

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ДГТУ)**

Кафедра «Химические технологии нефтегазового комплекса»

**Методические указания**

к практическим и контрольным работам

по дисциплине

«**Основы технологии нефтехимического синтеза**»

Ростов-на-Дону

2025

УДК: 547

Составители: д.т.н. Жукова И.Ю., к. т. н. Шубина Е.Н.,

Методические указания по освоению дисциплины «Основы технологии нефтехимического синтеза ". /ДГТУ, г. Ростов-на-Дону, 2025\_ г.

В методических указаниях содержатся рекомендации по деятельности обучающегося в ходе освоения дисциплины «Основы технологии нефтехимического синтеза», в том числе, проведения различных видов учебных занятий, выполнения самостоятельной работы, контрольные задания для выполнения контрольных работ, а также используемым в учебном процессе техническим средствам, информационно-коммуникационным и образовательным технологиям.

Предназначено для обучающихся очного и заочного обучения по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология.

УДК 547

Печатается по решению редакционно-издательского совета

Донского государственного технического университета

Ответственный за выпуск:

зав. кафедрой ХТНГК Жукова Ирина Юрьевна

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

В печать \_\_.\_\_.20\_\_ г.

Формат 60×84/16. Объем \_\_ усл. п. л.

Тираж \_\_ экз. Заказ № \_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Издательский центр ДГТУ

Адрес университета и полиграфического предприятия:

344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

© Донской государственный

технический университет, 2025\_\_

**Содержание**

[1 Основные показатели технологического процесса 4](#_Toc201776370)

[Примеры расчетных задач 7](#_Toc201776371)

[Задачи для самостоятельного решения 8](#_Toc201776372)

[2 Разработка технологической схемы многостадийного производства 10](#_Toc201776373)

[Задачи на самостоятельную разработку технологических схем многостадийных производств 11](#_Toc201776374)

[3 Требования к выполнению контрольных работ 12](#_Toc201776375)

[4 Варианты контрольных работ 14](#_Toc201776376)

[Перечень информационных источников 15](#_Toc201776377)

**ВВЕДЕНИЕ**

Приведены главные теоретические положения, лежащие в основе проводимых реакций, методики выполнения синтезов, методы контроля за ходом процесса и анализа образующихся продуктов, расчета основных показателей процессов получения мономеров для полимерных материалов и других продуктов нефтехимического синтеза.

Предназначено для обучающихся по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология для всех форм обучения.

# 1 Основные показатели технологического процесса

Нефтехимические процессы характеризуются следующими основными показателями.

*Конверсия исходного сырья* — количество превращенного сырья (компонента сырья), отнесенное к загрузке реактора, выраженное в процентах или долях единицы.

Рассмотрим простейшую реакцию:

A=B+C

где В — целевой продукт.

Пусть количество компонента *А* в загрузке реактора равно , в продуктах реакции , (кг/ч), и (кмоль/ч). Тогда конверсию компонента *А* (в %) можно выразить следующим образом:

(1.1)

Конверсия характеризует степень превращения сырья в целевые и побочные продукты и, в конечном счете, количество сырья, подлежащего рециркуляции.

*Выход целевого продукта в расчете на пропущенное сырье* — количество целевого продукта, отнесенное к загрузке реактора, выраженное в % (масс.)или массовых долях.

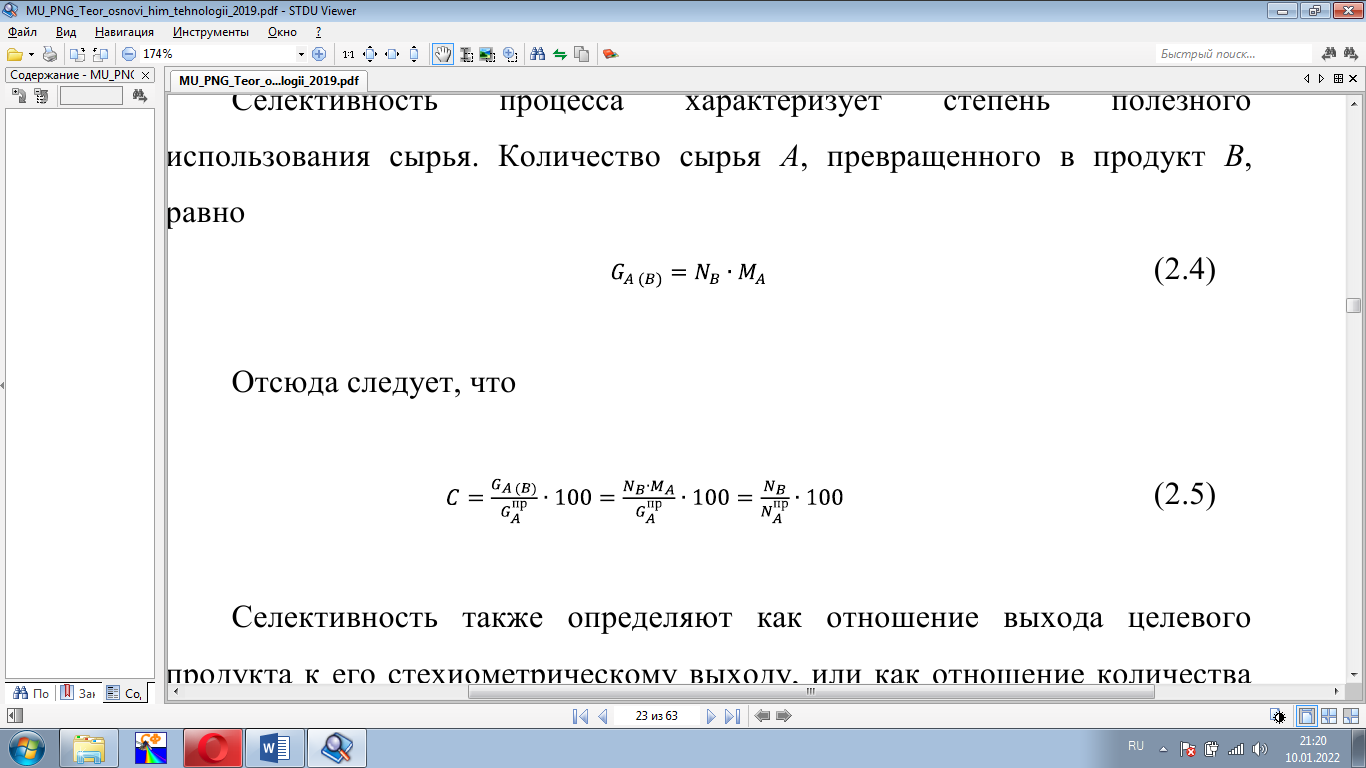
Если количество целевого продукта обозначить (кг/ч), то выход продукта *В* в расчете на пропущенное сырье составит:

(1.2)

*Селективность* — доля (или процент) превращенного сырья, израсходованная на образование целевого продукта:

(1.3)

Селективность процесса характеризует степень полезного использования сырья. Количество сырья *А*, превращенного в продукт *В*, равно

 (1.4)

