$	$C_i \times x_i, \text{Дж}/(\text{моль} \times \text{К})$
CH_4	15,8	34,70	5,4826
C_2H_2	0,2	43,70	0,0874
C_2H_4	55,0	43,82	24,1010
C_2H_6	16,9	52,09	8,8032
C_3H_6	6,0	63,55	3,8130
H_2	1,3	28,82	0,3747
N_2	3,5	29,13	1,0196
O_2	0,7	28,06	0,1964
CO	0,6	29,07	0,1744
Σ	100,0	-	44,0523

Средние молярные теплоемкости отходящих газов

	$x_i, \%$	$C_i, \text{Дж}/(\text{моль} \times \text{К})$	$C_i \times x_i, \text{Дж}/(\text{моль} \times \text{К})$
CH ₄	40,2	39,12	15,7262
C ₂ H ₄	1,4	50,62	0,7087
C ₂ H ₆	43,0	61,69	26,5267
H ₂	3,3	28,84	0,9517
N ₂	8,9	29,43	2,6193
O ₂	1,8	29,83	0,5369
CO	1,4	29,55	0,4137
Σ	100,0	-	47,4832

Тепловой поток этиленовой фракции

$$\Phi_1 = 0,0393 \times 44,0523 \times 20 = 34,625 \text{ Вт}$$

Тепловой поток отходящих газов

$$\Phi_1 = 0,0155 \times 47,4832 \times 90 = 66,239 \text{ Вт}$$

Тепловой поток технического бензола

$$\Phi_2 = (0,0649 + n_6) \times 134,218 \times 20 = 174,215 + 2684,36 \times n_6 \text{ Вт,}$$

где n_6 – количество циркулирующего бензола в системе алкилатор-холодильник

Определяем тепловой поток диэтилбензола (значение молярной теплоемкости диэтилбензола находим по [5], с. 268.)

$$\Phi_3 = 0,0033 \times 369,06 \times 20 = 24,358 \text{ кВт}$$

Рассчитываем теплоты реакций 1 ÷ 7 (в Дж/кмоль)

Табл. 15.3

Теплоты реакций 1 ÷ 7

Реакция	$\sum H_{298}^0 = \sum H_{298(\text{кон})}^0 - \sum H_{298(\text{исх})}^0$
$C_6H_6 - (C_2H_5)_2 + C_6H_6 \rightarrow 2C_6H_5 - C_2H_5$	$-12,48 - 49,03 - 52,30 = -113,81$
$C_6H_6 + C_2H_4 \rightarrow C_6H_5 - C_2H_5$	$2 \times (-12,48) - 49,03 - (-72,35) = -1,64$
$C_6H_6 + 2C_2H_4 \rightarrow C_6H_4 - (C_2H_5)_2$	$-72,35 - 49,03 - 2 \times 52,30 = -225,98$
$C_6H_6 + 3C_2H_4 \rightarrow C_6H_3 - (C_2H_5)_3$	$-122,63 - 49,03 - 3 \times 52,30 = -328,56$
$C_6H_6 + 4C_2H_4 \rightarrow C_6H_2 - (C_2H_5)_4$	$-174,54 - 49,03 - 4 \times 52,30 = -432,77$
$C_6H_6 + C_3H_6 \rightarrow C_6H_5 - C_3H_7$	$-41,24 - 49,03 - 20,41 = -110,68$
$2C_6H_6 + C_2H_2 \rightarrow (C_6H_5)_2 - C_2H_4$	$279,31 - 2 \times 49,03 - 226,75 = -227,50$
$2C_6H_6 + CO \rightarrow (C_6H_5)_2 - C_6H_5O$	$-46,17 - 2 \times 49,03 - (-110,53) = -33,70$

Рассчитываем теплоту экзотермических реакций

1000

$$\Phi_4 = \frac{\dots}{3 \times 3600} \times (110,129 \times 113,81 + 36,030 \times 1,64 + 44,613 \times 225,98 + 8,564 \times 328,56 + 1,548 \times 432,77 + 25,481 \times 110,68 + 0,849 \times 27,50 + 0,255 \times 33,70) = 2686,149 \text{ кВт}$$

Общий приход теплоты

$$\Phi_{\text{прих}} = 34,625 + 174,215 + 2684,36 \times n_6 + 24,358 + 2684,149 = (2919,347 + 2684,36 \times n_6) \text{ кВт}$$

Для определения теплового потока алкилата рассчитываем его среднюю молекулярную теплоемкость при температуре 363 К (состав материальных потоков см. ПР № 10)

$$C_m = 152,07 \times 0,64 + 186,56 \times 0,247 + 369,06 \times 0,061 + 464,46 \times 0,012 + 559,86 \times 0,002 + 321,36 \times 0,035 + 415,94 \times 0,001 + 94,48 \times 0,002 = 184,465 \text{ Дж}/(\text{моль} \times \text{К})$$

Тепловой поток жидкого алкилата

$$\Phi_6 = 0,0682 \times 184,465 \times 90 = 1132,246 \text{ кВт}$$

Тепловой поток паров бензола

$$\Phi_7 = 101,77 \times 90 \times n_6 = 9159,3 \times n_6 \text{ кВт}$$

Расход теплоты поток на испарение бензола

$$\Phi_8 = 78 \times 391,3 \times n_6 = 30521,4 \times n_6 \text{ кВт,}$$

где 391,3 - удельная теплота испарения бензола при температуре 363 К, кДж/кг ([5], с. 113.)

Предварительно принимаем, что теплотери в окружающую среду составляют 3 % от общего прихода теплоты

$$\Phi_{\text{пот}} = 0,03 \times (2919,347 + 2684,36 \times n_6) = 87,580 + 80,53 \times n_6 \text{ кВт}$$

Общий расход теплоты

$$\begin{aligned} \Phi_{\text{расх}} &= 66,239 + 1132,246 + 9159,30 \times n_6 + 30521,40 \times n_6 + 87,580 + 80,53 \times n_6 = \\ &= 1286,065 + 39761,23 \times n_6 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Количество циркулирующего бензола находим из условия равенства прихода и расхода теплоты

$$\begin{aligned} 2919,347 + 2684,36 \times n_6 &= 1286,065 + 39761,23 \times n_6 \\ 37067,87 \times n_6 &= 1633,282 \\ n_6 &= 0,04405 \text{ кмоль/с} \end{aligned}$$

Количество бензола, испаряющегося на стадии алкилирования

$$0,04405 \times 3 \times 3600 = 475,740 \text{ кмоль/ч или } 37108 \text{ кг/ч,}$$

что составляет $37,108/19,312=1,92$ т на 1 т получаемого этилбензола и соответствует оптимальному технологическому режиму.

Всего в алкилатор подают бензола (с учетом циркулирующего бензола)

$$700,728 + 475,740 = 1176,468 \text{ кмоль/ч или } 91765 \text{ кг/ч}$$

Общее количество отходящих газов (с учетом испаряющегося бензола)

$$166,992 + 475,740 = 642,732 \text{ кмоль/ч или } 3886 + 37108 = 40994 \text{ кг/ч}$$

Полученные данные сводим в таблицу

Табл. 15.4

Материальный баланс стадии алкилирования

Приход	кмоль/ч	кг/ч	Расход	кмоль/ч	кг/ч
Бензол технический	1176,524	91766	Отходящие газы	642,732	40994
C_6H_6	1176,468	91765	Алкилат	737,023	67245
H_2O	0,056	1			
Этиленовая фракция	424,684	11452			
Диэтилбензол	36,030	4828			
Алюминийхлорид	1,446	193			
Всего	1638,684	108239	Всего	1379,765	108239

По рассчитанному количеству испаряющегося бензола уточняем тепловые потоки

$$\Phi_2 = (0,0649 + 0,04405) \times 134,218 \times 20 = 292,461 \text{ кВт,}$$

$$\Phi_7 = 0,04405 \times 101,77 \times 90 = 403,467 \text{ кВт}$$

$$\Phi_8 = 0,04405 \times 78 \times 391,3 = 1344,468 \text{ кВт,}$$

Тепловой поток отходящих газов составляет

$$\Phi_5 + \Phi_7 = 66,239 + 403,467 = 469,706 \text{ кВт}$$

Составляем тепловой баланс алкилатора. Значение $\Phi_{\text{пот}}$ определяют по разнице прихода и расхода теплоты

Табл. 15.5

Тепловой баланс алкилатора

Приход	кВт	%	Расход	кВт	%
Тепловой поток этиленовой фракции	34,625	1,1	Тепловой поток отходящих газов	469,706	15,4
Тепловой поток технического бензола	292,461	9,6	Тепловой поток алкилата	1132,246	37,3
Тепловой поток диэтилбензола	24,358	0,8	Расход теплоты на испарение бензола	1344,468	44,3
Тепловой поток процесса	2686,149	88,5	Теплотери в окружающую среду	91,173	3,0
Всего	3037,593	100,0	Всего	3037,593	100,0

Вывод: Составили тепловой баланс алкилатора.

Практическая работа № 16
**Расчет материального баланса процесса получения этиленоксида
 эпексидированием этилена**

Цели и задачи:

1. Ознакомление со схемой потоков контактного узла производства этиленоксида
2. Составление материального баланса процесса получения этиленоксида эпексидированием этилена

Оборудование:

1. Схема процесса

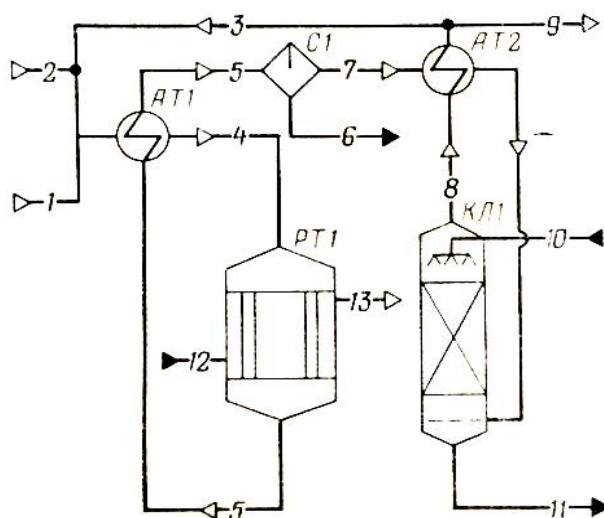
Раздаточный материал:

Учебник, справочная литература, МУ к ПР

Р е ш е н и е

1. Ознакомление со схемой потоков контактного узла производства этиленоксида

Рис. 16.1



2. Составить материальный баланс процесса получения этиленоксида эпексидированием этилена

Исходные данные:

Годовая производительность контактного узла по этиленоксиду, т	45000
Годовой фонд рабочего времени, ч	7500
Степень конверсии этилена	0,42
Селективность процесса	0,60
Количество продувочных газов	7000 м ³ /1 т этиленоксида
Состав продувочных газов φ, %	
C ₂ H ₄	2,400
C ₂ H ₄ O	0,016
CO ₂	7,900
N ₂ + O ₂ + H ₂ O	89,684
Давление, МПа	
в контактном аппарате	0,86

в абсорбционной колонне	0,80
Температура процесса абсорбции, °С	10
Степень абсорбции этиленоксида	0,98 ÷ 0,99
Степень гидратации этиленоксида в процессе абсорбции	0,02

Решение

Часовая производительность контактного узла по этиленоксиду

$$\frac{45000 \times 1000}{7500} = 6000 \text{ кг} \quad \text{или} \quad \frac{6000 \times 22,4}{44} = 3054 \text{ м}^3/\text{ч}$$

По основной реакции

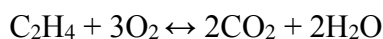


расходуется этилена 3054 м³/ч или 3818 кг/ч

расходуется кислорода 3054/2 = 1527 м³/ч или 2182 кг/ч

При селективности процесса 0,60 общий расход этилена составит
3818 : 0,60 = 6363 кг/ч или 5090 м³/ч

По реакции



расходуется этилена 6,363 – 3818 = 2545 кг/ч или 2036 м³/ч

расходуется кислорода 3 × 2036 = 6108 м³/ч или 8726 кг/ч

образуется диоксида углерода 2 × 2036 = 4072 м³/ч или 7999 кг/ч
образуется водяного пара 4072 м³/ч или 3272 кг/ч

Расход этилена с учетом его степени конверсии

$$\frac{6363}{0,42} = 15150 \text{ кг/ч} \quad \text{или} \quad 12120 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Для определения расхода свежего этилена и воздуха рассчитываем количество продувочных газов и их состав.

Количество продувочных газов

$$\frac{7000 \times 6000}{1000} = 42000 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где 7000 - количество продувочных газов, м³/т этиленоксида

По [5], с. 139 при давлении абсорбции 0,8 МПа и температуре 10 °С объемная доля водяных паров в абсорбционном и продувочных газах составляет 0,156 %. При этом суммарная объемная доля кислорода и азота в продувочных газах составляет

$$100 - (0,016 + 2,400 + 7,900 + 0,156) = 89,528 \%$$

Расход кислорода на окисление этилена

$$V(\text{O}_2) = 1527 + 6108 = 7635 \text{ м}^3/\text{ч}$$

По [5], с. 139 в сухом атмосферном воздухе содержится

кислорода $\varphi(\text{O}_2) = 0,0444$ или 4,44 %

азота $\varphi(\text{N}_2) 0,85088$ или 85,088 %

Определяем состав продувочных газов (поток 9)

Табл. 16.1

Состав продувочных газов

	C ₂ H ₄	C ₂ H ₄ O	N ₂	O ₂	CO ₂	H ₂ O	Σ
φ _i , %	2,400	0,016	85,088	4,440	7,900	0,156	100,000
V _τ , м ³ /ч	1008,0	6,7	35737,0	1864,8	3318,0	65,5	42000,0
m _τ , кг/ч	1260	13	44671	2664	6518	53	55179
ω _i , %	2,283	0,024	80,957	4,828	11,812	0,096	100,000

Расход компонентов сухого воздуха

кислорода $7635,0 + 1864,8 = 9499,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ или 13572 кг/ч
азота $35737 \text{ м}^3/\text{ч}$ или 44671 кг/ч
Расход сухого воздуха: $45236,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ или 58243 кг/ч
Объемная доля водяных паров в воздухе ([5], с. 140) $\varphi(\text{H}_2\text{O}) = 0,269 \%$
Количество водяных паров в воздухе

$$\frac{45236,8 \times 0,269}{100,000 - 0,269} = 122 \text{ м}^3/\text{ч}$$
 или 98 кг/ч

Общий расход свежего воздуха составит

$$45236,8 + 122,0 = 45358,8 \text{ м}^3/\text{ч}$$
 или 58341 кг/ч

Расход свежего этилена (поток 1) должен компенсировать затраты на реакции окисления и потери при продувке и составляет

$$5090,0 + 1008,0 = 6098,0 \text{ м}^3/\text{ч}$$
 или 7623 кг/ч

Объемный расход циркуляционного газа $V_{\text{цг}}$ находим из условия равенства общего расхода этилена сумме расходов свежего этилена $V_{\text{эт}}$ и этилена в циркуляционном газе на входе в контактный аппарат

$$6098,0 + (V_{\text{цг}} \times \varphi_{\text{эт}}) = 12120,0 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$V_{\text{цг}} = (12120,0 - 6098,0) / 0,024 = 250916,7 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Табл. 16.2

