



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов

15.02.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ***

Направление подготовки (специальность)  
18.03.01 Химическая технология

Направленность (профиль/специализация) программы  
Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Металлургии и химических технологий
Курс	3
Семестр	6

Магнитогорск  
2022 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 922)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Metallургии и химических технологий

17.01.2022, протокол № 4

Зав. кафедрой  А.С. Харченко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ  
15.02.2022 г. протокол № 4

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры МиХТ, канд. техн. наук  М.В.Шубина

Рецензент:

доцент кафедры Химии, канд. техн. наук  Л.Г.Коляда

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

- формирование у студентов базовых знаний по гидродинамике и теплообмену в процессах и аппаратах химической технологии для обеспечения понимания сущности явлений, наблюдающихся в процессах и оборудовании, при решении стандартных задач и проблем в ходе профессиональной деятельности.

### 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Процессы и аппараты химической технологии входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Общая и неорганическая химия

Математика

Физическая химия

Общая химическая технология

Аналитическая химия и физико-химические методы анализа

Органическая химия

Техническая термодинамика и теплотехника

Физика

Начертательная геометрия и компьютерная графика

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Массообменные процессы химической технологии

Проектная деятельность

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Химические реакторы

Извлечение и переработка химических продуктов коксования

Коксование углей

Химическая технология топлива и углеродных материалов

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Процессы и аппараты химической технологии» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-4	Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья
ОПК-4.1	Определяет технические средства на производстве для обеспечения технологических процессов
ОПК-4.2	Оценивает и контролирует параметры и эффективность технологических процессов, свойства сырья и готовой продукции в области химической технологии
ОПК-4.3	Прогнозирует и регулирует изменение параметров технологических процессов в зависимости от свойств сырья

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 107,5 акад. часов;
- аудиторная – 102 акад. часов;
- внеаудиторная – 5,5 акад. часов;
- самостоятельная работа – 36,8 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - курсовой проект, экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Раздел 1								
1.1 Введение. Основы теории переноса количества движения, теплоты, массы	6	1			2	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос – беседа по лекционному материалу и литературным источникам	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3
Итого по разделу		1			2			
2. Раздел 2								
2.1 Гидродинамика и гидродинамические процессы. Основные уравнения движения жидкостей, гидродинамическая структура потоков	6	5	11	2	8	Самостоятельное изучение учебной литературы; оформление Лабораторной работы № 1, №2; подготовка к защите лабораторной работы № 1, №2 выполнение КП	Устный опрос, сдача лабораторных работ № 1, 2, контроль выполнения КП	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3
Итого по разделу		5	11	2	8			
3. Раздел 3								

3.1 Теория физического и математического моделирования процессов химической технологии	6	4	11	8	8	Самостоятельное изучение учебной литературы; оформление Лабораторной работы № 3, №4; подготовка к защите лабораторной работы № 3, №4; выполнение КП	Устный опрос, сдача лабораторных работ № 3, 4, контроль выполнения КП	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3
Итого по разделу		4	11	8	8			
4. Раздел 4								
4.1 Перемещение жидкостей. Насосы: поршневые и центробежные. Конструкции насосов объёмных, осевых и струйных	6	3	6	10	6	Самостоятельное изучение учебной литературы; оформление Лабораторной работы № 5; подготовка к защите лабораторной работы № 5; выполнение КП	Устный опрос, сдача лабораторной работы № 5, контроль выполнения КП	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3
Итого по разделу		3	6	10	6			
5. Раздел 5								
5.1 Разделение жидких и газовых неоднородных систем, перемешивание в жидких средах	6	2		2	2	Самостоятельное изучение учебной литературы; выполнение КП	Устный опрос, контроль выполнения КП	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3
Итого по разделу		2		2	2			
6. Раздел 6								
6.1 Тепловые процессы и аппараты: основы теории передачи теплоты, промышленные способы подвода и отвода теплоты в химической аппаратуре	6	15	6	10	8	Самостоятельное изучение учебной литературы; оформление Лабораторной работы № 6; подготовка к защите лабораторной работы № 6; выполнение КП	Устный опрос, сдача лабораторной работы № 6, контроль выполнения КП	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3
Итого по разделу		15	6	10	8			
7. Раздел 7								
7.1 Механические процессы	6	4		2	2,8	Самостоятельное изучение учебной литературы; выполнение КП	Устный опрос, контроль выполнения КП, защита КП	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3
Итого по разделу		4		2	2,8			
Итого за семестр		34	34	34	36,8		экзамен, кп	
Итого по дисциплине		34	34	34	36,8		курсовой проект, экзамен	