Отсюда следует, что

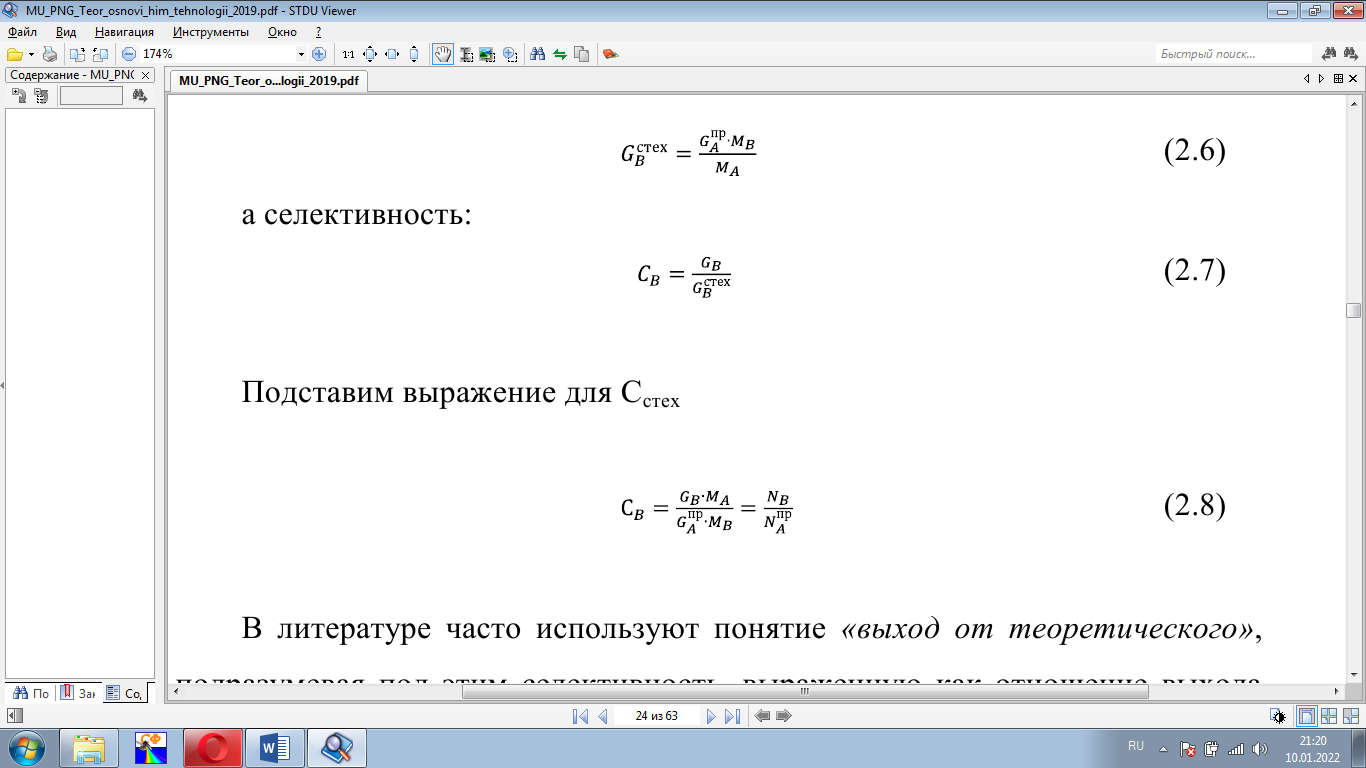




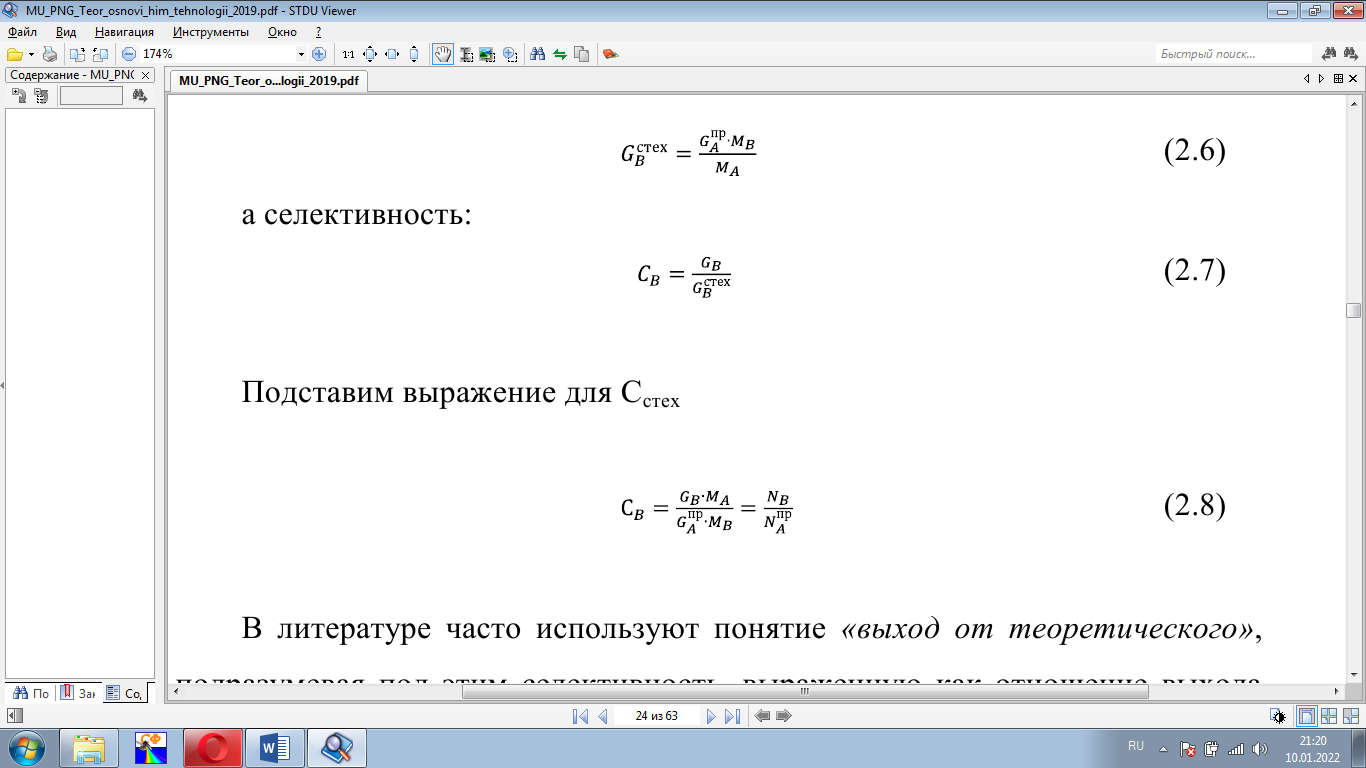
Селективность также определяют, как отношение выхода целевого продукта к его стехиометрическому выходу, или как отношение количества целевого продукта к его стехиометрическому количеству, которое могло бы образоваться при отсутствии побочных реакций.