Состав циркуляционного газа (поток 3)

	C ₂ H ₄	C ₂ H ₄ O	N ₂	O ₂	CO ₂	H ₂ O	Σ
φ _i , %	2,400	0,016	85,088	4,440	7,900	0,156	100,000
V _τ , м ³ /ч	6022,0	40,1	213500,0	11140,7	19822,4	391,5	250916,7
m _τ , кг/ч	7527	79	266875	15915	38937	315	329648
ω _i , %	2,283	0,024	80,957	4,828	11,812	0,096	100,000

Табл. 16.3

Состав газовой смеси (циркуляционного газа, воздуха и этилена) на входе в контактный аппарат (поток 4)

	C ₂ H ₄	C ₂ H ₄ O	N ₂	O ₂	CO ₂	H ₂ O	Σ
V _τ , м ³ /ч	12120,0	40,1	249237,0	20640,5	19822,4	513,5	302373,5
φ _i , %	4,008	0,013	82,427	6,826	6,556	0,170	100,000
m _τ , кг/ч	15150	79	311546	29487	38937	413	395612
ω _i , %	3,830	0,020	78,750	7,454	9,842	0,104	100,000

Остается этилена в контактном газе

$$15150 - 6363 = 8787 \text{ кг/ч}$$
 или $7030 \text{ м}^3/\text{ч}$

Расход кислорода по реакциям 1 и 2

$$1527 + 6108 = 7635 \text{ м}^3/\text{ч}$$
 или 10908 кг/ч

Количество компонентов в контактном газе

кислорода $20640,5 - 7635,0 = 13005,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ или 18579 кг/ч

этиленоксида $40,1 + 3054,0 = 3094,1 \text{ м}^3/\text{ч}$ или 6079 кг/ч

диоксида углерода $19822,4 + 4072,0 = 23894,4 \text{ м}^3/\text{ч}$ или 46936 кг/ч

водяного пара $513,5 + 4072,0 = 4585,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ или 3685 кг/ч

Табл. 16.4

Состав контактного газа (поток 5)

	C ₂ H ₄	C ₂ H ₄ O	N ₂	O ₂	CO ₂	H ₂ O	Σ
V _τ , м ³ /ч	7030,0	3094,1	249237,0	13005,5	23894,4	4585,5	300846,5
φ _i , %	2,337	1,029	82,845	4,323	7,942	1,524	100,000
m _τ , кг/ч	8787	6079	311546	18579	46936	3685	395612
ω _i , %	2,221	1,537	78,750	4,696	11,864	0,932	100,000

Выходящий из контактного аппарата газ охлаждают при давлении 0,86 МПа до температуры 10 °С. Определяем состав контактного газа после охлаждения.

Объемная доля водяных паров

$$\frac{100 \times 0,00125}{0,86} = 0,145 \%$$

где 0,00125 - парциальное давление паров воды при температуре 10 °С, МПа ([5], с. 271).

Количество водяного пара

$$\frac{(300846,5 - 4585,5) \times 0,145}{100,000 - 0,145} = 430,2 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ или } 346 \text{ кг/ч}$$

Конденсируется воды

$$4585,5 - 430,2 = 4155,3 \text{ кг/ч} \text{ или } 3339 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Растворимость компонентов контактного газа в воде: CO₂ - 2,8 кг/т, C₂H₄O - 15, 5 кг/т.

Растворяется

$$\text{этиленоксида } (3339 \times 15,5) / 1000 = 52 \text{ кг/ч} \text{ или } 26,5 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{диоксида углерода } (3339 \times 2,8) / 1000 = 9 \text{ кг/ч} \text{ или } 4,6 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Остается в контактном газе

$$\text{этиленоксида } 3094,1 - 26,5 = 3067,6 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ или } 6027 \text{ кг/ч}$$

$$\text{диоксида углерода } 23894,4 - 4,6 = 23889,8 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ или } 46927 \text{ кг/ч}$$

Растворимостью остальных компонентов в воде пренебрегаем.

Количество компонентов в конденсате (поток б), кг/ч: вода - 3339; этиленоксид - 52; диоксид углерода - 9.

Количество конденсата 3400 кг/ч.

Табл. 16.5

Состав контактного газа на входе в абсорбционную колонну (поток 7)

	C ₂ H ₄	C ₂ H ₄ O	N ₂	O ₂	CO ₂	H ₂ O	Σ
V _т , м ³ /ч	7030,0	3067,6	249237,0	13005,5	23889,8	430,2	296660,1
φ _і , %	2,370	1,034	84,014	4,384	8,053	0,145	100,000
m _т , кг/ч	8787	6027	311546	18579	46927	346	392212
ω _і , %	2,240	1,537	79,433	4,737	11,965	0,088	100,000

Учитывая состав потоков 3 и 9, определяем состав абсорбционного газа (поток 8)

Табл. 16.6

Состав абсорбционного газа (поток 8)

	C ₂ H ₄	C ₂ H ₄ O	N ₂	O ₂	CO ₂	H ₂ O	Σ
V _т , м ³ /ч	7030,0	46,8	249237,0	13005,5	23140,4	457,0	292916,7
φ _і , %	2,400	0,016	85,088	4,440	7,900	0,156	100,000
m _т , кг/ч	8787	92	311546	18579	45455	368	384827
ω _і , %	2,283	0,024	80,957	4,828	11,812	0,096	100,000

Поглощается этиленоксида

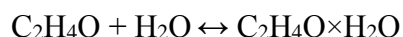
$$3067,6 - 46,8 = 3020,8 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ или } 5935 \text{ кг/ч}$$

Степень поглощения этиленоксида

$$3020,8 / 3067,6 = 0,985$$

что соответствует оптимальному технологическому режиму.

По реакции



гидратируется этиленоксида в водно-гликолевом растворе

$$3020,8 \times 0,02 = 60,4 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ или } 119 \text{ кг/ч}$$

Образуется моноэтиленгликоля: 60,4 м³/ч или 167 кг/ч

Расход воды: 60,4 м³/ч или 48 кг/ч

Растворимость этиленоксида в сорбенте при 10 °С

$$30,45 \text{ кг/м}^3 \text{ или } \frac{30,45 \times 100}{1012,5 + 30,45} = 2,9 \%$$

где 1012,5 - плотность сорбента, кг/м³

Растворяется этиленоксида в сорбенте

$$5935 - 119 = 5816 \text{ кг/ч}$$

Расход свежего 10 %-ного водно-гликолевого раствора

$$(100 - 2,9) \times 5816$$

$$\frac{\quad}{2,9} = 194376 \text{ кг/ч}$$

2,9

Количество компонентов в свежем водно-гликолевом растворе (поток 10)

моноэтиленгликоль $194376 \times 0,1 = 19474 \text{ кг/ч}$

вода $194376 - 19474 = 175262 \text{ кг/ч}$

Растворяется диоксида углерода

$$23889,8 - 23140,4 = 794,4 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ или } 1472 \text{ кг/ч}$$

Остается воды в насыщенном растворе сорбента

$$175262 - (368 + 48) + 346 = 175192 \text{ кг/ч}$$

Количество компонентов в насыщенном растворе сорбента (поток 11):

моноэтиленгликоль $19474 + 167 = 19641 \text{ кг/ч}$

вода 175192 кг/ч

этиленоксид 5816 кг/ч

диоксид углерода 1472 кг/ч

Количество насыщенного раствора сорбента 202121 кг/ч

Составляем сводный материальный баланс стадии получения этиленоксида

Табл. 16.7

Сводный материальный баланс стадии получения этиленоксида

Приход	кг/ч	Расход	кг/ч				
Свежий этилен	7623	Насыщенный раствор сорбента	202121				
		C ₂ H ₄ O	5816				
		C ₂ H ₆ O ₂	19641				
		CO ₂	1472				
		H ₂ O	175192				
Воздух	58341	Конденсат	3400				
		C ₂ H ₄ O	52				
		CO ₂	9				
		H ₂ O	3339				
N ₂	44671	Продувочные газы	55179				
O ₂	13572						
H ₂ O	98						
Свежий сорбент	194736			C ₂ H ₄	1260		
						C ₂ H ₆ O ₂	19474
H ₂ O	175262					C ₂ H ₄ O	13
Всего	260700					N ₂	44671
		O ₂	2664				
		CO ₂	6518				
		H ₂ O	53				
		Всего	260700	Всего	260700		

Вывод: Познакомились со схемой потоков контактного узла производства этиленоксида и составили материальный баланс стадии получения этиленоксида.

Вариант студента: Годовая производительность контактного узла по этиленоксиду 45000 + 1000N т; годовой фонд рабочего времени 7500 + 100N ч, где N – номер по журналу.

Практическая работа № 17
Расчет материального баланса процесса получения уксусной кислоты окислением ацетальдегида

Цели и задачи:

1. Ознакомление с технологической схемой получения уксусной кислоты окислением ацетальдегида
2. Составление материального баланса процесса получения уксусной кислоты окислением ацетальдегида

Оборудование:

1. Макет окислительной колонны

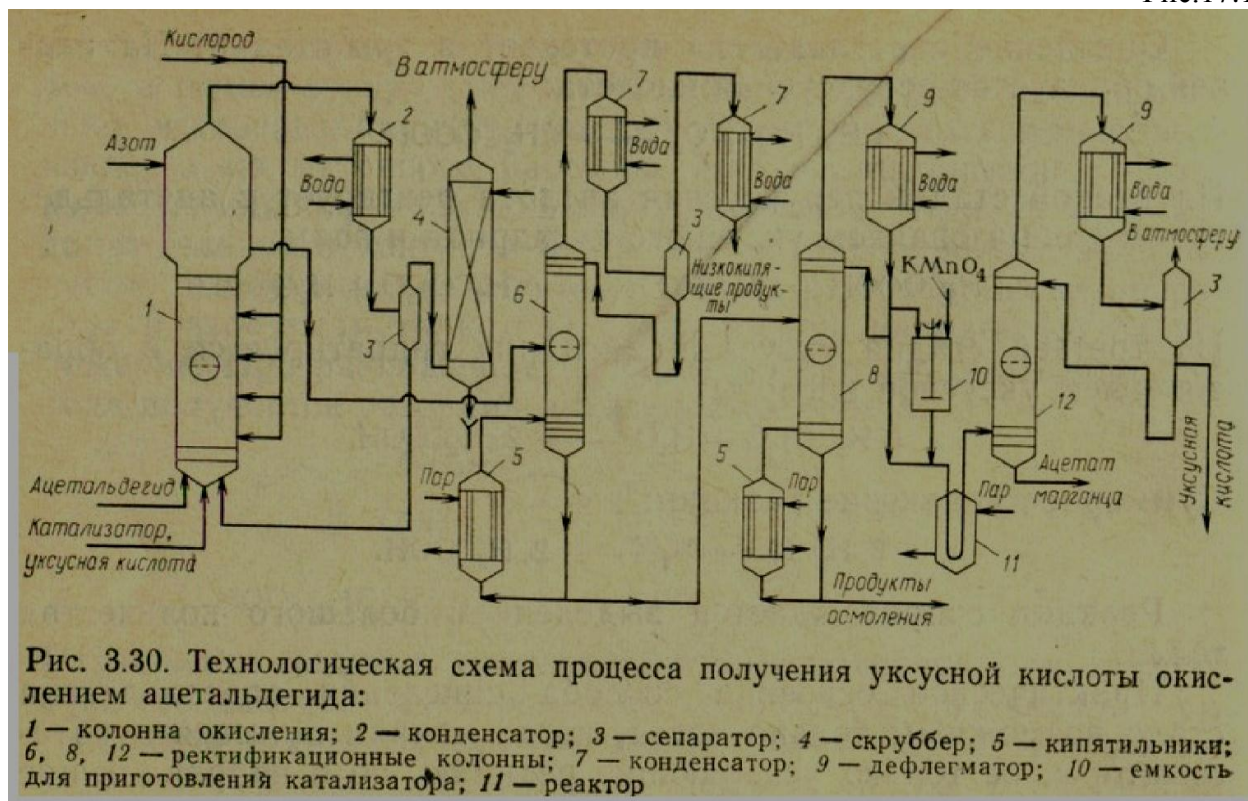
Раздаточный материал:

Учебник, справочная литература, МУ к ПР

Ход работы:

1. Ознакомление с технологической схемой получения уксусной кислоты окислением ацетальдегида

Рис.17.1



2. Составить материальный баланс процесса

Исходные данные

Производительность установки по уксусной кислоте, т/год ...	15000
Состав технического ацетальдегида, % масс.	
Ацетальдегид	99,3
Паральдегид	0,2
Уксусная кислота	0,25
Кротоновый альдегид	0,05
Вода	0,2

Выход уксусной кислоты на стадии окисления 90% от теоретического (по ацетальдегиду).

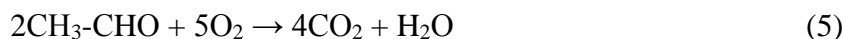
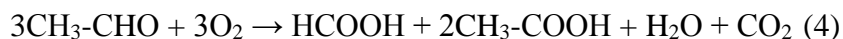
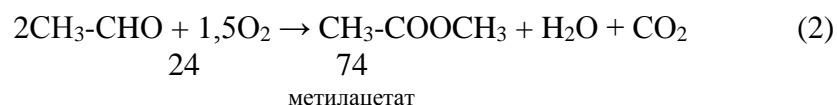
Потери уксусной кислоты на стадии окисления при ректификации и химической очистке 4 %.

Состав катализаторной жидкости, % масс.

Ацетат марганца	5,0
Уксусная кислота	70,0
Вода	25,0

В растворе (ацетальдегид + катализаторная жидкость), подаваемом на окисление, содержится 0,065 % масс. ацетата марганца.

При окислении ацетальдегида протекают следующие реакции:



Из всего количества ацетальдегида, поступающего на окисление, по реакции (1) окисляется 90 %, по реакции (2) - 1 %, по реакции (3) - 0,25 %, по реакции (4) - 0,5 % и по реакции (5) - 0,25 %. Остается 2 % непрореагировавшего ацетальдегида.

Решение

Из 365 календарных дней в году 12 дней относится на текущий ремонт и 20 дней на капитальный ремонт. При круглосуточной работе цеха без остановки на воскресные и праздничные дни часовая производительность с учетом потерь должна составить:

$$\frac{15000 \times 1000 \times 1,04}{(365 - 12 - 20) \times 24} = 1952 \text{ кг/ч}$$

Расход технического ацетальдегида на это количество уксусной кислоты равен:

$$\frac{1952 \times 44}{60 \times 0,96 \times 0,993} = 1502 \text{ кг/ч}$$

Количество компонентов в техническом ацетальдегиде (в кг/ч):

Ацетальдегид	1502 × 0,993 = 1490,8
Паральдегид	1502 × 0,002 = 3,2
Уксусная кислота	1502 × 0,0025 = 4,0
Кротоновый альдегид	1502 × 0,0005 = 0,8
Вода	1502 × 0,0025 = 3,2

Для определения расхода катализаторной жидкости составляем уравнение:

$$0,00065 \times (1502 + x) = 0,05x,$$

где x – количество катализаторной жидкости, кг/ч.