## 5 Образовательные технологии

1) Традиционные образовательные технологии ориентируются на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения). Учебная деятельность студента носит в таких условиях, как правило, репродуктивный характер. Формы учебных занятий:

- Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

- На практическом занятии семинар – беседа преподавателя и студентов, обсуждение заранее подготовленных сообщений по каждому вопросу плана занятия с единым для всех перечнем рекомендуемой обязательной и дополнительной литературы.

- Практическое занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по предложенному алгоритму.

- Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

2) Интерактивные технологии – организация образовательного процесса, которая предполагает активное и нелинейное взаимодействие всех участников, достижение на этой основе лично значимого для них образовательного результата. Наряду со специализированными технологиями такого рода принцип интерактивности прослеживается в большинстве современных образовательных технологий. Интерактивность подразумевает субъект-субъектные отношения в ходе образовательного процесса и, как следствие, формирование саморазвивающейся информационно-ресурсной среды. Формы учебных занятий:

- Семинар-дискуссия (на практических занятиях и лабораторных работах) – коллективное обсуждение какого-либо спорного вопроса, проблемы, выявление мнений в группе (межгрупповой диалог, дискуссия как спор-диалог).

3) Информационно-коммуникационные образовательные технологии – организация образовательного процесса, основанная на применении специализированных программных сред и технических средств работы с информацией. Формы учебных занятий:

- Лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов).

- Практическое занятие в форме презентации – представление результатов проектной или исследовательской деятельности с использованием специализированных программных сред.

4) Технологии проектного обучения – организация образовательного процесса в соответствии с алгоритмом поэтапного решения проблемной задачи или выполнения учебного задания. Проект предполагает совместную учебно-познавательную деятельность группы студентов, направленную на выработку концепции, установление целей и задач, формулировку ожидаемых результатов, определение принципов и методик решения поставленных задач, планирование хода работы, поиск доступных и оптимальных ресурсов, поэтапную реализацию плана работы, презентацию результатов работы, их осмысление и рефлексию.

Выполнение студентами курсового проекта ориентировано на решение производственных задач с использованием проблемных технологических операций, на отыскание границ применимости полученных результатов, на поиск вариантов лучших решений.

**6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**  
Представлено в приложении 1.

**7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**  
Представлены в приложении 2.

**8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**  
**а) Основная литература:**

1. Физико-химические основы процессов тепломассообмена: Учебное пособие / Архипов В.А. - Томск: Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 199 с.: ISBN 978-5-4387-0539-0 - Текст : электронный. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/673007>.

2. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: Учебное пособие / К.Р. Таранцева, К.В. Таранцев. - Москва : НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (п) ISBN 978-5-16-009258-4 - Текст : электронный. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/429195>.

**б) Дополнительная литература:**

1. Расчет оборудования участка подогрева исходной смеси ректификационной установки [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.В.Шубина, Е.С.Махоткина. – Магнитогорск: ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2019. – 51 с. – Режим доступа: <http://magtu.ru:8085/marcweb2/Found.asp> – Загл. с титул. экрана.

2. Конструирование и расчет элементов химического оборудования: учебник / И.И. Поникаров, С.И. Поникаров. - Москва : Альфа-М, 2010. - 382 с.: ил.; 60x90 1/16. (переплет) ISBN 978-5-98281-174-5 - Текст : электронный. - URL: <https://new.znanium.com/document?id=2776>.

3. Нелинейные нестационарные эффекты в процессах массопереноса: монография / Гершанов В.Ю., Гармашов С.И. - Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2014. - 114 с. ISBN 978-5-9275-1232-4 - Текст : электронный. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/552325>.

4. Теоретические основы теплотехники/Ляшков В. И. - Москва : КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 328 с.: 60x90 1/16 (Переплёт) ISBN 978-5-905554-85-8 - Текст : электронный. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/496993>.