Если бы реакция шла без образования побочных продуктов, то

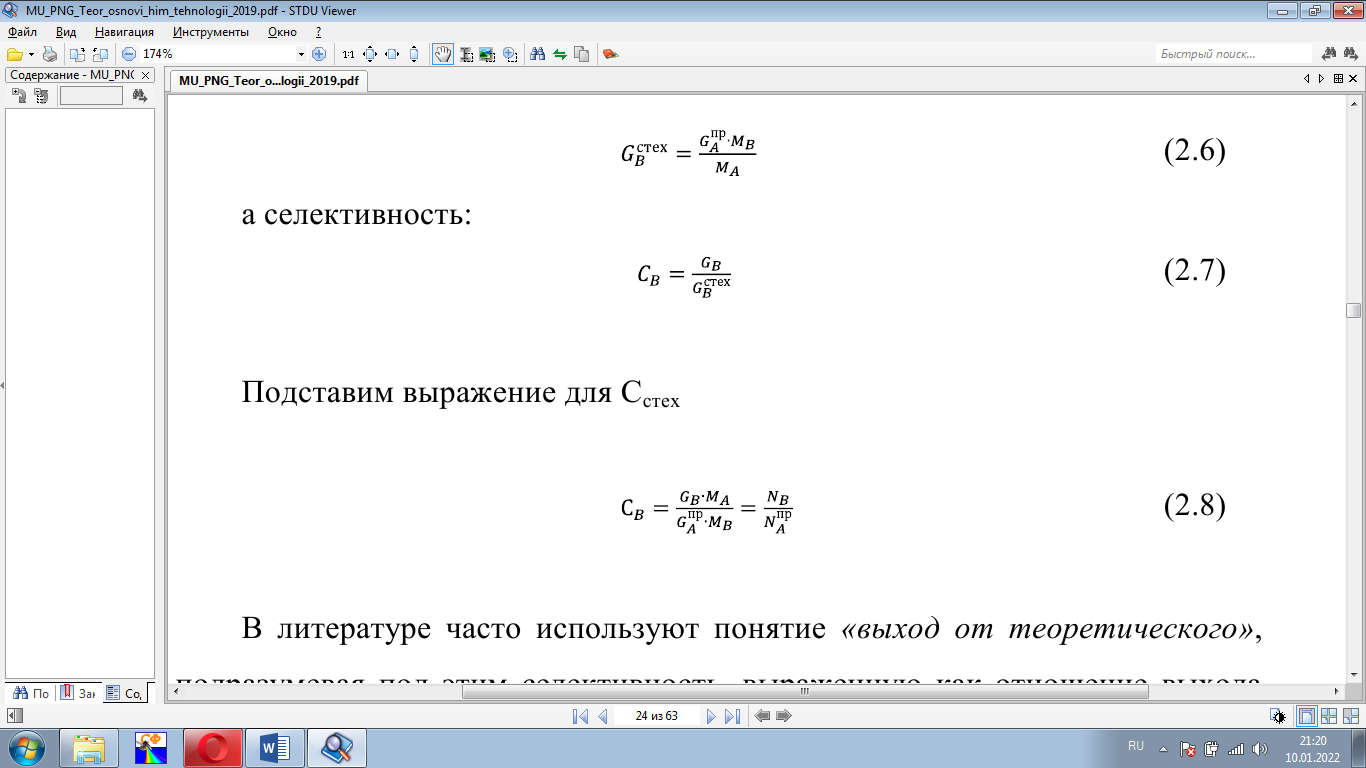
количество полученного продукта было бы равно

 (1.6)

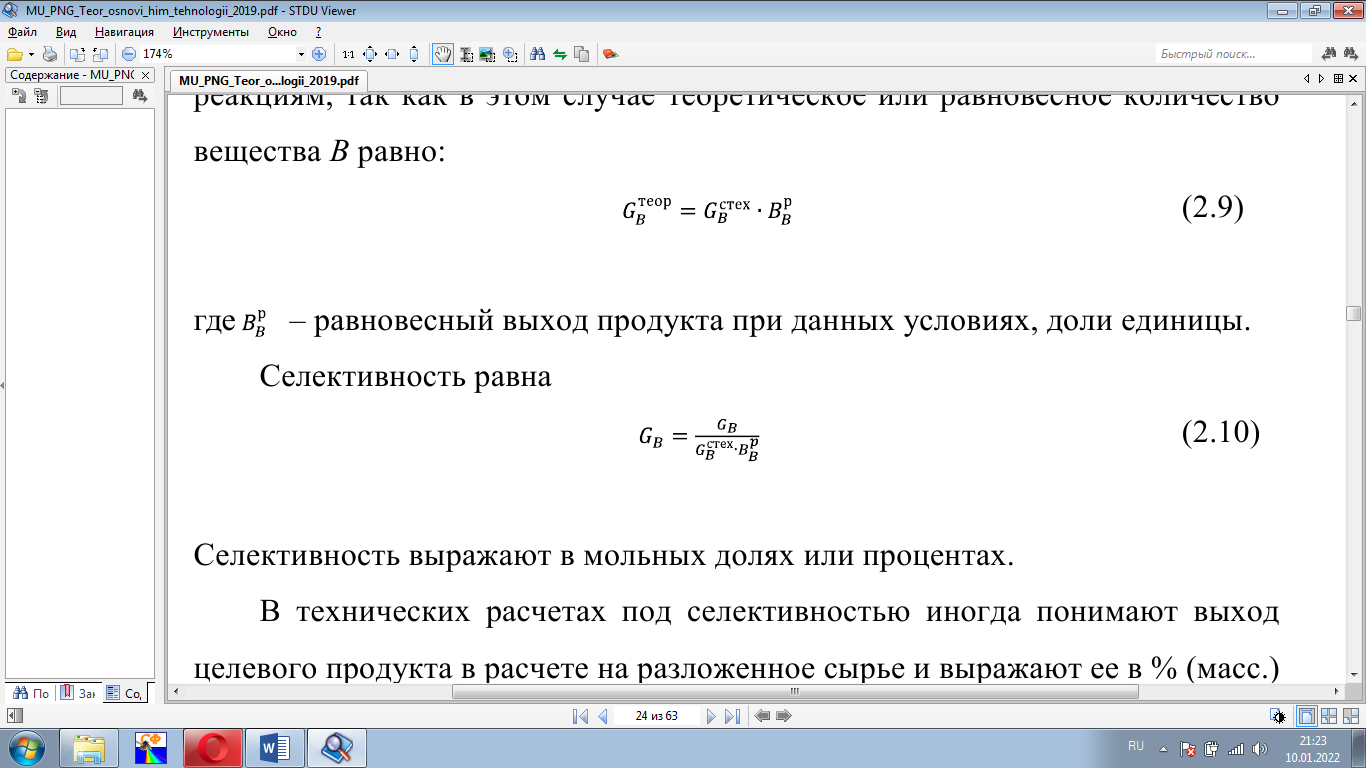
а селективность:

 (1.7)