Решая это уравнение, получаем:

$$x = 19,8 \text{ кг/ч}$$

Отсюда количество катализаторной жидкости составляет (в кг/ч):

Ацетат марганца	$19,8 \times 0,05 = 0,99$
Уксусная кислота	$19,8 \times 0,7 = 13,86$
Вода	$19,8 \times 0,25 = 4,95$

Расход ацетальдегида (в кг/ч):

по реакции (1)	$1490,8 \times 0,96 = 1431,2$
по реакции (2)	$1490,8 \times 0,01 = 14,9$
по реакции (3)	$1490,8 \times 0,0025 = 3,73$
по реакции (4)	$1490,8 \times 0,005 = 7,40$
по реакции (5)	$1490,8 \times 0,0025 = 3,72$

Количество непрореагировавшего ацетальдегида составит

$$1490,8 \times 0,02 = 29,80 \text{ кг/ч}$$

Образуется продуктов (в кг/ч):

по реакции (2):

$$\text{метилацетат} \dots\dots\dots \frac{14,9 \times 74}{88} = 12,52$$

$$\text{вода} \dots\dots\dots \frac{14,9 \times 18}{88} = 3,05$$

$$\text{двуокись углерода} \dots\dots\dots \frac{14,9 \times 44}{88} = 7,45$$

по реакции (3):

$$\text{этилидендиацетат} \dots\dots\dots \frac{3,73 \times 146}{132} = 4,15$$

$$\text{вода} \dots\dots\dots \frac{3,73 \times 18}{132} = 0,51$$

по реакции (4):

$$\begin{array}{l} \text{муравьиная кислота} \dots\dots\dots \frac{7,45 \times 46}{132} = 2,6 \\ \text{уксусная кислота} \dots\dots\dots \frac{7,45 \times 120}{132} = 6,77 \\ \text{вода} \dots\dots\dots \frac{7,45 \times 18}{132} = 1,02 \\ \text{двуокись углерода} \dots\dots\dots \frac{7,45 \times 44}{132} = 2,48 \end{array}$$

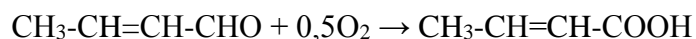
по реакции (5):

$$\begin{array}{l} \text{вода} \dots\dots\dots \frac{3,72 \times 72}{88} = 3,05 \\ \text{двуокись углерода} \dots\dots\dots \frac{3,72 \times 176}{88} = 7,44 \end{array}$$

Для образования этих продуктов потребуется кислорода:

$$\frac{1431,2 \times 16}{44} + \frac{14,9 \times 48}{88} + \frac{3,73 \times 32}{132} + \frac{7,45 \times 96}{132} + \frac{3,72 \times 160}{88} = 542,8 \text{ кг/ч}$$

Кроме того, кислород затрачивается на окисление кротонового альдегида в кротоновую кислоту по реакции



в количестве

$$\frac{0,8 \times 16}{70} = 0,18 \text{ кг/ч}$$

Тогда количество образующейся кротоновой кислоты составит:

$$0,8 + 0,18 = 0,98 \text{ кг/ч}$$

Если кислород связывается на 98 % и чистота его 99 %, расход технического кислорода будет равен

$$\frac{542 + 0,18}{0,99 \times 0,98} = 559 \text{ кг/ч}$$

в том числе (в кг/ч):

Кислород 559×0,99=553,4
 Азот 559×0,01=5,6

Остается неиспользованного кислорода

$$554 - (542 + 0,18) = 11 \text{ кг/ч}$$

Составляем часовой материальный баланс стадии окисления, учитывая, что 34 % непрореагировавшего ацетальдегида уносится с отходящими газами и 66 % ацетальдегида остается в жидкой фазе:

Табл. 17.1

Материальный баланс процесса получения уксусной кислоты окислением ацетальдегида

Приход	кг/ч	Расход	кг/ч
Ацетальдегид-сырец, в том числе:	1502,0	Уксусная кислота-сырец, в том числе:	2012
ацетальдегид	1490,8	уксусная кислота	1952
паральдегид	3,2	ацетальдегид	19,80
уксусная кислота	4,0	паральдегид	3,20
кротоновый альдегид	0,8	кротоновая кислота	0,98
вода	3,2	ацетат марганца	0,99
Катализаторная жидкость, в том числе:	19,8	метилацетат	12,52
		этилидендиацетат	4,15
		муравьиная кислота	2,60
		вода	15,78
		Отходящие газы, в том числе:	44
ацетат марганца	0,99	кислород	11,0
уксусная кислота	13,86	азот	5,6
вода	4,95	двуокись углерода	17,4
Кислород технический, в том числе:	559	ацетальдегид	10,0
Кислород	553,4	Потери уксусной кислоты на стадии окисления	24,8
Азот	5,6		
Всего	2080,8	Всего	2080,8

Вывод: Познакомились с технологической схемой процесса получения уксусной кислоты окислением ацетальдегида и составили материальный баланс процесса.

Вариант студента: Годовая производительность контактного узла по этиленоксиду 15000 + 1000N т, где N – номер по журналу.

Практическая работа № 18

Принципы расчета основного аппарата

Цели и задачи:

1. Ознакомление с принципами расчета основного аппарата
2. Научиться рассчитывать размеры реактора, диаметры штуцеров входа и выхода продукта и составлять таблицу штуцеров

Оборудование:

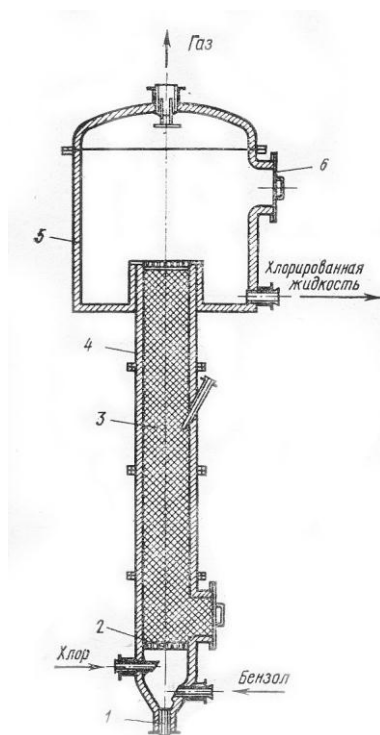
1. Макет реактора

Раздаточный материал:

Учебник, справочная литература, МУ к ПР

Ход работы:

Рис. 18.1



Хлоратор непрерывного действия

1 – штуцер для спуска осадка; 2 – чугунная решетка; 3 – насадка; 4 – реакционная колонна; 5 – сепаратор; 6 – люк

Рассчитать реактор хлорирования бензола по следующим исходным данным:

Исходные данные:

Массовый расход хлора m_x , кг/ч	2959
Массовый расход бензола m_b , кг/ч	11755
Массовый расход хлороводорода $m_{хл}$, кг/ч	1549
Массовый расход хлорбензола-сырца $m_{хб}$, кг/ч	4376
Массовый расход непрореагировавшего бензола $m_{б.н}$, кг/ч	8499
Линейная скорость подачи вещества ω , м/с	

хлора ω_x	2,5
бензола ω_b	0,25
хлороводорода $\omega_{хл}$,	1,5
парогазовой смеси в сепараторе ω_c ,	0,05
Плотность, кг/м ³	
бензола ρ_b ,	879
хлорбензола-сырца $\rho_{хб}$,	1041
Нормальные условия	
температура T_0 , К	273
давление P_0 , Па	101300
Температура, Т, К	
на входе в реактор	293
выхода парогазовой смеси	358

Р е ш е н и е

Реактор хлорирования бензола состоит из реакционной колонны, сепаратора и штуцеров для входа и выхода продуктов

Рассчитываем реакционную колонну

1. Определяем объемный расход хлора при нормальных условиях

$$V_0 = \frac{m_x \times 22,4}{M \times 3600} = \frac{2959 \times 22,4}{71 \times 3600} = 0,26 \text{ м}^3/\text{с},$$

где М - молекулярная масса вещества, кг/кмоль

2. Определяем объемный расход хлора при рабочих условиях

$$V_1 = \frac{V_0 \times P_0 \times T_1}{P_1 \times T_0} = \frac{0,26 \times 0,1013 \times 293}{0,5 \times 273} = 0,069 \text{ м}^3/\text{с}$$

3. Определяем реакционный объем аппарата

$$V_p = V_1 \times \tau = 0,069 \times 120 = 8,3 \text{ м}^3$$

4. Определяем площадь поперечного сечения аппарата

$$S = \frac{V_p}{\omega_x} = \frac{8,3}{2,5} = 3,32 \text{ м}^2$$

5. Определяем диаметр аппарата

$$D_{\text{ап}} = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 3,32}{3,14}} \approx 2 \text{ м}$$

6. Определяем реакционную высоту колонны

$$H_p = \frac{4 \times V_p}{\pi \times D_{\text{ап}}^2} = \frac{4 \times 8,3}{3,14 \times 2^2} = 2,63 \text{ м}$$

7. Принимаем коэффициент заполнения колонны $K_{\text{запол}} = 0,5$ ([2], с. 35) и рассчитываем высоту колонны (без сепаратора)

$$H_p = \frac{H_p}{K_{\text{запол}}} = \frac{2,63}{0,5} = 5,26 \text{ м}$$

Рассчитываем сепаратор

1. Определяем объемный расход хлороводорода при нормальных условиях

$$V_0 = \frac{m_{\text{хл}} \times 22,4}{M \times 3600} = \frac{1549 \times 22,4}{36,5 \times 3600} = 0,254 \text{ м}^3/\text{с}$$

2. Определяем площадь поперечного сечения сепаратора

$$S = \frac{V_p}{\omega_c} = \frac{0,254}{0,05} = 5,08 \text{ м}^2$$

3. Определяем диаметр аппарата

$$D_{\text{ап}} = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 5,08}{3,14}} \approx 2,5 \text{ м}$$

4. Высоту сепаратора находим из соотношения $H : D = 1,2 ; 1$

$$H = 2,5 \times 1,2 = 3 \text{ м}$$

Общая высота реактора составит

$$5,26 + 3 \approx 8,3 \text{ м}$$

Рассчитываем диаметры штуцеров

1. Для входа бензола (жидкость)

Объемный расход бензола

$$V_6 = \frac{m_6}{3600 \times \rho_6} = \frac{11755}{3600 \times 879} = 0,0037 \text{ м}^3/\text{с}$$

Диаметр штуцера

$$d = \sqrt{\frac{4 \times V_6}{\pi \times \omega_6}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0037}{3,14 \times 0,25}} = 0,137 \text{ м}$$

Принимаем по [3], с. 71 $d = 150 \text{ мм}$

2. Для входа технического хлора (газ)

Диаметр штуцера

$$d = \sqrt{\frac{4 \times V_1}{\pi \times \omega_x}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,069}{3,14 \times 2,5}} = 0,188 \text{ м}$$

Принимаем по [3], с. 71 $d = 200 \text{ мм}$

3. Для выхода реакционной массы (жидкость)

Реакционная масса состоит из хлорбензола-сырца и непрореагировавшего бензола

Объемный расход хлорбензола-сырца

$$V_{\text{хб}} = \frac{m_{\text{хл}}}{3600 \times \rho_{\text{хб}}} = \frac{4376}{3600 \times 1041} = 0,0012 \text{ м}^3/\text{с}$$

Объемный расход непрореагировавшего бензола

$$V_{\text{н.б}} = \frac{8499}{3600 \times 879} = 0,003 \text{ м}^3/\text{с}$$

Общий расход реакционной массы

$$0,0012 + 0,003 = 0,0042 \text{ м}^3/\text{с}$$

Диаметр штуцера

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 0,0042}{\pi \times 0,25}} = 0,164 \text{ м}$$

Принимаем по [3], с. 71 $d = 200$ мм

4. Для выхода парогазовой смеси (хлороводород)

Объемный расход хлороводорода при нормальных условиях

$$V_0 = \frac{m \times 22,4}{M \times 3600} = \frac{1549 \times 22,4}{36,5 \times 3600} = 0,264 \text{ м}^3/\text{с}$$

Объемный расход хлороводорода при рабочих условиях

$$V_1 = \frac{V_0 \times P_0 \times T_2}{P_1 \times T_0} = \frac{0,264 \times 0,1013 \times 358}{0,5 \times 273} = 0,0702 \text{ м}^3/\text{с}$$

Диаметр штуцера

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 0,0702}{3,14 \times 1,5}} = 0,244 \text{ м}$$

Принимаем по [3], с. 71 $d = 250$ мм

Составляем таблицу штуцеров

Табл. 18.1

Таблица штуцеров

Обозначение	Наименование	Кол-во	Проход условный D_y , мм	Давление условное P_y , МПа
А	Вход бензола	1	150	0,5
Б	Вход технического хлора	1	200	0,5
В	Выход реакционной массы	1	200	0,5
Г	Выход парогазовой смеси	1	250	0,5

Вывод: Познакомились с принципами расчета основного аппарата и рассчитали основные размеры реактора, сепаратора и штуцеров для входа и выхода продуктов.

Вариант студента: $m_x = 2959 + 10N$ кг/ч; $m_b = 11755 + 100N$ кг/ч; время смешения $\tau = N$ ч, где N - номер по журналу.

Практическая работа № 19 Расчет окислительной колонны

Цели и задачи:

1. Ознакомление с устройством и работой окислительной колонны
2. Научиться рассчитывать полезную высоту реактора

Оборудование:

1. Макет окислительной колонны

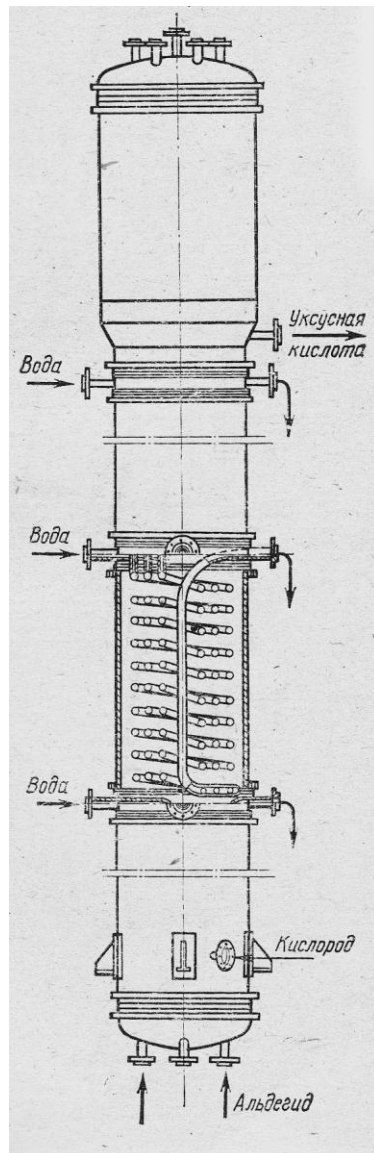
Раздаточный материал:

Учебник, справочная литература, МУ к ПР

Ход работы:

1. Ознакомление с устройством и работой окислительной колонны

Рис. 19.1

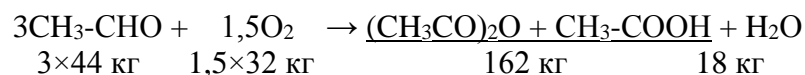


2. Уксусную кислоту получают совместно с уксусным ангидридом окислением ацетальдегида в реакторе внутренним диаметром 3,8 м. Производительность по смеси целевых продуктов 3200 кг/ч. Альдегидо-воздушная смесь, объемная доля ацетальдегида в которой 19 %, поступает в реактор с объемной скоростью 890 ч⁻¹. Определить полезную

высоту реактора, если степень конверсии ацетальдегида за один проход равна 13,4 %, а селективность по смеси целевых продуктов 94,5 %.