**в) Методические указания:**

1. Гидродинамика и теплопередача: практикум / А.В.Горохов. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2017. 59 с.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

#### **Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно



### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru">https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru</a>

### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа. Оснащение: Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Учебные аудитории для проведения лабораторных работ: химические лаборатории. Оснащение: Химические реактивы, Химическая посуда, Лабораторное оборудование, Таблица «Периодическая система химических элементов», Плакаты по темам рабочей программы.

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: Доска, мультимедийный проектор, экран.

Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы обучающихся. Оснащение: Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Оснащение: Шкафы для хранения учебно-методической документации, учебного оборудования и учебно-наглядных пособий, Инструменты для ремонта лабораторного оборудования.

### Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа студентов предполагает подготовку к устным опросам – беседам по литературным источникам и индивидуальным заданиям по различным расчётам на практических занятиях и лабораторных работах, а также выполнение курсового проектирования.

#### Примерный перечень вопросов для устных опросов – бесед по темам (экзамена)

- Основы теории переноса количества движения, теплоты, массы.
- Гидродинамика и гидродинамические процессы. Основные уравнения движения жидкостей, гидродинамическая структура потоков.
- Теория физического и математического моделирования процессов химической технологии.
- Перемещение жидкостей. Насосы: поршневые и центробежные. Конструкции насосов объёмных, осевых и струйных.
- Разделение жидких и газовых неоднородных систем, перемешивание в жидких средах (конструкции отстойников, фильтров, центрифуг).
- Тепловые процессы и аппараты: основы теории передачи теплоты, промышленные способы подвода и отвода теплоты в химической аппаратуре (конструкции теплообменников, сушилок).
- Механические процессы.

#### Экзаменационные вопросы

1. Классификация основных процессов и аппаратов химической технологии
2. Анализ и расчет химической аппаратуры в химической технологии
3. Общие положения о составлении материальных и тепловых балансов
4. Основы технической гидравлики. Предмет и задачи технической гидравлики
5. Основные свойства капельных жидкостей
6. Внутренние силы жидкости (молекулярные силы)
7. Вязкость
8. Основное уравнение гидростатики. Уравнение поверхности уровня
9. Гидростатическое давление в точке покоящейся жидкости и форма поверхности уровня
10. Сила гидростатического давления на стенку сосуда
11. Основы гидродинамики
12. Основные уравнения гидродинамики
13. Основные критерии гидродинамического подобия
14. Уравнения Эйлера для движущейся жидкости
15. Уравнение Бернулли
16. Потери напора при движении реальной жидкости в прямолинейном канале
17. Режимы движения реальной жидкости и потери напора
18. Местные сопротивления потокам и расчет трубопроводов для транспорта жидкостей
19. Расчет газопроводов
20. Истечение жидкости через отверстия, штуцеры и водосливы
21. Перемещение жидкостей. Насосы
22. Поршневые насосы
23. Центробежные насосы
30. Разделение неоднородных систем
31. Характеристика дисперсных систем
32. Гравитационное осаждение
33. Расчет производительности отстойников