Подставим выражение для Сстех

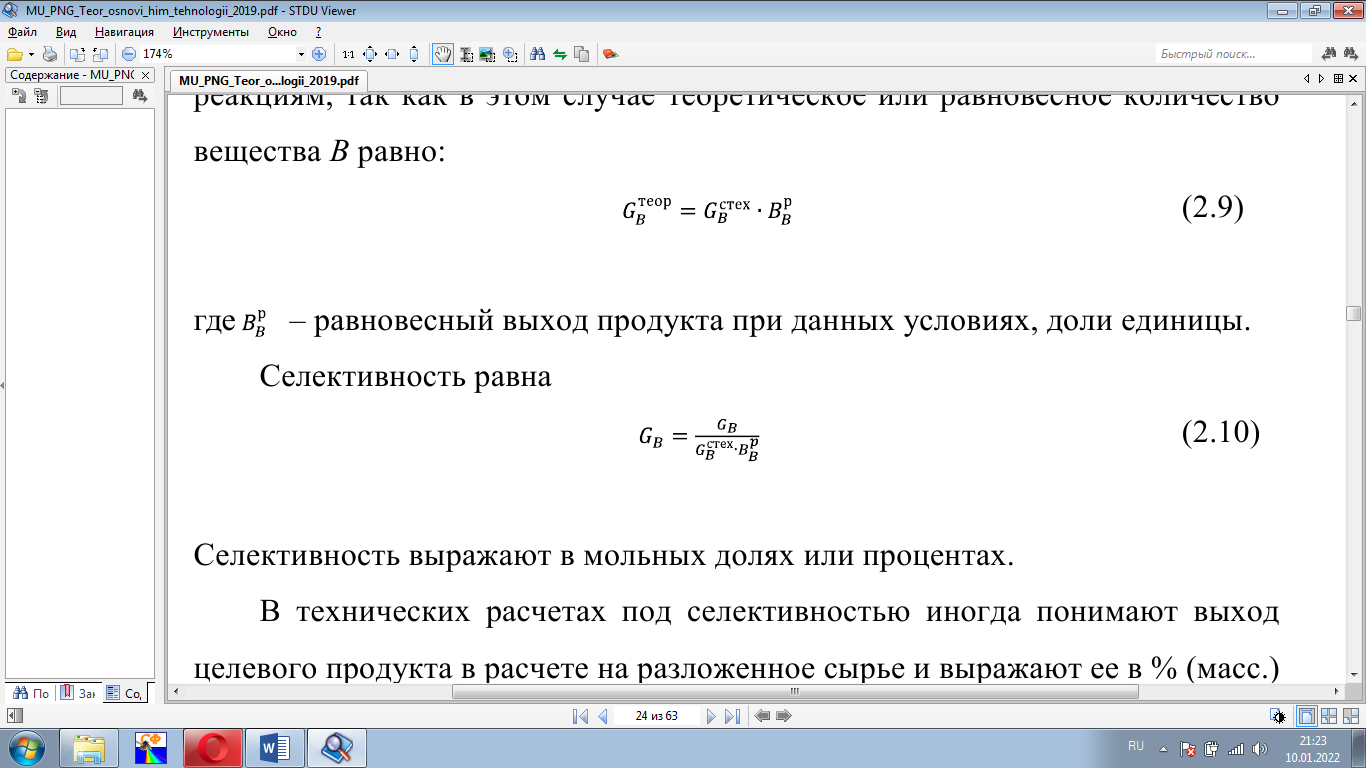
 (1.8)

В литературе часто используют понятие *«выход от теоретического»*, подразумевая под этим селективность, выраженную как отношение выхода целевого продукта к его стехиометрическому выходу. Такое выражение селективности («выход от теоретического») неприменимо к обратимым реакциям, так как в этом случае теоретическое или равновесное количество вещества *В* равно:

 (1.9)

где  – равновесный выход продукта при данных условиях, доли единицы.

Селективность равна

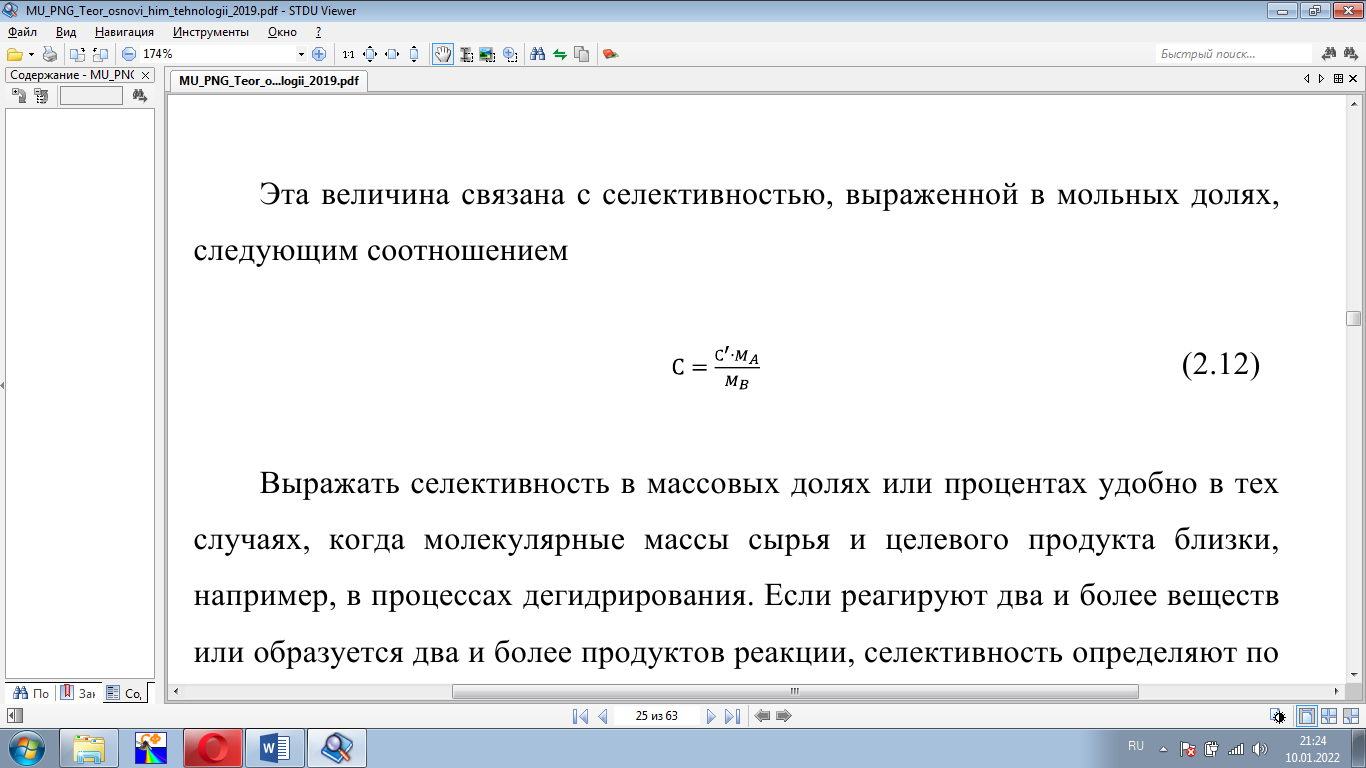
 (1.10)

Селективность выражают в мольных долях или процентах.

В технических расчетах под селективностью иногда понимают выход целевого продукта в расчете на разложенное сырье и выражают ее в % (масс.) или массовых долях.

(1.11)

Эта величина связана с селективностью, выраженной в мольных долях, следующим соотношением

 (1.12)

Выражать селективность в массовых долях или процентах удобно в тех случаях, когда молекулярные массы сырья и целевого продукта близки, например, в процессах дегидрирования. Если реагируют два и более веществ или образуется два и более продуктов реакции, селективность определяют по каждому из них.