Р е ш е н и е

1. Составляем уравнение реакции



2. Определяем объемный расход ацетальдегида

$$\text{а) теоретический} \quad \frac{3200 \times 3 \times 22,4}{162} = 1327,4 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{б) фактический на входе} \quad 1327,4 \times \frac{100 \times 100}{13,4 \times 94,5} = 10483 \text{ м}^3/\text{ч}$$

3. Определяем объемный расход альдегидо-воздушной смеси для на входе в реактор

$$10483 \times \frac{100}{19} = 55174 \text{ м}^3/\text{ч}$$

4. Определяем рабочую вместимость реактора

$$\frac{55174}{890} = 62,0 \text{ м}^3$$

5. Определяем полезную высоту реактора

$$\frac{62,0}{0,785 \times 3,8^2} = 5,5 \text{ м}$$

Вывод: Познакомились с устройством и работой окислительной колонны и на основании проведенных расчетов определили, что полезная высота реактора равна 5,5 м.

Вариант студента: объемная доля ацетальдегида в смеси составляет $19 + 0,1N$ %; объемная скорость ацетальдегидо-воздушной смеси равна $890 + 10N$ ч⁻¹, где N – номер по журналу.

Практическая работа № 20
**Расчет материального и теплового баланса процесса в производстве
этанола прямой гидратацией этилена**

Цели и задачи:

1. Ознакомиться с устройством и принципом действия реактора гидратации этилена
2. Научиться составлять материальный и тепловой баланс гидратации этилена

Оборудование:

1. Макет гидрататора

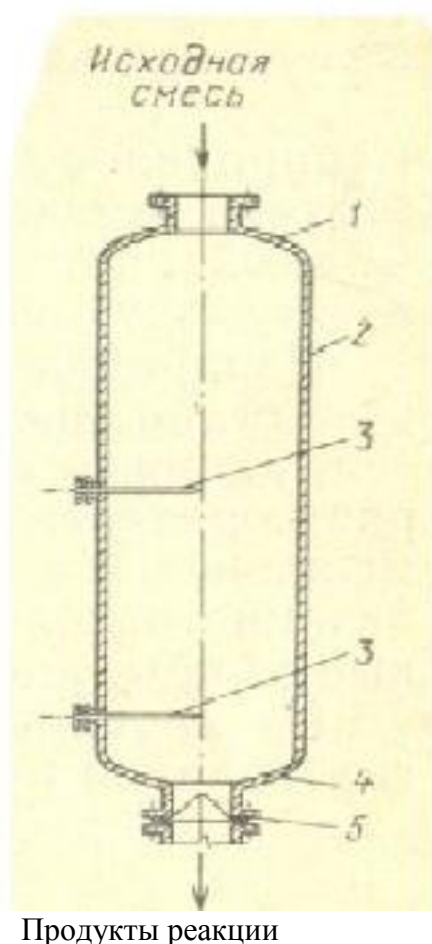
Раздаточный материал:

Учебник, справочная литература, МУ к ПР

Ход работы:

1. Ознакомление с устройством и принципом действия реактора гидратации этилена

Рис. 20.1



1 – крышка; 2 – корпус; 3 – карман для термодпары; 4 - днище; 5 – медный конус.

2. Расчет и составление материального и теплового балансов процесса прямой гидратации этилена

А) СОСТАВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА

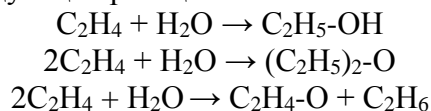
Исходные данные:

Годовая производительность по этиловому спирту, т	82000
Годовой фонд рабочего времени, ч	8160
Распределение этилена на образование продуктов (селективность), % масс.	
этанола	95,3
диэтилового эфира	2
ацетальдегида	2
полимеров	1
Мольное отношение водяной пар : этилен	0,68 : 1
Конверсия этилена, %	4,2

Решение

$$\begin{aligned} \text{Часовая производительность установки гидратации} \\ 82000 \times 1000 \\ \text{-----} = 10049 \text{ кг/ч} \\ 8160 \end{aligned}$$

В процессе происходят следующие реакции



Находим общий расход этилена с учетом селективности

$$\begin{aligned} 10049 \times 28 \times 100 \\ \text{-----} = 6439 \text{ кг/ч,} \\ 46 \times 95,8 \end{aligned}$$

где: 10049 - производительность установки по этанолу, кг/ч;
28 - молекулярная масса этилена, кг/кмоль;
46 - молекулярная масса этанола, кг/кмоль;
95,8 - селективность установки по этанолу, %.

Рассчитываем расход этилена на образование

$$\begin{aligned} \text{этанола} \quad 6439 \times 95,3/100 &= 6117 \text{ кг/ч} \\ \text{диэтилового эфира} \quad 6439 \times 2/100 &= 129 \text{ кг/ч} \\ \text{ацетальдегида} \quad 6439 \times 2/100 &= 129 \text{ кг/ч} \\ \text{полимеров} \quad 6439 \times 1/100 &= 64 \text{ кг/ч} \end{aligned}$$

Рассчитываем количество побочных продуктов

$$\begin{aligned} \text{диэтилового эфира} \quad 129 \times 74/56 &= 170 \text{ кг/ч} \\ \text{ацетальдегида} \quad 129 \times 44/56 &= 101 \text{ кг/ч} \\ \text{этана} \quad 129 \times 30/56 &= 69 \text{ кг/ч} \\ \text{полимеров} \quad 64 \text{ кг/ч} \end{aligned}$$

Определяем общий расход водяного пара

$$\begin{aligned} 10049 \quad 170 \quad 101 \\ \text{(----- + ----- + -----)} \times 18 + 4014 \text{ кг/ч} \\ 46 \quad 74 \quad 74 \end{aligned}$$

Рассчитываем количество этилена, загружаемого в реактор в расчете на 100 %-ный этилен

$$6439 \times 100/4,2 = 153310 \text{ кг/ч}$$

Рассчитываем общее количество веществ, подаваемых в гидрататор

$$\begin{aligned} \text{этилена} \quad 0,68 \times 153310/28 &= 3723 \text{ кмоль/ч} \\ \text{водяного пара} \quad 3723 \times 18 &= 67014 \text{ кг/ч} \end{aligned}$$

Рассчитываем общее количество непрореагировавших веществ

этилена $153310 - 6439 = 146871$ кг/ч
 водяного пара $67014 - 4014 = 63000$ кг/ч
 Составляем таблицу материального баланса

Табл. 20.1

Материальный баланс гидратации этилена

Приход	кг/ч	% масс.	Расход	кг/ч	% масс.
Этилен	153310	69,6	Этанол	10049	4,5
Пар водяной	67014	30,4	Диэтиловый эфир	170	0,08
			Ацетальдегид	101	0,05
			Этан	69	0,04
			Полимеры	65	0,03
			Этилен непрореагировавший	146871	66,7
Водяной пар непрореагировавший	63000	28,6			
Всего	220324	100,0	Всего	220324	100,0

Б) СОСТАВЛЕНИЕ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА

1. Определяем количество теплоты, поступающее в аппарат

$$Q_{\text{прих}} = Q_{\text{C}_2\text{H}_4} + Q_{\text{в.п.}} + Q_p,$$

где $Q_{\text{C}_2\text{H}_4}$ - количество теплоты, поступающей с этиленом, кВт;

$Q_{\text{в.п.}}$ - количество теплоты, поступающей с водяным паром, кВт;

Q_p - теплота экзотермических реакций, кВт

а) количество теплоты, поступающей с этиленом

$$m_{\text{C}_2\text{H}_4} \times c_{\text{C}_2\text{H}_4} \times t_{\text{C}_2\text{H}_4} \quad 153310 \times 1464 \times 270$$

$$Q_{\text{C}_2\text{H}_4} = \frac{\text{-----}}{1000} = \frac{\text{-----}}{3600 \times 1000} = 16997 \text{ кВт}$$

где m - массовый расход входящего (выходящего) вещества, кг/с;

c - средняя теплоемкость вещества ($c_{\text{C}_2\text{H}_4} = 1484$ Дж/кг×К ([5], с. 232))

t - температура на входе (выходе) аппарата, °С

б) количество теплоты, поступающей с водяным паром

$$67014 \times 2726$$

$$Q_{\text{в.п.}} = m \times I = \frac{\text{-----}}{3600} = 51794 \text{ кВт},$$

где I - энтальпия водяного пара при данной температуре ($I_{\text{в.п.}} = 1484$ Дж/кг×К ([5], с. 232))

в) теплоту экзотермических реакций рассчитываем по формуле

$$Q_p = \frac{m \times g \times 1000}{M \times 3600},$$

где m - массовый расход вещества, по которому дан показатель теплового эффекта реакции g , кДж/моль;

M - молекулярная масса вещества, кг/кмоль

$$g = \Delta H_{\text{обр.кон.}} - \Delta H_{\text{обр.нач.}},$$

где $\Delta H_{\text{обр.нач.}}(\text{кон.})$ - теплоты образования (сгорания)

По [5], с. 232

$$\Delta H_{\text{обр.}} \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = -234,80 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H_{\text{обр.}} \text{C}_2\text{H}_4 = 52,30 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H_{\text{обр.}} \text{H}_2\text{O} = -241,81 \text{ кДж/моль}$$

$$g = [-234,80 - 52,30 - (-241,81)] = 45 \text{ кДж/моль}$$

$$Q_p = \frac{10049 \times 45 \times 1000}{46 \times 3600} = 2731 \text{ кВт}$$

Общее количество приходящей теплоты

$$Q_{\text{прих}} = 16997 + 51794 + 2731 = 71522 \text{ кВт}$$

2. Определяем количество теплоты, выходящее из аппарата

$$Q_{\text{расх}} = Q_{\text{выгр}} + Q'_p + Q_{\text{пот}},$$

где $Q_{\text{выгр}}$ - количество теплоты, уходящее из аппарата с твердыми, жидкими и газообразными веществами, кВт;

$Q_{\text{пот}}$ - количество теплоты, теряющееся в окружающую среду, кВт;

Q'_p - теплота эндотермических реакций, кВт (отсутствует)

а) определяем $Q_{\text{выгр}}$

$$Q_{\text{выгр. C}_2\text{H}_5\text{OH}} = \frac{10049 \times 1348 \times 300}{3600 \times 1000} = 1213 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{выгр. (C}_2\text{H}_5)_2\text{O}} = \frac{170 \times 1419 \times 300}{3600 \times 1000} = 21 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{выгр. C}_2\text{H}_4\text{O}} = \frac{101 \times 1182 \times 300}{3600 \times 1000} = 11 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{выгр. C}_2\text{H}_6} = \frac{69 \times 1667 \times 300}{3600 \times 1000} = 10 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{выгр. полим.}} = \frac{64 \times 1600 \times 300}{3600 \times 1000} = 10 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{выгр. C}_2\text{H}_4 \text{ непрореаг.}} = \frac{146871 \times 1500 \times 300}{3600 \times 1000} = 18450 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{выгр. в.п. непрореаг.}} = 18 \times 2753 = 49554 \text{ кВт}$$

б) определяем $Q_{\text{пот}}$

$$Q_{\text{пот}} = 71522 \times 0,0315 = 2253 \text{ кВт}$$

Общее количество уходящей теплоты

$$Q_{\text{расх}} = 1213 + 21 + 11 + 10 + 10 + 18450 + 49554 + 2253 = 71552 \text{ кВт}$$

Составляем тепловой баланс

Табл. 20.2

Тепловой баланс гидрататора

Приход	кВт	%	Расход	кВт	%
Тепловой поток этилена	16997	23,78	Тепловой поток этанола	1213	1,7
Тепловой поток водяного пара	51794	72,42	Тепловой поток диэтилового эфира	21	0,03
Тепловой поток экзотермических реакций	2731	3,80	Тепловой поток ацетальдегида	11	0,02
			Тепловой поток этана	10	0,01
			Тепловой поток полимеров	10	0,01
			Тепловой поток этилена непрореаг.	18450	25,8
			Тепловой поток водяного пара непрореаг.	49554	69,28
			Потери тепла	2253	3,15
Всего	71522	100,0	Всего	71522	100,0

Вывод: Познакомились с устройством и принципом действия реактора гидратации этилена и составили материальный и тепловой баланс гидрататора.

Вариант студента: производительность установки по этанолу $82000 + 1000N$ т/год; годовой фонд рабочего времени $8160 + 10N$ м, где N – номер по журналу.

Практическая работа № 21
Составление материального баланса процесса получения 1,2-
дихлорэтана оксихлорированием этилена

Цели и задачи:

1. Ознакомление со схемой потоков реактора оксихлорирования
2. Научиться составлять материальный баланс процесса получения 1,2-дихлорэтана оксихлорированием этилена
3. Научиться составлять таблицу основных физических показателей веществ, участвующих в процессе

Оборудование:

1. Макет реактора оксихлорирования

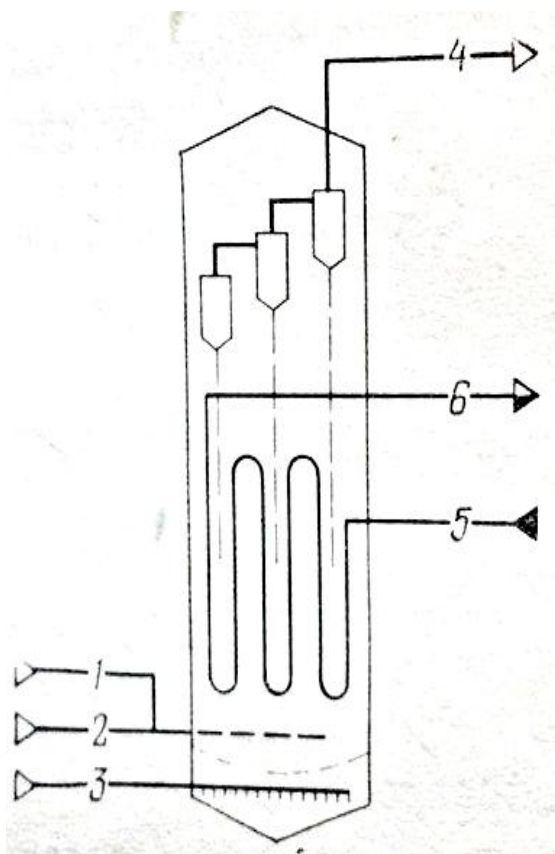
Раздаточный материал:

Учебник, справочная литература, МУ к ПР

Ход работы:

1. Ознакомление со схемой потоков реактора оксихлорирования этилена

Рис. 21.1



2. Составить материальный баланс процесса получения 1,2-дихлорэтана оксихлорированием этилена

Исходные данные:

Годовая производительность установки в расчете на 100 %-ный 1,2-дихлорэтан, т	250000
Годовой фонд рабочего времени, ч	8000
Потери 1,2-дихлорэтана на последующих стадиях, % масс.	2,5
Степень конверсии этилена, доли ед.	0,983
Селективность по 1,2 дихлорэтану в расчете на этилен	0,940
Состав технического этилена [$\varphi_i(x_i)$, %]	
метан	1,200
этилен	98,000
этан	0,795
пропилен	0,005
Степень конверсии хлороводорода, доли ед.	0,997
Состав технического хлороводорода [$\varphi_i(x_i)$, %]	
хлор	0,20
водород	0,47
азот	0,74
хлороводород	98,16
этан	0,24
тетрахлорэтилен	0,10
1,2-дихлорэтан	0,09

Р е ш е н и е

Часовая производительность установки по 100 %-ному 1,2-дихлорэтану

$$\frac{250000 \times 1000}{8000} = 31250 \text{ кг/ч}$$

В реакторе оксихлорирования необходимо получить 1,2-дихлорэтана (с учетом потери 2,5 % 1,2-дихлорэтана на последующих стадиях)

$$\frac{31250 \times 100}{100 - 2,5} = 32051 \text{ кг/ч} \quad \text{или} \quad \frac{32051}{99} = 323,747 \text{ кмоль/ч,}$$

где 99 - молярная масса дихлорэтана, г/моль.