34. Аппаратура отстаивания коксохимического производства
35. Фильтрация
36. Центробежное осаждение и центробежное фильтрование
37. Понятие «теплообмен», его цели и предметы изучения. Стационарный и нестационарный процессы переноса тепла.
38. Способы переноса тепла: теплопроводность, конвекция, тепловое излучение. Понятия «теплоотдача» и «теплопередача».
39. Основные характеристики теплообмена: температура, теплота, плотность теплового потока, теплоемкость.
40. Понятие «температурное поле» и «температурный градиент».
41. Основное уравнение теплопередачи (для стационарного и нестационарного процессов). Коэффициент теплопередачи.
42. Выражение закона Фурье для теплового потока, передаваемого теплопроводностью. Коэффициент теплопроводности. Примеры теплопроводности различных веществ.
43. Дифференциальное уравнение теплопроводности Фурье.
44. Дифференциальное уравнение теплопроводности Фурье для стационарного процесса. Коэффициент теплопроводности.
45. Уравнение теплопроводности плоской стенки. Термическое сопротивление плоской стенки.
46. Уравнение теплопроводности цилиндрической стенки. Термическое сопротивление цилиндрической стенки.
47. Тепловое излучение. Выражение теплового баланса и следствия из него (абсолютно черное, абсолютно белое и диатермичное тела).
48. Закон Стефана-Больцмана для абсолютно черного и серого тел. Относительная степень лучеиспускания (степень черноты) и ее значения для различных тел.
49. Взаимосвязь между лучеиспускательной и лучепоглощательной способностями тел – закон Кирхгофа.
50. Взаимное излучение двух тел.
51. Лучеиспускание газов.
52. Передача тепла конвекцией. Схема конвективного теплообмена.
53. Уравнение Ньютона для процесса теплоотдачи от стенки к среде. Коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  и факторы, от которых он зависит.
54. Тепловое подобие и его критерии (Нуссельта, Фурье, Прандтля, Пекле, Грасгофа).
55. Критериальное уравнение конвективного теплообмена и его краткая характеристика.
56. Теплоотдача без изменения агрегатного состояния: критериальное уравнение для вынужденного движения внутри труб при турбулентном режиме и при ламинарном режиме.
57. Теплоотдача без изменения агрегатного состояния: критериальное уравнение для теплоотдачи при механическом перемешивании и при естественной конвекции.
58. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния. Критериальное уравнение теплоотдачи для пленочной конденсации пара при ламинарном течении пленки.
59. Теплопередача через плоскую стенку. Общее термическое сопротивление.
60. Краткая характеристика теплообменников: поверхностные и смешения.
61. Кожухотрубные теплообменники: конструкция и недостатки одноходовых теплообменников.
62. Многоходовые теплообменники. Теплообменники с U-образными трубками.
63. Основные способы увеличения интенсивности теплообмена.
64. Сравнительная характеристика теплообменных аппаратов.
65. Порядок расчета теплообменных аппаратов.

**Темы лабораторных работ:**

*Лабораторная работа № 1. «Определение вязкости жидкости»*

*Лабораторная работа № 2. «Режимы движения жидкости»*

- Лабораторная работа № 3. «Осаждение твердых частиц в жидкости»  
 Лабораторная работа № 4. «Гидравлические сопротивления в трубопроводах»  
 Лабораторная работа № 5. «Снятие характеристик центробежного насоса»  
 Лабораторная работа № 6. «Теплопередача от жидкости к жидкости»

**Примерные задания по темам следующих практических занятий**

1. Применение основных уравнений гидродинамики для расчёта оборудования участка подогрева исходной смеси ректификационной установки.
2. Изучение схемы ректификационной установки с участком подогрева исходной смеси и определение ее физико-химических характеристик.
3. Определение параметров трубопровода и оборудования участка подогрева исходной смеси ректификационной установки.
4. Расчет стандартного кожухотрубного теплообменника для процесса нагрева исходной смеси ректификационной установки.

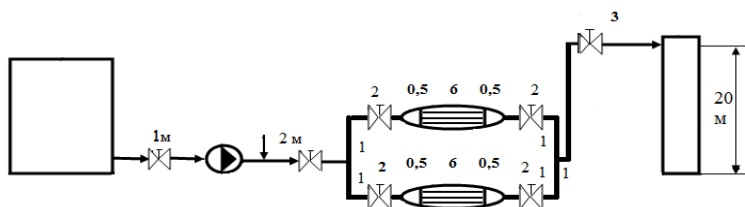
**по гидравлическому и тепловому расчету оборудования участка подогрева исходной смеси ректификационной установки:**

1. Расчет ориентировочного диаметра трубопровода и выбор стандартного диаметра трубопровода по следующим исходным данным: исходная смесь хлороформ - уксусная кислота; массовая доля НК  $x_{НК} = 0,26$ ; расход смеси  $G = 23300$  кг/ч; начальная температура водяного пара  $t_{1Н} = 160$  °С; конечная температура водяного пара  $t_{1К} = 160$  °С; начальная температура смеси  $t_{2Н} = 30$  °С; конечная температура смеси  $t_{2К} = 61$  °С; давление водяного пара  $P_{вп} = 480000$  Па; геометрическая высота подъема  $h_{геом} = 21$  м.