*Расходный коэффициент* — расход сырья на получение одной тонны целевого продукта. Расходный коэффициент рассчитывают на основании стехиометрического расхода сырья на реакцию (или реакции), учитывая селективность процесса (или его отдельных стадий), механические потери сырья и продуктов, а также степень извлечения целевого продукта из продуктов реакции. Стехиометрический расходный коэффициент для реакции

равен



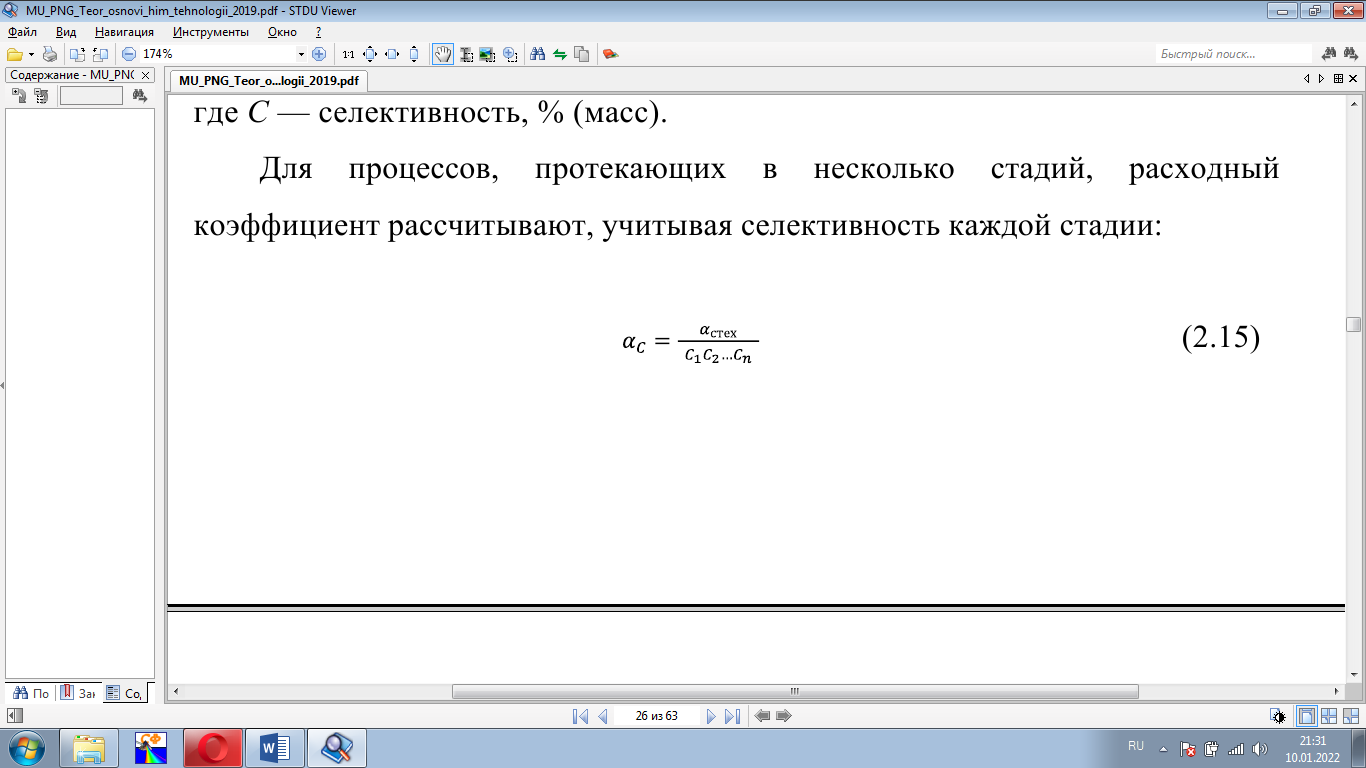
(1.13)

Расходный коэффициент с учетом селективности процесса:

или (1.14)

где *С* — селективность, % (масс).

Для процессов, протекающих в несколько стадий, расходный коэффициент рассчитывают, учитывая селективность каждой стадии:

 (1.15)

С учетом потерь расходный коэффициент равен

(1.16)

где *П*—суммарные потери на всех стадиях, % (масс).

Если потери отнесены к количеству целевого продукта, то расходный коэффициент равен

(1.17)

В некоторых процессах для расчета расходных коэффициентов пользуются не селективностью, а выходом целевого продукта в расчете на пропущенное сырье. Так расходные коэффициенты рассчитывают для процессов, в которых сырье представляет собой сложную смесь, а реакция идет с большой глубиной. Примером такого процесса является пиролиз бензина или газойлевых фракций, когда не представляется возможным определить конверсию сырья. Расходный коэффициент в этом случае равен:

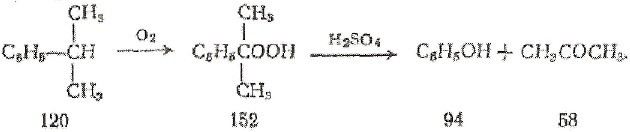
(1.18)

# Примеры расчетных задач

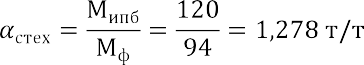
1. Рассчитать расходный коэффициент по изопропилбензолу (ИПБ) на 1 т фенола при производстве его кумольным методом, если селективность на стадии окисления ИПБ С1 = 0,939, на стадии разложения гидропероксида ИПБ С2 = 0,950; а суммарные потери на всех стадиях производства составляют 2 %.

***Решение***

Уравнение реакции получения фенола и ацетона из изопропилбензола:



На получение 1 моль фенола расходуется 1 моль ИПБ. Стехиометрический расходный коэффициент ИПБ на 1 т фенола равен отношению молекулярных масс:



Однако наряду с гидропероксидом ИПБ и фенолом образуются побочные продукты (на стадии окисления — диметилфенилкарбинол и ацетофенон; на стадии кислотного разложения — кумилфенол, α- метилстирол и полимеры).

Расходный коэффициент ИПБ с учетом селективности каждой стадии и суммарных потерь:



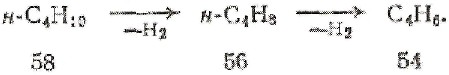
Ответ:



1. Рассчитать расходный коэффициент по н-бутану на 1 т бутадиена, получаемого двухстадийным дегидрированием н-бутана, если селективность на первой стадии С1 = 0,72, на второй стадии С2 = 0,78; потери углеводородов на стадиях разделения за счет неполного извлечения углеводородов С4 равны 8%; механические потери П = 6 %.