Расход этилена с учетом селективности процесса

$$323,747 / 0,940 = 344,412 \text{ кмоль/ч}$$

В реактор оксихлорирования необходимо подать

$$100 \text{ \% -ного этилена с учетом степени конверсии} \\ 344,412 / 0,983 = 350,368 \text{ кмоль/ч}$$

технического этилена

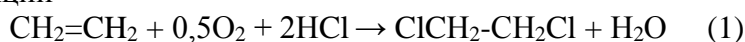
$$350,368 / 0,98 = 357,618 \text{ кмоль/ч}$$

Табл.21.1

Состав технического этилена по компонентам (поток 1)

	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₆	∑
x_i , %	1,200	98,000	0,795	0,005	100,000
n_{τ} , кмоль/ч	4,290	350,368	2,842	0,018	357,518
m_{τ} , кг/ч	68,6	9810,3	85,3	0,8	9965,0
ω_i , %	0,688	98,448	0,856	0,008	100,000

По целевой реакции



расходуется этилена 323,747 кмоль/ч или 9064,9 кг/ч

расходуется хлороводорода $2 \times 323,747 = 647,494$ кмоль/ч или 23363,5 кг/ч

расходуется кислорода $0,5 \times 323,747 = 161,874$ кмоль/ч или 5180,0 кг/ч

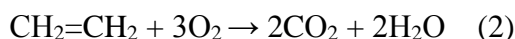
образуется 1,2-дихлорэтана 323,747 кмоль/ч или 32051,0 кг/ч

образуется водяного пара 323,747 кмоль/ч или 5180,0 кг/ч

Расход этилена на побочные реакции

$$344,412 - 323,747 = 20,665 \text{ кмоль/ч}$$

По реакции



реагирует 63 % этилена (по экспериментальным данным) от общего его расхода на побочные реакции, что составляет

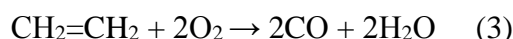
$$0,63 \times 20,665 = 13,019 \text{ кмоль/ч или } 364,6 \text{ кг/ч}$$

расходуется кислорода $3 \times 13,019 = 39,057$ кмоль/ч или 1249,8 кг/ч

образуется диоксида углерода $2 \times 13,019 = 26,038$ кмоль/ч или 1145,7 кг/ч

образуется водяного пара 26,038 кмоль/ч или 468,7 кг/ч

По реакции



реагирует 30 % этилена, что составляет

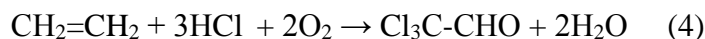
$$0,3 \times 20,665 = 6,200 \text{ кмоль/ч или } 173,6 \text{ кг/ч}$$

расходуется кислорода $2 \times 6,200 = 12,400$ кмоль/ч или 396,8 кг/ч

оксида углерода 12,400 кмоль/ч или 347,2 кг/ч

образуется водяного пара 12,400 кмоль/ч или 223,2 кг/ч

По реакции



реагирует 4 % этилена, что составляет

$$0,04 \times 20,665 = 0,826 \text{ кмоль/ч или } 23,1 \text{ кг/ч}$$

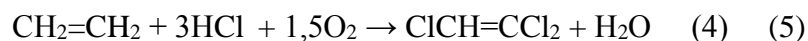
расходуется хлороводорода $3 \times 0,826 = 2,478$ кмоль/ч или 90,4 кг/ч

расходуется кислорода $2 \times 0,826 = 1,652$ кмоль/ч или 52,9 кг/ч

образуется хлораля (трихлорацетальдегида) 0,826 кмоль/ч или 121,8 кг/ч

образуется водяного пара 2,478 кмоль/ч или 44,6 кг/ч

По реакции



реагирует 2,5 % этилена, что составляет

$$0,025 \times 20,665 = 0,517 \text{ кмоль/ч или } 14,5 \text{ кг/ч}$$

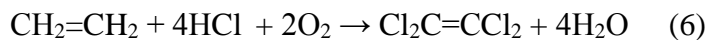
расходуется хлороводорода $3 \times 0,517 = 1,551$ кмоль/ч или 56,6 кг/ч

расходуется кислорода $1,5 \times 0,517 = 0,775$ кмоль/ч или 24,8 кг/ч

образуется трихлорэтилена 0,517 кмоль/ч или 68,0 кг/ч

образуется водяного пара 1,551 кмоль/ч или 27,9 кг/ч

По реакции



реагирует 0,5 % этилена, что составляет

$$0,005 \times 20,665 = 0,103 \text{ кмоль/ч или } 2,9 \text{ кг/ч}$$

расходуется хлороводорода $4 \times 0,103 = 0,412$ кмоль/ч или 15,0 кг/ч

расходуется кислорода $2 \times 0,103 = 0,206$ кмоль/ч или 6,6 кг/ч

образуется тетрахлорэтилена 0,103 кмоль/ч или 17,1 кг/ч

образуется водяного пара 0,412 кмоль/ч или 7,4 кг/ч

Расход хлороводорода по реакциям 1, 4÷6

$$647,494 + 2,478 + 1,551 + 0,412 = 651,935 \text{ кмоль/ч или } 23795,5 \text{ кг/ч}$$

Селективность процесса в расчете на хлороводород

$$647,494/651,935 = 0,993 \text{ или } 99,3 \%$$

Расход хлороводорода с учетом его степени конверсии

$$651,935/0,997 = 653,897 \text{ кмоль/ч или } 23867,2 \text{ кг/ч}$$

Остается хлороводорода в продуктах реакции

$$653,897 - 651,935 = 1,962 \text{ кмоль/ч или } 71,7 \text{ кг/ч}$$

Выход 1,2-дихлорэтана в расчете на поданный хлороводород

$$647,494/653,897 = 0,99 \text{ или } 99 \%$$

Расход технического хлороводорода с учетом его состава

$$653,897/0,9816 = 666,154 \text{ кмоль/ч}$$

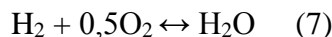
Табл. 21.2

Состав технического хлороводорода по компонентам (поток 2)

	Cl ₂	H ₂	N ₂	HCl	C ₂ H ₄	C ₂ Cl ₄	C ₂ H ₄ Cl ₂	∑
x _i , %	0,20	0,47	0,74	98,16	0,24	0,10	0,09	100,00
n _τ , кмоль/ч	1,332	3,131	4,929	653,897	1,599	0,666	0,600	666,154
m _τ , кг/ч	94,6	6,3	138,0	23867,2	48,0	110,6	59,4	24324,1

1,2-Дихлорэтан, присутствующий в техническом хлороводороде, теряется на последующих стадиях.

По реакции



расходуется водорода 3,131 кмоль/ч или 6,3 кг/ч

расходуется кислорода $0,5 \times 3,131 = 1,595$ кмоль/ч или 50,1 кг/ч

образуется водяного пара 3,131 кмоль/ч или 56,4 кг/ч

Расход кислорода по реакциям 1÷7

$$161,874 + 39,057 + 12,400 + 1,652 + 0,775 + 0,206 + 1,565 = 217,529 \text{ кмоль/ч}$$

$$\text{или } 6961,0 \text{ кг/ч}$$

Расход кислорода с учетом коэффициента избытка воздуха

$$217,529 \times 1,25 = 271,911 \text{ кмоль/ч или } 8701,2 \text{ кг/ч}$$

Остается кислорода в продуктах реакции

$$271,911 - 217,529 = 54,382 \text{ кмоль/ч или } 1740,2 \text{ кг/ч}$$

С воздухом поступает азота

$$0,79$$

$$271,911 \times \frac{0,21}{0,21} = 1022,903 \text{ кмоль/ч или } 28641,3 \text{ кг/ч,}$$

где 0,79 и 0,21 - объемная (молярная) доля азота и кислорода в сухом воздухе.

Всего подают воздуха (поток 3)

$$271,911 + 1022,903 = 1294,814 \text{ кмоль/ч или } 37342,5 \text{ кг/ч}$$

В продуктах реакции (с учетом состава потоков 1 и 2) содержится

азота $4,929 + 1022,903 = 1027,832$ кмоль/ч или 28779,3 кг/ч

этилена $350,368 - 344,412 = 5,956$ кмоль/ч или 166,7 кг/ч

этана $2,842 + 1,599 = 4,441$ кмоль/ч или 133,3 кг/ч

тетрахлорэтилена $0,666 + 0,103 = 0,769$ кмоль/ч или 127,7 кг/ч

1,2-дихлорэтана $323,747 + 0,600 = 324,347$ кмоль/ч или 32110,4 кг/ч

водяного пара (образуется по реакциям 1÷7)

$$323,747 + 26,038 + 12,400 + 2,478 + 1,551 + 0,412 + 3,131 = 369,757 \text{ кмоль/ч}$$

$$\text{или } 6655,6 \text{ кг/ч}$$

Составляем материальный баланс стадии окислительного хлорирования

Табл.21.3

Материальный баланс стадии окислительного хлорирования

Вещество	Приход		Вещество	Расход	
	кмоль/ч	кг/ч		кмоль/ч	кмоль/ч
Технический этилен (поток 1)	357,518	9965,0	Продукты реакции (поток 4)		
C ₂ H ₄	4,290	68,6	Cl ₂	1,332	94,6
C ₂ H ₄	350,368	9810,3	N ₂	1027,832	28779,3
C ₂ H ₆	2,842	85,3	O ₂	54,382	1740,2
C ₃ H ₆	0,018	0,8	CO	12,400	347,2

продолжение табл. 21.3					
Технический хлороводород (поток 2)	666,154	24324,1	CO ₂	26,038	1145,7
Cl ₂	1,332	94,6	HCl	1,962	71,7
H ₂	3,131	6,3	H ₂ O	369,757	6655,6
N ₂	4,929	138,0	CH ₄	4,290	68,6
HCl	653,897	23867,2	C ₂ H ₄	5,956	166,7
C ₂ H ₆	1,599	48,0	C ₂ H ₆	4,441	133,3
C ₂ Cl ₄	0,666	110,6	C ₃ H ₆	0,018	0,8
C ₂ H ₄ Cl ₂	0,60	59,4	C ₂ Cl ₄	0,769	127,7
Воздух (поток 3)	1294,814	37342,5	C ₂ H ₄ Cl ₂	324,347	32110,4
N ₂	1022,903	28641,3	CCl ₃ -CHO	0,826	121,8
O ₂	271,911	8701,2	CHCl=CCl ₂	0,517	68,0
Всего	2318,486	71631,6	Всего	1834,867	71631,6

Вывод: Познакомились со схемой материальных потоков реактора оксихлорирования этилена и составили материальный баланс стадии окислительного хлорирования.

Вариант студента: производительность установки по этанолу 250000 + 1000N т/год; годовой фонд рабочего времени 8000 + 10N м, где N - номер по журналу.

Практическая работа № 22

Составление материального баланса процесса окислительного аммонолиза пропилена

Цели и задачи:

1. Ознакомление с устройством и принципом действия реактора окислительного аммонолиза
1. Научиться составлению материального баланса процесса окислительного аммонолиза пропилена
2. Научиться заполнять таблицу физико-химических свойств веществ, участвующих в процессе

Оборудование:

1. Макет реактора окислительного аммонолиза

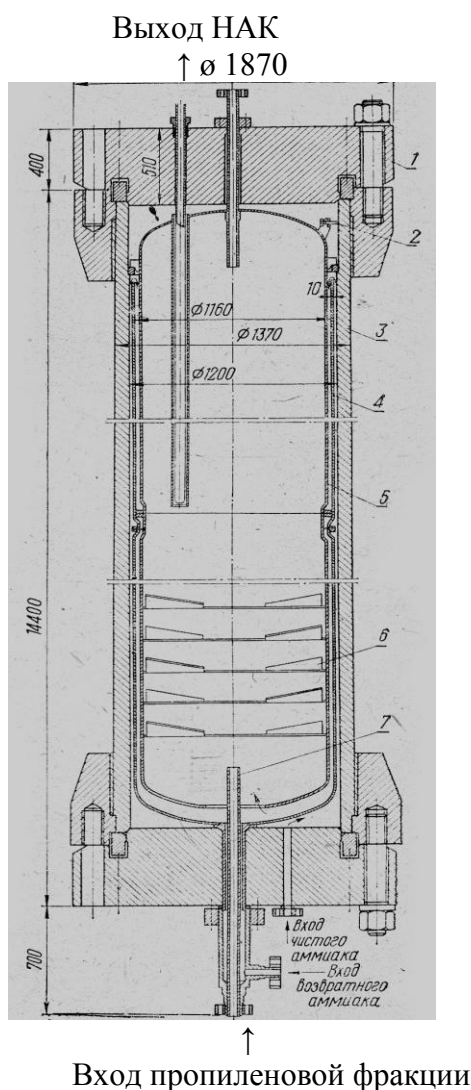
Раздаточный материал:

Учебник, справочная литература, МУ к ПР

Ход работы:

1. Ознакомление с устройством и принципом действия реактора окислительного аммонолиза пропилена

Рис. 22.1



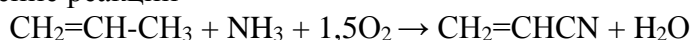
- 1 - крышка; 2 - обтюратор; 3 - корпус; 4 - наружный стакан; 5 - внутренний стакан; 6 - перегородки с направляющими лопастями; 7 – барботер.
2. Составляем материальный баланс реактора окислительного аммонолиза пропилена

Исходные данные:

Годовая производительность реактора по нитрилу акриловой кислоты (НАК), т	. 120000
Годовой фонд рабочего времени, ч	8000
Потери НАК, %	2
Мольное отношение NH ₃ : O ₂ : H ₂ O : C ₃ H ₆	0,9 : 1,7 : 3,0 : 1,0
Конверсия пропилена, %	85
Селективность по пропилену, %	80
Распределение пропилена на образование продуктов реакции (селективность), у.е.:	
НАК	0,80
(HCN + CH ₂ CN)	0,05
(CH ₃ CN + CH ₄)	0,035
CO ₂	0,07
CH ₂ =CH-CHO	0,015
полимеры	0,03
Состав пропиленовой фракции, % масс.	
C ₂ H ₆	0,4
C ₃ H ₆	98,6
C ₃ H ₈	1,0

Решение

Составляем уравнение реакции



Кроме этого, в процессе протекают побочные реакции и реакции расщепления, в результате которых образуются: метан (CH₄), углекислый газ (CO₂), пропан (C₃H₈), азот (N₂), синильная кислота (HCN), нитрил уксусной кислоты (CH₂=CHCHO), акролеин (CH₃CN), полимеры.

Рассчитываем молекулярные массы тех веществ, которые нам нужны при расчете

CH ₂ =CH-CH ₃	3×12 + 6×1 = 42 кг/кмоль
NH ₃	14 + 3×1 = 17 кг/кмоль
O ₂	2×16 = 32 кг/кмоль
CH ₂ =CHCN	3×12 + 3×1 + 14 = 53 кг/кмоль
H ₂ O	2×1 + 16 = 18 кг/кмоль

Количество НАК с учетом потерь

$$\frac{120000 \times 1000}{2} = 15306 \text{ кг/ч}$$

$$8000 \times \left(1 - \frac{2}{100}\right)$$

Количество превращенного пропилена

$$\frac{15306 \times 100}{1,262 \times 80} = 15160,5 \text{ кг/ч} \quad \text{или} \quad 361 \text{ кмоль/ч}$$

Количество пропилена в загрузке

$$\frac{15160,5 \times 100}{85} = 17835,3 \text{ кг/ч} \quad \text{или} \quad 424,6 \text{ кмоль/ч}$$

Табл. 22.1

Состав и количество пропиленовой фракции

	кг/ч	x _i , % масс.
C ₂ H ₆	71,3	0,4
C ₃ H ₆	17585,6	98,6
C ₃ H ₈	178,4	1,0
Всего	17835,3	100,0

Количество непревращенного пропилена

$$17,835,3 - 15160,5 = 2674,8 \text{ кг/ч}$$

Количество аммиака, подаваемого в реактор

$$17 \times 424,6 \times 0,9 = 6496,4 \text{ кг/ч}$$

Количество кислорода

$$32 \times 424,6 \times 1,7 = 23098,2 \text{ кг/ч}$$

Количество азота в воздухе

$$\frac{23098,2 \times 0,768}{0,232} = 76463,1 \text{ кг/ч}$$

Количество водяного пара

$$18 \times 424,6 \times 3 = 22928,4 \text{ кг/ч}$$

Расход реагентов на реакцию

$$\text{аммиака} \quad 361 \times (0,82 + 2 \times 0,05 + 0,035) = 337,5 \text{ кмоль/ч} \quad \text{или} \quad 5737,5 \text{ кг/ч}$$

кислорода

$$361 \times (1,5 \times 0,8 + 2 \times 0,05 + 0,5 \times 0,035 + 4,5 \times 0,07 + 0,015) = 594,7 \text{ кмоль/ч} \quad \text{или} \quad 19030,4 \text{ кг/ч}$$

Остается непревращенного NH₃

$$6494,6 - 5737,5 = 758,9 \text{ кг}$$

Остается непревращенного O₂

$$23098,2 - 19030,4 = 4067,8 \text{ кг}$$

Конверсия кислорода

$$\frac{19030,4 \times 100}{23098,2} = 82,4 \text{ \% масс.}$$

Количество продуктов реакции

нитрила акриловой кислоты

$$15306 \text{ кг/ч}$$

циановодорода

$$361 \times 0,05 \times 27 = 487,4 \text{ кг/ч}$$

метана

$$361 \times 0,05 \times 16 = 290,4 \text{ кг/ч}$$

нитрила уксусной кислоты

$$361 \times (0,05 + 0,035) \times 41 = 1258,1 \text{ кг/ч}$$

диоксида углерода

$$361 \times 3 \times 0,07 \times 44 = 3335,6 \text{ кг/ч}$$

акролеина

$$361 \times 3 \times 0,015 \times 56 = 303,2 \text{ кг/ч}$$

полимеров

$$15160,5 \times 0,03 = 454,8 \text{ кг/ч}$$

воды

$$361 \times (3 \times 0,8 + 4 \times 0,05 + 0,035 + 3 \times 0,07 + 0,015) \times 18 = 18584,3 \text{ кг/ч}$$

Составляем материальный баланс реактора

Табл. 22.2

Материальный баланс реактора окислительного аммонолиза пропилена

	Загрузка, кг/ч	Не вступило в реакцию, кг/ч	Продукты реакции, кг/ч	Контактный газ, кг/ч
CH ₄	-	-	202,2	202,2
C ₂ H ₆	71,3	71,3	-	71,3
C ₃ H ₆	17835,3	2674,8	-	2674,8
C ₃ H ₈	178,4	178,4	-	178,4
O ₂	23098,2	4067,8	-	4067,8
N ₂	76463,1	76463,1	-	76463,1
NH ₃	6496,4	758,9	-	758,9
H ₂ O	82928,4	82928,4	18584,3	101512,7
CO ₂	-	-	3335,6	3335,6
HCN	-	-	487,4	487,4
CH ₂ =CHCHO	-	-	303,2	303,2
CH ₂ =CHCN	-	-	15306,0	15306,0
CH ₃ CN	-	-	1258,1	1258,1
Полимеры	-	-	454,8	454,8
Всего	207071,7	167142,7	39931,6	207074,2

Невязка баланса составила 0,00001%.

Вывод: Познакомились с устройством и принципом действия реактора окислительного аммонолиза, составили материальный баланс процесса окислительного аммонолиза пропилена и заполнили таблицу физико-химических свойств веществ, участвующих в процессе.

Вариант студента: Годовая производительность по НАК 120000 + 2000N т; годовой фонд рабочего времени, 8000 + 100N ч, где N – номер по журналу.

Практическая работа № 23
Расчет вспомогательного оборудования
(сборник, насос, фильтр)

Цели и задачи:

1. Ознакомление с назначением и типами вспомогательного оборудования
2. Научиться рассчитывать вспомогательное оборудование (сборник, насос, фильтр)

Оборудование:

1. Макеты сборников, насосов, фильтров

Раздаточный материал:

Учебник, справочная литература, МУ к ПР

Ход работы:

1. Ознакомление с назначением и типами вспомогательного оборудования (сборник, насос, фильтр)
2. Произвести расчеты и подобрать сборник, насос, фильтр

а) Рассчитать вместимость и число сборников для жидкого продукта, если расход материала $m_\tau = 27500$ кг/ч, его плотность $\rho = 900$ кг/м³, время заполнения сборника $\tau = 0,25$ ч. Степень заполнения сборника принять равной $\phi_{\text{зап}} = 0,8$.

Рис. 23.1

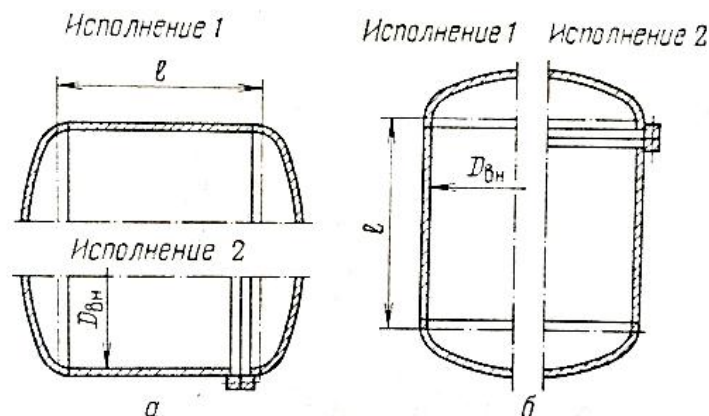


Рис. 2. Емкостные стальные сварные цилиндрические аппараты (ГОСТ 9931—79):
а — тип ГЭЭ; б — тип ВЭЭ

Решение

Определяем вместимость сборника

$$V = \frac{m_\tau \times \tau}{\rho \times \phi_{\text{зап}}} = \frac{27500 \times 0,25}{900 \times 0,8} = 9,55 \text{ м}^3$$

По [5], с. 32 устанавливаем, что полученным данным соответствует емкостной стальной цилиндрический аппарат, имеющий следующие характеристики:

Тип – ГЭЭ, исполнение 1, горизонтальный, с двумя эллиптическими днищами.
 Вместимость номинальная, м³ – 5,00.
 Диаметр внутренний, мм – 1400.
 Длина цилиндрической части, мм – 2785.
 Площадь поверхности внутренняя, м² – 16,5.

Таким образом, нужно установить два сборника.

б) Подобрать насос для перекачивания жидкого продукта, если расход материала $m_t = 27500$ кг/ч, его плотность $\rho = 900$ кг/м³, избыточное давление в расходном резервуаре $p_1 = 300$ Па, избыточное давление в приемном резервуаре $p_1 = 102000$ Па, Геометрическая высота подъема жидкости $H_r = 20$ м, гидравлическое сопротивление всасывающего трубопровода $h_{вс} = 1$ м, гидравлическое сопротивление нагнетательного трубопровода $h_n = 8$ м, к.п.д. насоса $\eta = 0,6$.

Рис. 23.2

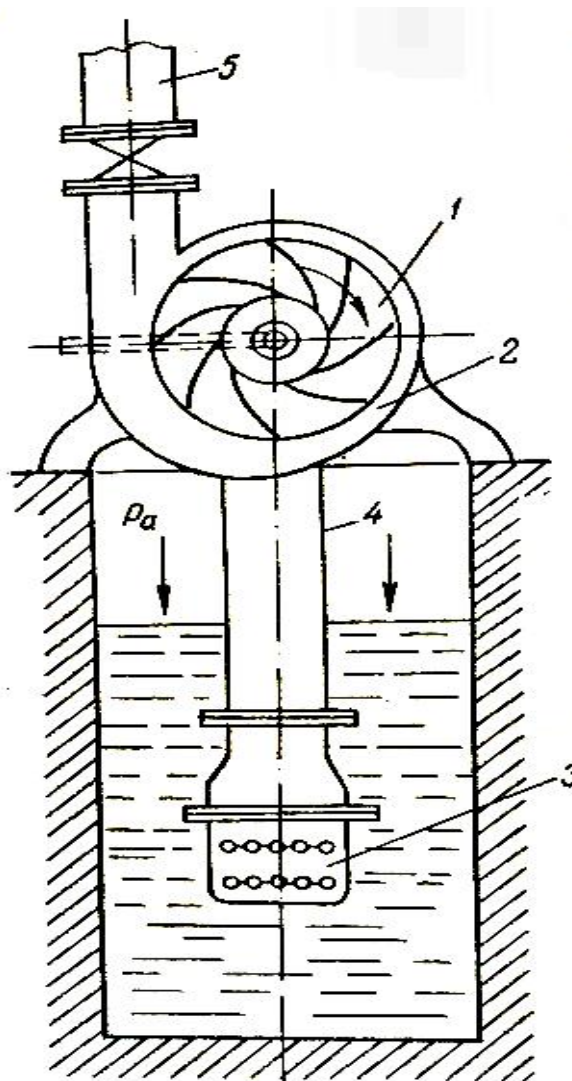


Рис. 1.10. Схема центробежного одноступенчатого насоса:

1 – рабочее колесо; 2 – корпус;
 3 – всасывающая сетка; 4 – всасывающий трубопровод; 5 – напорный трубопровод

Решение

Определяем объемный расход перекачиваемого продукта

$$V_{\tau} = \frac{m_{\tau}}{3600 \times \rho} = \frac{27500}{3600 \times 900} = 8,3 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

Определяем полный напор насоса

$$H = 20 + \frac{p_1 - p_2}{g \times \rho} + h_{\text{вс}} + h_{\text{н}} = 20 + \frac{102000 - 300}{9,81 \times 900} + 1 + 8 = 40,5 \text{ м}$$

Определяем полезную мощность насоса

$$N = \frac{V_{\tau} \times \rho \times g \times H}{\eta \times 1000} = \frac{8,3 \times 10^{-3} \times 900 \times 9,81 \times 40,5}{0,6 \times 1000} = 4,95 \text{ кВт}$$

Принимаем мощность электродвигателя с запасом 25 %, тогда его требуемая мощность составит

$$N_{\text{дв}} = 1,25 \times N = 1,25 \times 4,95 = 6,2 \text{ кВт}$$

По [5], с. 33 устанавливаем, что полученным данным соответствует центробежный насос марки Х45/54, который в оптимальных условиях работы имеет следующие технические характеристики: $V_{\tau} = 45 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H = 42 \text{ м}$, $\eta_{\text{н}} = 0,6$. Насос снабжен электродвигателем А02-71-2 с номинальной мощностью $N_{\text{ном}} = 22 \text{ кВт}$, к.п.д. $\eta_{\text{дв}} = 0,88$, частотой вращения вала $n = 48,3 \text{ с}^{-1}$.

Необходимо установить два насоса, в числе которых один рабочий, а другой резервный.

в) Подобрать тканевой фильтр для газа, расход которого $V_{\tau}^0 = 9700 \text{ м}^3/\text{ч}$, температура $t = 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$, разрежение в системе $\Delta p = 300 \text{ Па}$. Допустимая удельная нагрузка фильтра $\omega_{\text{г}} = 9 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^2 \times \text{с}$.

Решение

Определяем расход газа

$$V_{\tau} = \frac{V_{\tau}^0}{3600} \times \frac{T_1 \times p_0}{T_0 \times p_1} = \frac{9700}{3600} \times \frac{(45 + 273) \times 101300}{273 \times 101300} = 3,15 \text{ м}^3/\text{с}$$

Определяем общую площадь поверхности фильтра

$$F_{\text{ф}} = \frac{V_{\tau}}{\omega_{\text{г}}} = \frac{3,15}{9 \times 10^{-3}} = 350 \text{ м}^2$$

По [5], с. 35 устанавливаем, что полученным данным наиболее соответствует фильтр марки ФРКИ-60 с площадью фильтрующей поверхности $F_{\phi} = 360 \text{ м}^2$. Таким образом, следует установить один фильтр. Запас фильтрующей поверхности составит

$$360 - 300 + \frac{100}{300} = 20 \%$$

Вывод: Познакомились с назначением и типами вспомогательного оборудования, рассчитали сборник, центробежный насос и тканевой фильтр и по справочнику [5] подобрали конкретное оборудование.

Вариант студента: $m_{\tau} = 28000 + 1000N \text{ кг/ч}$, $V^0_{\tau} = 9700 + 100N \text{ м}^3/\text{ч}$ где N - номер по журналу.

Практическая работа № 24
Расчет вспомогательного оборудования
(газодувка, сепаратор)

Цели и задачи:

1. Ознакомление с назначением и типами вспомогательного оборудования
2. Научиться рассчитывать вспомогательное оборудование (газодувка, сепаратор)

Оборудование:

1. Макеты газодувки, сепаратора

Раздаточный материал:

Учебник, справочная литература, МУ к ПР

Ход работы:

1. Ознакомление с типами вспомогательного оборудования (газодувка, сепаратор)
2. Произвести расчеты и подобрать газодувку, сепаратор

а) Подобрать газодувку для подачи газа, расход которого $V_{\tau} = 3,15 \text{ м}^3/\text{с}$, разрежение в системе $\Delta p = 300 \text{ Па}$, давление после газодувки $p = 113125 \text{ Па}$. $\eta_{\Gamma} = 0,60$, $\eta_{\text{пер}} = 0,90$.