***Решение***

Уравнение реакции двухстадийного дегидрирования н-бутана

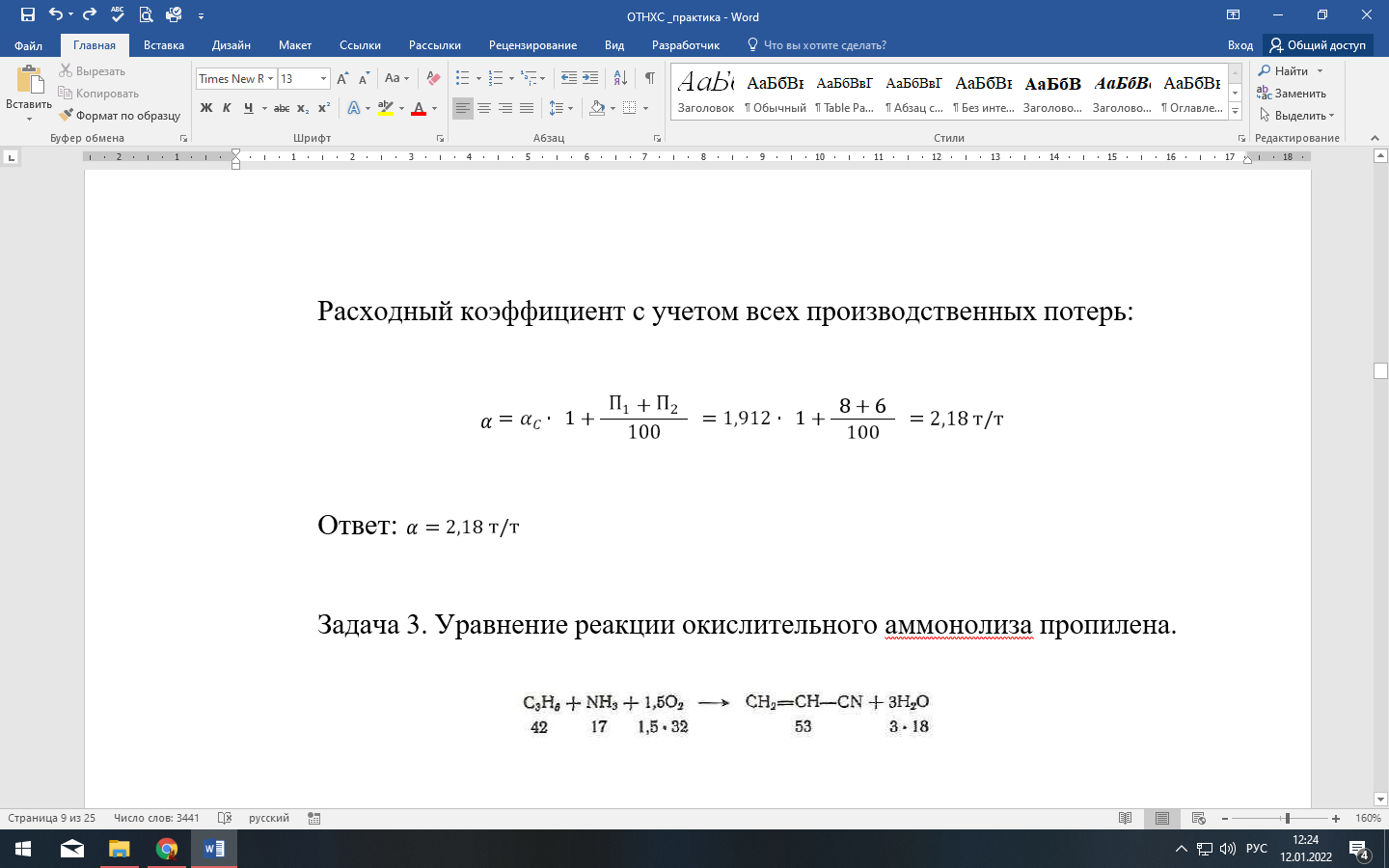


Стехиометрический расходный коэффициент н-бутана на 1 т бутадиена:

Расходный коэффициент н-бутана на 1 т бутадиена с учетом селективности стадий:



Расходный коэффициент с учетом всех производственных потерь:



Ответ:



1. Рассчитать расходный коэффициент по пропилену на 1 т нитрила акриловой кислоты (НАК), получаемого окислительным аммонолизом пропилена, если расход пропилена на образование НАК составляет 80% oт стехиометрического (селективность С = 80%); суммарные потери на всех стадиях производства 2 %.

**Решение**

*Уравнение реакции окислител*ьного аммонолиза пропилена.



Стехиометрический расходный коэффициент пропилена на 1 т НАК:

Расходный коэффициент пропилена с учетом селективности:

Расходный коэффициент с учетом потерь:

Ответ:



# Задачи для самостоятельного решения

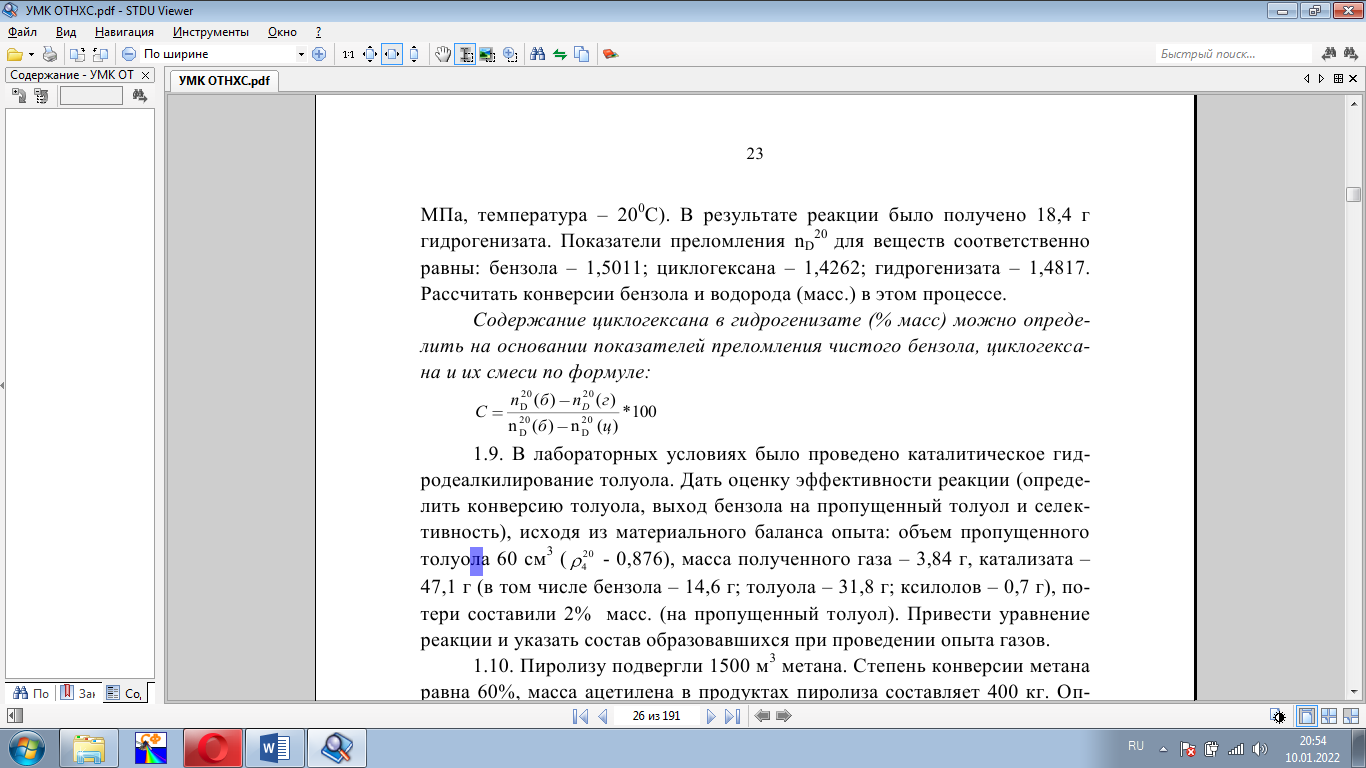
1.1 Какими способами осуществляется промышленное превращение углеводородов, извлекаемых из нефти или продуктов переработки нефтяных фракций, в: а) поливинилхлорид; б) дихлорэтан; в) диизопропиловый эфир. Привести схемы химических реакций.

1.2 При окислительном пиролизе метана на каждые 100 кг исходного метана в продуктах реакции содержится 30,2 кг целевого продукта – ацетилена, 12,55 кг непрореагировавшего метана, остальное – побочные продукты СО, СО2, Н2 и др. Определить степень конверсии (мольн.) метана, мольный выход продукта в процентах от теоретически возможного максимума и селективность процесса.

1.3 Рассчитать расходный коэффициент по н-бутану на 1 т бутадиена, получаемого двухстадийным дегидрированием н-бутана, если селективность на первой стадии С1=0,72, на второй стадии С2=0,78; потери углеводородов на стадиях разделения за счет неполного извлечения углеводородов С4 равны 8% (масс.); механические потери П=6% (масс.).