Рис. 24.1

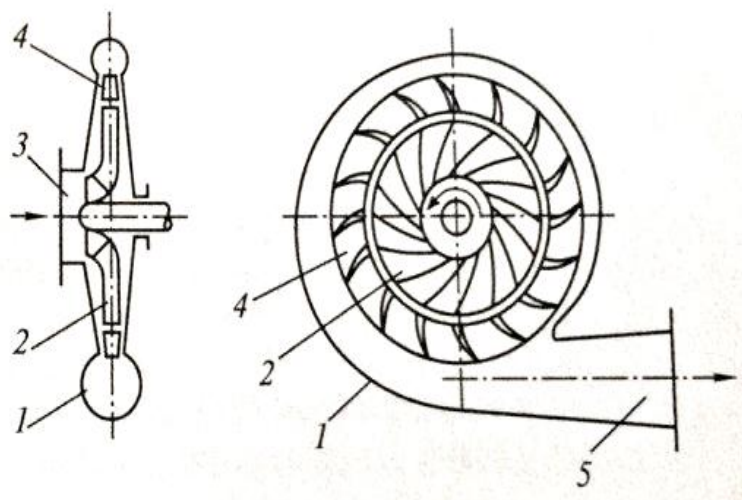


Рис. 2.16. Схема турбо-газодувки:

1 — корпус; 2 — рабочее колесо; 3, 5 — патрубки; 4 — направляющая

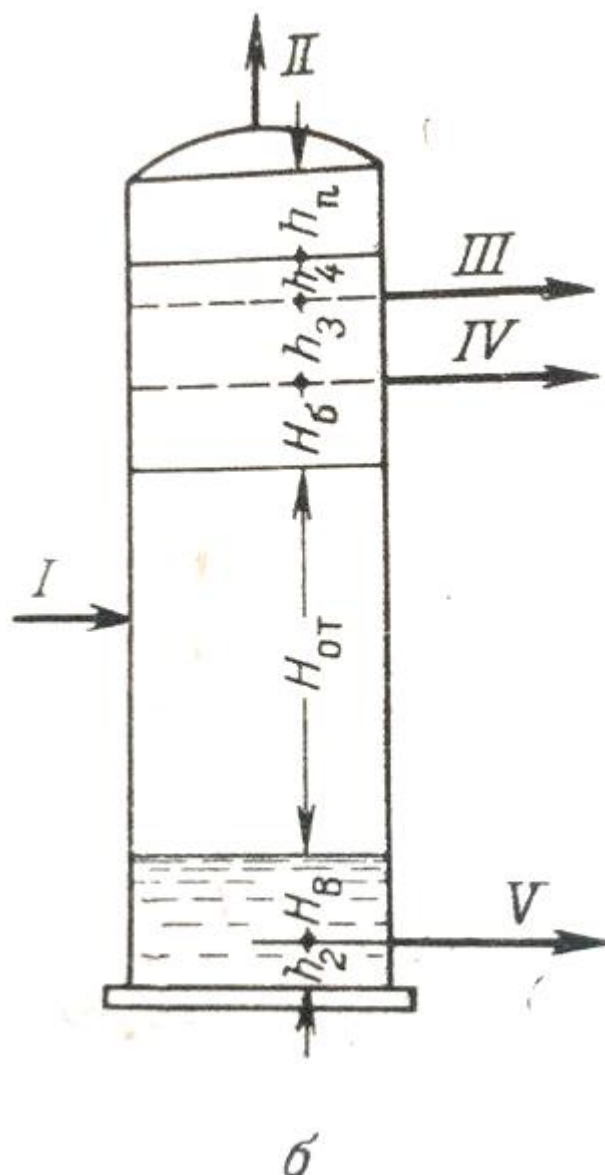
Решение

Определяем мощность, развиваемую электродвигателем газодувки

$$N = \frac{V_{\tau} \times \Delta p}{\eta_{\Gamma} \times \eta_{\text{пер}}} = \frac{3,15 \times (113125 - 101325)}{0,60 \times 0,98} = 63214 \text{ Вт} = 62,3 \text{ кВт}$$

По [5], с. 36 устанавливаем, что полученным данным соответствует газодувка марки ТВ-200-1,12, имеющая следующие характеристики: $V_{\tau} = 12000 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\Delta p = 1200 \text{ Па}$, тип электродвигателя А02-91-2, $N_{\text{ном}} = 75 \text{ кВт}$, $\eta_{\text{дв}} = 0,89$.

б) Рассчитать газожидкостной сепаратор для отделения влаги от газа, если его объемный расход при $t = 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$ и $p = 150 \text{ Па}$ составляет $V_{\tau} = 900 \text{ м}^3/\text{ч}$, плотность газа $\rho = 1,12 \text{ кг/м}^3$, коэффициент $A = 0,037$ ([5]. с. 36).



Решение

Выбираем с учетом параметров газа гравитационный сепаратор вертикального исполнения, в котором поток газа движется снизу вверх, а тяжелая фаза (вода) – сверху вниз.

Определяем критическую скорость газа

$$\omega_{кр} = A \times \sqrt{\frac{\rho_{ж} - \rho_{г}}{\rho_{г}}} = 0,037 \times \sqrt{\frac{1000,00 - 1,12}{1,12}} = 1,1 \text{ м/с}$$

Принимаем среднюю скорость газа в сепараторе $\omega = 1,0 \text{ м/с}$ и определяем диаметр сепаратора

$$D = 1,13 \times \sqrt{\frac{V_{\tau}}{\omega}} = 1,13 \times \sqrt{\frac{900}{3600 \times 1,0}} = 0,565 \text{ м}$$

С учетом стандартизованных размеров выбираем стальной цилиндрический аппарат с внутренним диаметром $D = 600$ мм и высотой сепарационной части $H_0 = 600$ мм.

Принимаем $\omega_{\text{вх}} = 10 \times \omega_{\text{кр}}$ и рассчитываем диаметр патрубка входного штуцера

$$D = 1,13 \times \sqrt{\frac{V_{\tau}}{\omega_{\text{вх}}}} = 1,13 \times \sqrt{\frac{900}{3600 \times 10}} = 0,179 \text{ м}$$

Для равномерного распределения скоростей потока по сечению сепаратора расстояние между входным и выходным штуцерами должно быть не меньше

$$H = H_0 \times \frac{D}{2} = 600 \times \frac{600}{2} = 900 \text{ мм}$$

Вывод: Ознакомились с назначением и типами вспомогательного оборудования, рассчитали газодувку и сепаратор и по справочнику [5] подобрали конкретное оборудование.

Вариант студента: для газодувки $V_{\tau} = 3,35 + 0,01N$ м³/с; для сепаратора $V_{\tau} = 950 + N$ м³/ч, где N – номер по журналу.

Министерство образования Белгородской области
Областное государственное автономное профессиональное
образовательное учреждение
«ШЕБЕКИНСКИЙ ТЕХНИКУМ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТРАНСПОРТА»

**Комплект оценочных средств
по профессиональному модулю**

**ПМ.02 Ведение технологического процесса с автоматическим
регулированием параметров и режимов**

Специальности 18.02.06. Химическая технология органических веществ

(БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ)

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по УМР

_____ В.Н. Долженкова

«__» _____ 2023 г.

Разработал преподаватель _____ А.И. Колесников

Эксперт от работодателя:

_____ ООО «ШИХ»
(место работы)

_____ Главный инженер
(занимаемая должность)

_____ А.М. Булкин
(инициалы, фамилия)

Рассмотрен на заседании

Цикловой комиссии

Протокол № __

«__» _____ 2023 г.

Председатель ЦК _____ И.В. Мандрикова

I. Паспорт комплекта оценочных средств

1. Область применения комплекта оценочных средств

Комплект оценочных средств предназначен для оценки результатов освоения профессионального модуля ПМ.02 Ведение технологического процесса с автоматическим регулированием параметров и режимов (далее - ПМ). Результатом освоения профессионального модуля является готовность обучающегося к выполнению вида профессиональной деятельности. Планирование и организация работы персонала структурного подразделения и составляющих его профессиональных компетенций, а также общие компетенции, формирующиеся в процессе освоения ОПОП в целом.

Форма аттестации по профессиональному модулю ПМ.02 Ведение технологического процесса с автоматическим регулированием параметров и режимов (в соответствии с учебным планом) - экзамен (квалификационный). Итогом экзамена является однозначное решение: «вид профессиональной деятельности освоен/не освоен».

Тип задания – комплексное, состоящее из двух этапов:

- 1) Теоретические задания, направленные на решение профессиональных задач и проверку сформированности профессиональных и общих компетенций
- 2) Практические задания, направленные на решение профессиональных задач и проверку сформированности профессиональных и общих компетенций

Условия выполнения задания:

1. **Место выполнения задания:**
Кабинет № 319.
2. **Максимальное время** выполнения работы: **40 минут.**
3. При **подготовке** к экзамену (квалификационному) обучающемуся предоставляются все необходимые условия: учебно-методические пособия, компьютер, доступ к источникам информации (ресурсы библиотеки техникума, учебных кабинетов, Интернета и т.п.).

Формы контроля и оценивания элементов профессионального модуля

Таблица 1

Элемент модуля	Форма контроля и оценивания	
	Промежуточная аттестация	Текущий контроль
МДК.02.01 Ведение технологического процесса с автоматическим регулированием параметров и режимов	ДЗ	<i>В форме:</i> - текущего контроля освоения теоретического материала; - защиты практических работ; - тестовых заданий; - защиты курсового проекта;
Курсовой проект МДК.02.01 Ведение технологического процесса с автоматическим регулированием параметров и режимов	ДЗ	- защиты курсового проекта;
ПП 02 Практика по профилю специальности	ДЗ	Наблюдение и экспертная оценка выполнения заданий Заполнение дневника практики Выполнение плана практики Отчет по практике

Результаты освоения модуля, подлежащие проверке

Таблица 2

Результаты освоения (объекты оценивания)	Основные показатели оценки результата	Критерии оценки показателей
<p>ПК 2.1. Подготавливать исходное сырье и материалы</p> <p>ПК 2.2. Поддерживать заданные параметры, технологического процесса с помощью контрольно-измерительных приборов и результатов аналитического контроля</p> <p>ПК 2.3. Выполнять требования промышленной и экологической безопасности и охраны труда</p> <p>ПК 2.4. Рассчитывать технико-экономические показатели технологического процесса</p> <p>ПК 2.5 Соблюдать нормативы образования газовых выбросов, сточных вод и отходов производства</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Правильность обоснования выбора типа технологического оборудования. - Правильность выбора оптимальных параметров и норм технологического режима. - Правильность работы с нормативными документами. - Полное выполнение требований инструкций и правил техники безопасности - Правильный выбор средств и методов оказания первой медицинской помощи - Положительная динамика в повышении качества обучения по ПМ - Наличие положительных отзывов по итогам производственной практики; - Грамотное использование информационно-коммуникационных технологий при поиске, обработке и хранению информации - Эффективный поиск необходимой информации при выполнении различных видов работ 	<ul style="list-style-type: none"> – Грамотность разработки технологического процесса – Точность решения задач по расчету производственной программы – Обоснованный выбор основного и вспомогательного оборудования для ведения технологического процесса – Правильность выбора контролируемых параметров для соблюдения норм технологического режима – Правильность принятия решения по результатам анализа показаний средств КИПиА – Правильность подготовки оборудования к выполнению планово-предупредительного ремонта – Соответствие нормативам и последовательности выполнения тех или иных видов работ – Своевременность выполнения регламентных работ – Скорость выполнения всех видов работ по устранению неполадок и сбоев в работе – Аргументированность выбора оптимальных способов восстановления деталей –

<p>ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.</p>	<ul style="list-style-type: none"> –Использование различных источников информации, включая электронные –Выбор необходимой информации с учетом целей и задач профессиональной деятельности –Оценка достоверности полученной информации –Структурирование профессиональной информации 	<ul style="list-style-type: none"> - Эффективный поиск необходимой информации при самостоятельной работе по ПМ: написании рефератов, докладов, сообщений и т.д. - Целесообразное использование различных источников информации при подготовке к семинарам, лабораторным и практическим занятиям - Оптимальный подбор и использование необходимой информации при выполнении курсовых проектов
<p>ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.</p>	<ul style="list-style-type: none"> –Применение математических методов и ПК в техническом нормировании, проектировании и выполнении чертежей – Демонстрация владения информационными технологиями – Оформление результатов самостоятельной работы с использованием ИКТ 	<ul style="list-style-type: none"> - Грамотное использование информационно-коммуникационных технологий при поиске, обработке и хранению информации - Эффективный поиск необходимой информации при выполнении различных видов исследовательских работ - Результативная работа с различными прикладными программами, АРМами, Интернет
<p>ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Проявление интереса к инновациям в области профессиональной деятельности – Поиск и анализ новых технологий в области производства органических веществ –Готовность к изучению и использованию новых технологий в профессиональной деятельности 	<ul style="list-style-type: none"> - Грамотный анализ инноваций в области разработки технологических процессов –Постоянный интерес к новейшим технологиям в области производства органических веществ –Положительные характеристики с производственной практики

В результате изучения профессионального модуля обучающийся должен:

иметь практический опыт:

- подготовки исходного сырья и материалов, безопасного ведения технологического процесса с помощью контрольно-измерительных приборов и результатов аналитического контроля;

уметь:

- применять знания теоретических основ химико-технологических процессов;
- снимать показания приборов и оценивать достоверность информации;
- регулировать и вести технологический процесс на оптимальных условиях по показаниям КИПиА;
- выявлять, анализировать и устранять причины отклонений от норм технологического режима;
- следить за своевременной откачкой сточных вод и контролировать их качество;
- осуществлять контроль работы, пуска и остановки газоочистных установок (ГОУ), выявлять и устранять нарушения в их работе;
- проводить упаковку и отгрузку твердых отходов;
- рассчитывать технико-экономические показатели технологического процесса;

знать:

- теоретические основы химико-технологических процессов;
- устройство и принцип действия средств управления технологическим процессом;
- сущность технологического процесса производства и правила его регулирования;
- оптимальные условия ведения технологического процесса;
- возможные нарушения технологического режима, их причины;
- состав и свойства промышленных отходов;
- основные методы утилизации отходов;
- основные технико-экономические показатели технологического процесса.

2. Комплект оценочных средств

2.1. Комплексное задание

Экзаменационный билет (образец)

Министерство образования Белгородской области
Областное государственное автономное профессиональное образовательное
учреждение
**«ШЕБЕКИНСКИЙ ТЕХНИКУМ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТРАНСПОРТА»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель директора (по УР)

_____ О.А. Маслиева

«___» _____ 202__ г.

Экзамен (квалификационный)

ПМ.02 Ведение технологического процесса с автоматическим регулированием параметров и режимов

Специальность **18.02.06** Химическая технология органических веществ

Курс 4

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Заполнение таблицы физико-химических свойств веществ.
2. Теоретические основы процесса хлорирования. Хлорирующие агенты. Способы проведения процесса хлорирования.
3. В реактор для получения этилбензола поступает 15 т/ч бензола. Конверсия бензола равна 31 %, селективность по этилбензолу 85 %. Определить производительность по этилбензолу.

Преподаватель: _____

А.И. Колесников

Рассмотрен на заседании
цикловой комиссии

«___» _____ 2020 г.

Протокол № ___

Председатель ЦК _____ И.В. Мандрикова

2.2. Обязательные документы:

- итоговая оценка за семестр по МДК. 02.01 Ведение технологического процесса с автоматическим регулированием параметров и режимов (приложение);
- ведомость выполнения практических работ по МДК.02.01 Ведение технологического процесса с автоматическим регулированием параметров и режимов (приложение);
- аттестационный лист по производственной практике 4 курс (приложение);
- производственная характеристика 4 курс (приложение).

2.3 Дополнительные материалы:

- результаты самостоятельной работы студента по МДК. 02.01 Ведение технологического процесса с автоматическим регулированием параметров и режимов: рефераты, доклады, индивидуальные задания (выданные преподавателями);
- сведения об участии студента в олимпиадах и конкурсах профессионального мастерства, конференциях по профилю специальности (копии дипломов, грамот, свидетельств);
- сведения об участии студента в профориентационной работе и представлении техникума (специальности) в школах города, района;
- документы о поощрении за участие в мероприятиях различного уровня (техникумовских, областных, региональных, всероссийских, международных);
- грамоты, дипломы за спортивные и общественные достижения;
- приказы о поощрениях;

Требования к бумажным носителям:

- параметры текстового редактора: поля: верхнее, нижнее - 2 см, левое - 3 см, правое - 1,5 см; шрифт Times New Roman; размер шрифта - 14, межстрочный интервал - одинарный, выравнивание - по ширине, красная строка - 1,25 см;
- в текстах не допускается сокращение названий и наименований;
- все страницы нумеруются (нумерация начинается с титульного листа, номер на титульном листе не ставится);
- портфолио формируется в одной папке-накопителе с файлами.

Пакет экзаменатора

1. ФИО студента _____
2. Группа Х-9-
3. Специальность 18.02.06 Химическая технология органических веществ

Тип задания - комплексное, состоящее из двух этапов:

- 1). проверка теоретических знаний по экзаменационным билетам, содержащим 3 вопроса;
- 2). задание, направленное на проверку сформированности профессиональных и общих компетенций.

В результате аттестации по профессиональному модулю осуществляется комплексная оценка следующих профессиональных и общих компетенций:

Результаты освоения (объекты оценки)	Критерии оценки результата	Отметка выполнении (да/нет) о
<p>ПК 2.1. Подготавливать исходное сырье и материалы</p> <p>ПК 2.2. Поддерживать заданные параметры технологического процесса с помощью контрольно-измерительных приборов и результатов аналитического контроля</p> <p>ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.</p> <p>ОК 2. Организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов ее достижения, определенных руководителем.</p> <p>ОК 3. Осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Правильность обоснования выбора типа сырья и материалов. - Правильность выбора оптимальных параметров и норм технологического режима. - Правильность работы с нормативными документами. - Полное выполнение требований инструкций и правил техники безопасности - Правильный выбор средств и методов оказания первой медицинской помощи - Положительная динамика в повышении качества обучения по ПМ - Наличие положительных отзывов по итогам производственной практики; - Активное участие в НСО, студенческих олимпиадах, научно-практических конференциях, в органах студенческого самоуправления, в социально-проектной деятельности - Грамотное использование информационно-коммуникационных технологий при поиске, обработке и хранению информации - Эффективный поиск необходимой информации при выполнении различных видов работ 	
<p>ОК 4. Анализировать рабочую ситуацию, осуществлять текущий и итоговый контроль, оценку и коррекцию собственной деятельности, нести ответственность за результаты своей работы.</p> <p>ОК 5. Работать в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, клиентами</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Рациональное распределение времени при выполнении работ - Рациональное планирование своей деятельности - Аргументированная оценка итогов производственной деятельности в сложившейся рабочей ситуации - Оптимальный выбор методов и способов решения профессиональных задач - Объективный анализ производственной ситуации - Точность и быстрота оценки производственной ситуации - Самостоятельность в принятии оптимальных решений в стандартных и 	

	<p>нестандартных ситуациях</p> <ul style="list-style-type: none">- Ответственность за принятые решения- Добросовестное выполнение обязанностей в соответствии с распределением групповой деятельности- Корректное отношение к членам коллектива в ходе освоения профессионального модуля- Уважительное отношение к преподавателям, мастерам, руководству, клиентам	
--	---	--

КОНТРОЛЬНАЯ ВЕДОМОСТЬ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

ПМ. 02 Ведение технологического процесса с автоматическим регулированием параметров и режимов

Специальность: **18.02.06 Химическая технология органических веществ**

Курс, группа: **4 курс X-9-** группа

Ф.И.О. обучающегося: _____

№ п/п	Показатели оценки результата	Оценка за проверку теоретических знаний	Оценка за проверку практических навыков	Итог
ПК 2.1. Подготавливать исходное сырье и материалы	<ul style="list-style-type: none"> - обосновать выбор типа исходного сырья и вспомогательных материалов; - показать умение работать с нормативными документами по выбору оптимального типа сырья и основных параметров технологического процесса; - умение подготавливать оборудование к проведению ремонтных работ; 			
ПК 2.2. Поддерживать заданные параметры технологического процесса с помощью контрольно-измерительных приборов и результатов аналитического контроля	<ul style="list-style-type: none"> - показать умение рассчитывать технико-экономические показатели технологического процесса; - выполнять требования промышленной и экологической безопасности и охраны труда; - соблюдать нормативы образования газовых выбросов, сточных вод и отходов производства; - соблюдать правила безопасности труда и внутреннего трудового распорядка; - уметь оказать первую помощь пострадавшим на производстве; - соблюдать требования производственной (должностной) инструкции; 			
ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к	<ul style="list-style-type: none"> - объяснение значимости подготовительных работ для качества выпускаемого изделия; - участие в работе кружка технического творчества; 			

ней устойчивый интерес.	- участие в конкурсах профессионального мастерства и т.п.;			
ОК 2. Организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов ее достижения, определенных руководителем.	- оценка эффективности и качества выполнения;			
ОК 3. Анализировать рабочую ситуацию, осуществлять текущий и итоговый контроль, оценку и коррекцию собственной деятельности, нести ответственность за результаты своей работы.	- самоанализ и коррекция результатов собственной работы;			
ОК 4. Осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.	- отбор и использование необходимой информации для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития			
ОК 5. Работать в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, клиентами	- корректное взаимодействие с обучающимися, педагогами, мастерами-наставниками, клиентами в ходе освоения профессионального модуля; - успешное взаимодействие при работе в парах, малых группах; - участие в спортивных и культурных мероприятиях различного уровня.			

Оценка за экзамен (квалификационный): _____

Подписи экзаменаторов: _____

Дата проведения:

__ . __ . 20__ г.

Индивидуальные показатели успеваемости

ФИО студента _____

Группа Х-9-

Специальность 18.02.06 Химическая технология органических веществ

Элемент модуля	Результаты промежуточной аттестации		
	Форма промежуточной аттестации	Оценка	Ф.И.О. преподавателя
МДК 02.01. Управление технологическими процессами производства органических веществ	ДЗ (диф.зачет) (4 к)		А.И. Колесников
КП на тему «_____»	ДЗ (диф.зачет) (4 к)		А.И. Колесников
ПП. 02	ДЗ (диф.зачет) (4 к)		А.И. Колесников

Заместитель директора
по учебной работе

(подпись)

О.А. Маслиева
(И.О.Фамилия)

Заведующая отделением

(подпись)

И.В. Мандрикова
(И.О.Фамилия)

Ведомость выполнения практических работ по профессиональному модулю

1. ФИО студента _____

2. Группа Х-9-

Специальность 18.02.06 Химическая технология органических веществ

№ п/п	Тема работы	Оценка
1.	Графическое изображение технологических схем по ЕСКД	
2.	Основные показатели химико-технологического процесса	
3.	Расчет состава газовой смеси	
4.	Принципы составления материального баланса. Составление Материального баланса процесса пиролиза метана	
5.	Составление материального баланса процесса получения этилена из этана	
6.	Расчет расходных коэффициентов	
7.	Принципы составления теплового баланса	
8.	Составление теплового баланса процесса получения этилена из этана	
9.	Определение высоты цилиндрической части реактора изомеризации	
10.	Составление материального баланса процесса получения бутадиена-1,3 дегидрированием н-бутенов	
11.	Составление материального баланса процесса получения изооктана	
12.	Составление материального и теплового балансов процесса получения циклогексана	
13.	Составление материального баланса процесса получения бутадиена-1,3 одностадийным дегидрированием н-бутана	
14.	Составление материального баланса процесса получения изооктана	
15.	Составление материального баланса процесса получения этилбензола в присутствии $AlCl_3$	
16.	Составление теплового баланса процесса получения этилбензола в присутствии $AlCl_3$	
17.	Расчет материального баланса процесса получения этиленоксида эпоксированием этилена	
18.	Расчет материального баланса процесса получения уксусной кислоты окислением ацетальдегида	
19.	Принципы расчета основного аппарата	
20.	Расчет окислительной колонны	
21.	Расчет материального и теплового баланса процесса производства этанола прямой гидратацией этилена	
22.	Составление материального баланса процесса получения 1,2-дихлорэтана оксихлорированием этилена	
23.	Составление материального баланса процесса окислительного аммонолиза пропилена	
24.	Расчет вспомогательного оборудования (сборник, насос, фильтр)	
25.	Расчет вспомогательного оборудования (газодувка, сепаратор)	

Заместитель директора
по учебной работе

(подпись)

О.А. Маслиева
(И.О.Фамилия)

Заведующая отделением

(подпись)

И.В. Мандрикова

(И.О.Фамилия)

Дневник учебной практики

**ПМ .02 Ведение технологического процесса с автоматическим
регулированием параметров и режимов**
(наименование профессионального модуля)

Семестр **8** с _____ по _____ **202** г.
(время прохождения практики)

Ф.И.О. обучающегося:

Группа:

X-9-

Специальность/профессия:

18.02.06 Химическая технология органических веществ

Место прохождения практики:

«Шебекинский техникум промышленности и транспорта»

г. Шебекино, ул. Харьковская, 51

Программа учебной практики по ПМ. 02 выполнена

_____ (указать полностью или не полностью)

За время прохождения практики пропустил:

_____ дней

Практика была

_____ (указать, оплачиваемая или не оплачиваемая, при возможности указывается примерная сумма заработка)

Руководитель практики (наставник) от предприятия

_____ (подпись) _____ (Ф.И.О.)

МП

Руководитель практики (куратор) от ОГАПОУ «ШТПТ»

_____ А.И. Колесников
(подпись) (Ф.И.О)

МП

Шебекино, 202__ г.

Дневник производственной практики

ПМ. 02 Ведение технологического процесса с автоматическим регулированием параметров и режимов

(наименование профессионального модуля)

Семестр 8 с _____ по _____ 20 г.
(время прохождения практики)

Ф.И.О. обучающегося: _____

Группа: X-9-1
Специальность /профессия 18.02.06 Химическая технология органических веществ

Место прохождения практики: _____

Программа производственной практики по ПМ. 02 выполнена _____
(указать полностью или не полностью)

За время прохождения практики пропустил: _____ дней
Практика была _____
(указать, оплачиваемая или не оплачиваемая, при возможности указывается примерная сумма заработка)

Руководитель практики (наставник) от предприятия _____
(подпись) _____ (Ф.И.О.)
МП

Руководитель практики (куратор) от ОГАПОУ «ШТПТ» _____
(подпись) _____ А.И. Колесников
МП (Ф.И.О.)

Шебекино, 202__ г.

Аттестационный лист по производственной практике

Ф.И.О. обучающегося

Группа

Специальность

Х-9-1

18.02.06 Химическая технология органических веществ

Место проведения практики:

наименование предприятия

юридический адрес

Время проведения практики

с _____ по _____ 20 ____ года.

Наименование практики

ПП.02 Ведение технологического процесса с автоматическим регулированием параметров и процессов

Виды и объем работ, выполненные обучающимся во время практики:

Вид работ	Продолжительность периода практики (часы)	Качество выполнения работ: «5» (отлично), «4» (хорошо), «3» (удовл.), «2» (неудовл.)
Выполнение (изучение/наблюдение) работ по подготовке исходного сырья и материалов. Выполнение работ по поддержанию оптимальных условий ведения технологического процесса.	6	
Выполнение (изучение/наблюдение) работ по регулированию технологического процесса производства. Устройство и принцип действия средств управления технологическим процессом.	6	
Выполнение (изучение/наблюдение) работ по снятию показаний приборов и оценке достоверности их информации. Выполнение (изучение/наблюдение) работ по регулированию и ведению технологического процесса при оптимальных условиях по показаниям КИП.	12	
Выполнение (изучение/наблюдение) работ по выявлению возможных нарушений технологического режима и анализу их причин. Выполнение (изучение/наблюдение) работ по аналитическому контролю производства.	6	
Выполнение работ по безопасному ведению технологического процесса с помощью контрольно-измерительных приборов и результатов аналитического контроля. Выполнение работ по внесению корректив в ход технологического процесса по результатам аналитического контроля.	18	
Выполнение работ по поддержанию заданных параметров технологического процесса с помощью контрольно-измерительных приборов и результатов аналитического контроля.	18	

Выполнение работ по соблюдению нормативов образования газовых выбросов, сточных вод и твердых отходов производства.	12	
Состав и свойства промышленных отходов. Выполнение работ по утилизации отходов. Устройство и принципы работы оборудования для утилизации отходов.	18	
Выполнение работ по своевременной откачке сточных вод и контролю их качества. Выполнение работ по упаковке и отгрузке твердых отходов.	12	
Выполнение работ по пуску и остановке газоочистных установок, выявление и устранение нарушений в их работе.	18	
Расчет основных технико-экономических показателей технологического процесса.	12	
Выполнение зачетной квалификационной работы	6	
Всего:	144	

Руководитель
производственной практики

(подпись)

(Ф.И.О.)

МП

«__» _____ 202__ г.

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

на обучающегося _____
(Фамилия, Имя, Отчество)

ОГАПОУ «Шебекинский техникум промышленности и транспорта»

Группа № X-9-1 специальности 18.02.06 Химическая технология органических веществ

Обучающийся _____ в период производственной практики на

(наименование предприятия)

Фактически отработал с «__» _____ 20__ г.

по «__» _____ 20__ г.

и выполнял работы _____

(перечень работ и рабочих мест)

качество выполнения работ _____

Освоил

ПК 2.1 Подготавливать исходное сырье и материалы

ПК 2.2 Поддерживать заданные параметры технологического процесса с помощью контрольно-измерительных приборов и результатов аналитического контроля

ПК 2.3 Выполнять требования промышленной и экологической безопасности и охраны труда

ПК 2.4 Рассчитать технико-экономические показатели технологического процесса

ПК 2.5 Соблюдать нормативы образования газовых выбросов, сточных вод и отходов производства

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Трудовая дисциплина _____

Практикант _____

ВПД 2. Управление технологическими процессами производства органических веществ

ФИО, (ВПД освоил/ не освоил)

Наставник практики _____

/ _____ /

Куратор практики _____

/А.И.Колесников /

МП

«__» _____ 20__ г.