1.4 Одним из промышленных способов получения альдегидов является нагревание алкенов с оксидом углерода (II) и водородом в присутствии катализатора. Для такой реакции был взят пропилен объемом 140л (н.у.) и избыток других реагентов. Какая масса бутаналя и 2-метил-пропаналя будет получена, если в результате образуется смесь этих альдегидов, массовая доля бутаналя в которой составляет 0,6, а конверсия олефина составляет 87 %?

1.5 Для процесса получения в газовой фазе циклогексана гидрированием бензола было взято 19,5 г бензола и 25 л водорода (давление – 0,099 МПа, температура – 200С). В результате реакции было получено 18,4 г гидрогенизата. Показатели преломления nD20 для веществ соответственно равны: бензола – 1,5011; циклогексана – 1,4262; гидрогенизата – 1,4817. Рассчитать конверсии бензола и водорода (масс.) в этом процессе. Содержание циклогексана в гидрогенизате (% масс) можно определить на основании показателей преломления чистого бензола, циклогексана и их смеси по формуле:



1.6 В лабораторных условиях было проведено каталитическое гидродеалкилирование толуола. Дать оценку эффективности реакции определить конверсию толуола, выход бензола на пропущенный толуол и селективность), исходя из материального баланса опыта: объем пропущенного толуола 60 см3 ( 420 - 0,876), масса полученного газа – 3,84 г, катализата – 47,1 г (в том числе бензола – 14,6 г; толуола – 31,8 г; ксилолов – 0,7 г), потери составили 2% масс. (на пропущенный толуол). Привести уравнение реакции и указать состав образовавшихся при проведении опыта газов.

1.7 Пиролизу подвергли 1500 м3 метана. Степень конверсии метана равна 60%, масса ацетилена в продуктах пиролиза составляет 400 кг. Определить селективность процесса.

1.8 Для пиролиза взято 1000 м3 природного газа, в котором объемная доля метана равна 90 %. Определить массу образовавшегося ацетилена, если степень конверсии метана равна 96%, а селективность по ацетилену составляет 32%.

1.9 Терефталевая кислота и ее диметиловый эфир (диметилтерефталат) играют важную роль в производстве синтетического волокна лавсан (терилен) – продукта их поликонденсации с этиленгликолем. Существует четырехстадийный процесс получения диметилтерефталата, состоящий в окислении параксилола в п-толуиловую кислоту, этерификации последней метиловым спиртом, окислении эфира п-толуиловой кислоты в моноэфир терефталевой кислоты и его этерификации в диметилтерефталат. Написать уравнения всех перечисленных выше химических реакций, указать условия их протекания.

1.10 При получении ацетальдегида по реакции Кучерова протекают побочные реакции конденсации ацетальдегида в кротоновый альдегид, образования уксусной кислоты, ацетона и полимерных соединений. Вычислить массу ацетальдегида, который можно получить из 1т ацетилена, если чистота ацетилена составляет 99% (масс.), конверсия – 50%, выход ацетальдегида – 89% (масс.) в пересчете на прореагировавший ацетилен. Привести уравнения реакций образования целевого продукта и побочных веществ.

# 2 Разработка технологической схемы многостадийного производства

Разработка технологической схемы – это процесс создания последовательного перечня операций и процессов, необходимых для превращения сырья в готовую продукцию, с указанием режимов обработки на каждой стадии. Это включает в себя выбор оборудования, определение последовательности операций, расчет параметров технологического режима и разработку необходимой документации.

Более подробно, разработка технологической схемы включает в себя:

Определение этапов производства:

– выделение отдельных стадий технологического процесса, каждая из которых вносит свой вклад в получение конечного продукта.

Выбор оборудования:

– определение необходимого оборудования для каждой стадии, включая машины, аппараты, инструменты и приспособления.

Определение режимов обработки:

– установление параметров технологического процесса для каждой операции, таких как температура, давление, время обработки, скорость перемешивания и другие.

Разработка маршрута обработки:

– определение последовательности операций, обеспечивающих получение заданного качества продукции.

Разработка технологической документации:

– создание документов, описывающих технологический процесс, включая маршрутные карты, карты операционного контроля и другую необходимую информацию для производства.

Анализ технологичности:

– оценка соответствия конструкции изделия технологическим возможностям производства.

В целом, разработка технологической схемы - это сложный процесс, требующий глубоких знаний в области технологии, материаловедения, экономики и других дисциплин. Он является ключевым этапом в организации любого производства и направлен на обеспечение эффективности, качества и безопасности процесса.

# Задачи на самостоятельную разработку технологических схем многостадийных производств

2.1 Понятие «зеленой химии» и ее основные принципы. Приведите примеры, иллюстрирующие, каким образом данные принципы могут быть реализованы в промышленности. Технологии, отвечающие принципам «зеленой химии». Предложите технологические схемы производства биодизеля и биоэтанола. Оцените экономическую составляющую этих производств.

2.2 Предложите принципиальную технологическую схему получения ацетилсалициловой кислоты из продуктов первичной переработки нефти и необходимого неорганического сырья. Запишите уравнения химических реакций, лежащие в основе технологической схемы, и условия их протекания. Покажите, какие процессы и аппараты будут использованы на каждой стадии производства. Оцените экологическую и экономическую составляющие предложенной схемы, опишите возможные способы переработки и утилизации отходов данного производства.

2.3 Предложите принципиальную технологическую схему получения ванилина из продуктов первичной переработки нефти и необходимого неорганического сырья. Запишите уравнения химических реакций, лежащие в основе технологической схемы, и условия их протекания. Покажите, какие процессы и аппараты будут использованы на каждой стадии производства. Оцените экологическую и экономическую составляющие предложенной схемы, опишите возможные способы переработки и утилизации отходов данного производства.

2.4 Предложите принципиальную технологическую схему получения хлорофоса из продуктов первичной переработки нефти и необходимого неорганического сырья. Запишите уравнения химических реакций, лежащие в основе технологической схемы, и условия их протекания. Покажите, какие процессы и аппараты будут использованы на каждой стадии производства. Оцените экологическую и экономическую составляющие предложенной схемы, опишите возможные способы переработки и утилизации отходов данного производства.

2.5 Предложите принципиальную технологическую схему получения триптофана из продуктов первичной переработки нефти и необходимого неорганического сырья. Запишите уравнения химических реакций, лежащие в основе технологической схемы, и условия их протекания. Покажите, какие процессы и аппараты будут использованы на каждой стадии производства. Оцените экологическую и экономическую составляющие предложенной схемы, опишите возможные способы переработки и утилизации отходов данного производства.

2.6 Предложите принципиальную технологическую схему получения сульфолана из продуктов первичной переработки нефти и необходимого неорганического сырья. Запишите уравнения химических реакций, лежащие в основе технологической схемы, и условия их протекания. Покажите, какие процессы и аппараты будут использованы на каждой стадии производства. Оцените экологическую и экономическую составляющие предложенной схемы, опишите возможные способы переработки и утилизации отходов данного производства.

2.7 Предложите принципиальную технологическую схему получения поверхностно-активного вещества кокамидопропилбетаина из продуктов первичной переработки нефти и необходимого неорганического сырья. Запишите уравнения химических реакций, лежащие в основе технологической схемы, и условия их протекания. Покажите, какие процессы и аппараты будут использованы на каждой стадии производства. Оцените экологическую и экономическую составляющие предложенной схемы, опишите возможные способы переработки и утилизации отходов данного производства.

2.8 Предложите принципиальную технологическую схему получения поликарбоната из продуктов первичной переработки нефти и необходимого неорганического сырья. Запишите уравнения химических реакций, лежащие в основе технологической схемы, и условия их протекания. Покажите, какие процессы и аппараты будут использованы на каждой стадии производства. Оцените экологическую и экономическую составляющие предложенной схемы, опишите возможные способы переработки и утилизации отходов данного производства.

2.9 Предложите принципиальную технологическую схему получения консерванта Е200 (сорбиновой кислоты) из продуктов первичной переработки нефти и необходимого неорганического сырья. Запишите уравнения химических реакций, лежащие в основе технологической схемы, и условия их протекания. Покажите, какие процессы и аппараты будут использованы на каждой стадии производства. Оцените экологическую и экономическую составляющие предложенной схемы, опишите возможные способы переработки и утилизации отходов данного производства.

2.10 Предложите принципиальную технологическую схему очистки нефти от сернистых соединений. Покажите, какие процессы и аппараты будут использованы в данном технологическом процессе. Оцените экологическую и экономическую составляющие предложенной Вами, а также альтернативных технологических схем. Опишите возможные способы переработки и утилизации отходов данного производства.

# 3 Требования к выполнению контрольных работ

Выполнение контрольной работы следует начинать с изучения теоретического материала. Затем нужно продумать поставленные в задании (варианте) вопросы и ответы на них изложить письменно. Работу следует писать разборчиво и аккуратно, оставляя поля для замечаний преподавателя. Обязательно указывается номер варианта, полностью записывается вопрос. Номер варианта определяется по последней(им) цифре(ам) зачетки. Каждый вариант содержит два вопроса.

Ответы на вопросы, не проработанные студентом, а механически переписанные целиком из учебника засчитываться не будут. Ответы должны соответствовать поставленным вопросам. Оценивается не обширность ответа, а его суть, полнота и конкретность. В конце работы следует привести перечень учебников, учебных пособий и других информационных источников, использованных при выполнении.

*Первый вопрос* каждого варианта – задача для самостоятельного решения (раздел 1). *Второй вопрос* – задача на самостоятельную разработку технологической схемы многостадийного производства (раздел 2). Для решения задач можно воспользоваться учебными пособиями, список которых приведен в конце методических указаний.

Обучающийся должен решить задачи на предлагаемую тему и составить список литературы, которую он использовал для выполнения задания, в соответствии с требованиями ГОСТ. Список должен включать не менее 3-5 наименований учебников, учебных, научных пособий и/или статей из научных, научно-теоретических и научно-производственных журналов по соответствующей тематике за последние 5-8 лет.

Перечень журналов для выполнения этого задания: «Известия вузов. Серия «химия и химическая технология»», «Журнал органической химии», «Журнал прикладной химии», «Нефтехимия», «Известия высших учебных заведений. Нефть и газ», «Нефть. Газ. Новации», "Химия и технология топлив и масел" (ХТТМ), а также журналы, публикуемые в рамках научных конференций по нефтехимии: многие конференции по нефтехимии, такие как "Нефтепереработка и нефтехимия" и "Нефтехимия" (которая является одним из направлений конференции "Химия нефти и газа"), выпускают сборники трудов или отдельные журналы с материалами конференций. Эти журналы охватывают широкий спектр тем, связанных с нефтехимией, таких как:

– производство нефтехимических продуктов (олефины, ароматические углеводороды, спирты, кислоты, кетоны, эфиры и т.д.);

– переработка нефти и газа;

– новые технологии и разработки в области нефтехимии;

– вопросы экологии и охраны окружающей среды в нефтехимической промышленности;

– научные исследования в области нефтехимии и др.

Кроме того, существуют журналы, посвященные смежным областям, таким как химическая технология, переработка полимеров и композиционных материалов, которые также могут быть полезны для специалистов в нефтехимии.

Ссылки на используемую литературу оформляют в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5–2008. Пример правильного оформления ссылок на учебники – в библиографическом списке, приведенном в конце учебного пособия.

*Пример правильного оформления ссылок на журнальные статьи:*

1. Препаративная органическая электрохимия: учебник для ВУЗов / А.П. Томилов [и др.] – Новочеркасск: Изд-во Юж. Рос. гос. техн. ун-та, 2002. - 153 с

2. Каган Е.Ш., Кашпарова В.П., Жукова И.Ю., Кашпаров И.И. Окисление спиртов электрохимически генерируемым иодом в присутствии нитроксильного радикала // Журн. прикладной химии. 2010. Т. 83, Вып. 4. С. 693 – 695

3. Miller R.A., Hoerrner R.S., Iodine as a chemoselective reoxidant of TEMPO: Application to the oxidation of alcohols to aldehydes and ketones // Organic Letters. 2003. V.5. № 3. P. 285-287.

# 4 Варианты контрольных работ

Выбор варианта задания для контрольной работы приведен в таблице 4.1, перечень заданий по вариантам представлен ниже.

Таблица 4.1 -– Варианты и задачи для контрольной работы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Последние цифры номера зачетной книжки\* | № варианта | Номера задач,  относящихся к  данному варианту | |
| **Х0** | **1** | 1.1 | 2.10 |
| **Х1** | **2** | 1.2 | 2.9 |
| **Х2** | **3** | 1.3 | 2.8 |
| **Х3** | **4** | 1.4 | 2.7 |
| **Х4** | **5** | 1.5 | 2.6 |
| **Х5** | **6** | 1.6 | 2.5 |
| **Х6** | **7** | 1.7 | 2.4 |
| **Х7** | **8** | 1.8 | 2.3 |
| **Х8** | **9** | 1.9 | 2.2 |
| **Х9** | **10** | 1.10 | 2.1 |
| **Y0** | **11** | 1.5 | 2.5 |
| **Y1** | **12** | 1.6 | 2.6 |
| **Y2** | **13** | 1.7 | 2.7 |
| **Y3** | **14** | 1.8 | 2.8 |
| **Y4** | **15** | 1.9 | 2.9 |
| **Y5** | **16** | 1.10 | 2.10 |
| **Y6** | **17** | 1.4 | 2.4 |
| **Y7** | **18** | 1.3 | 2.3 |
| **Y8** | **19** | 1.2 | 2.2 |
| **Y9** | **20** | 1.1 | 2.1 |

\*- ***где Х*** *– это любая цифра* ***от 0 до 4; а Y*** *– это любая цифра* ***от 5 до 9***

***Контрольная работа, выполненная не по своему варианту,***  ***преподавателем не рецензируется и не засчитывается как сданная.***

# Перечень информационных источников

1. Бесков В.С., Жуков В.П. Введение в химическую технологию (сырьевые и энергетические ресурсы): Учебные пособие. М.: РХТУ, 1996.

2. Бесков С.Д. Технохимические расчеты. М.: Издательство «Высшая школа», 1966.

3. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии: Учебник для техникумов. - Л.: Химия, 1991.

4. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. Учебник для вузов. 4-е переработанное издание. М.: Химия, 1988.

5. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию /Под ред. Ю.И. Дытнерского. - М.: Химия, 1991.

6. Расчеты химико-технологических процессов: Учеб. пособие для вузов/ Под ред. И.П. Мухленова. - Л.: Химия, 1982.

7. Романков П.Г. и др. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи): Учеб. пособие для вузов. - СПб: Химия, 1993.

8. Сборник задач по курсу «ОХТ». Уфа, Уфимский государственный нефтяной технический университет, 1996.