2. Расчёт скорости движения жидкости и определение режима ее движения по следующим исходным данным: исходная смесь хлороформ - уксусная кислота; массовая доля НК  $x_{НК} = 0,26$ ; расход смеси  $G = 23300$  кг/ч; начальная температура водяного пара  $t_{1Н} = 160$  °С; конечная температура водяного пара  $t_{1К} = 160$  °С; начальная температура смеси  $t_{2Н} = 30$  °С; конечная температура смеси  $t_{2К} = 61$  °С; давление водяного пара  $P_{вп} = 480000$  Па; геометрическая высота подъема  $h_{геом} = 21$  м.

3. Расчёт коэффициента гидравлического сопротивления по следующим исходным данным: исходная смесь хлороформ - уксусная кислота; массовая доля НК  $x_{НК} = 0,26$ ; расход смеси  $G = 23300$  кг/ч; начальная температура водяного пара  $t_{1Н} = 160$  °С; конечная температура водяного пара  $t_{1К} = 160$  °С; начальная температура смеси  $t_{2Н} = 30$  °С; конечная температура смеси  $t_{2К} = 61$  °С; давление водяного пара  $P_{вп} = 480000$  Па; геометрическая высота подъема  $h_{геом} = 21$  м.

4. Расчёт коэффициентов местных сопротивлений по следующим исходным данным: исходная смесь хлороформ - уксусная кислота; массовая доля НК  $x_{НК} = 0,26$ ; расход смеси  $G = 23300$  кг/ч; начальная температура водяного пара  $t_{1Н} = 160$  °С; конечная температура водяного пара  $t_{1К} = 160$  °С; начальная температура смеси  $t_{2Н} = 30$  °С; конечная температура смеси  $t_{2К} = 61$  °С; давление водяного пара  $P_{вп} = 480000$  Па; геометрическая высота подъема  $h_{геом} = 20$  м.



5. Расчёт полной потери напора в трубопроводе по следующим исходным данным: исходная смесь хлороформ - уксусная кислота; массовая доля НК  $x_{НК} = 0,26$ ; расход смеси  $G = 23300$  кг/ч; начальная температура водяного пара  $t_{1Н} = 160$  °С; конечная температура водяного пара  $t_{1К} = 160$  °С; начальная температура смеси  $t_{2Н} = 30$  °С; конечная температура смеси  $t_{2К} = 61$  °С; давление водяного пара  $P_{вп} = 480000$  Па; геометрическая высота подъема  $h_{геом} = 20$  м.

6. Расчет стандартного кожухотрубного аппарата для процесса нагрева смеси по следующим исходным данным: исходная смесь хлороформ - уксусная кислота; массовая доля НК  $x_{НК} = 0,26$ ; расход смеси  $G = 23300$  кг/ч; начальная температура водяного пара  $t_{1н} = 160$  °С; конечная температура водяного пара  $t_{1к} = 160$  °С; начальная температура смеси  $t_{2н} = 30$  °С; конечная температура смеси  $t_{2к} = 61$  °С; давление водяного пара  $P_{вп} = 480000$  Па; геометрическая высота подъема  $h_{геом} = 21$  м.

**Примерное задание на Курсовой проект:**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МАГНИТОГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМ. Г.И. НОСОВА»

Кафедра металлургии и химических технологий

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ  
по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»

**Тема: «Расчёт оборудования участка подогрева исходной смеси ректификационной установки»**

Студенту \_\_\_\_\_

*Цель работы:*

Гидравлический и тепловой расчет оборудования участка подогрева исходной смеси ректификационной установки.

*Задачи:*

1. Расчет гидравлических сопротивлений в трубопроводе и выбор центробежного насоса.
2. Расчет стандартного кожухотрубного аппарата для процесса нагрева исходной смеси.

*Исходные данные:*

Смесь: метанол - толуол

Массовая доля НК  $x_{НК} = 0,50$

Расход смеси  $G = 27000$  кг/ч

Начальная температура водяного пара  $t_{1н} = 150$  °С

Конечная температура водяного пара  $t_{1к} = 150$  °С

Начальная температура смеси  $t_{2н} = 25$  °С

Конечная температура смеси  $t_{2к} = 65$  °С

Давление водяного пара  $P_{вп} = 480000$  Па

Геометрическая высота подъема  $h_{геом} = 21$  м

Срок сдачи: «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г.

Руководитель: \_\_\_\_\_ / доцент, к.т.н. Шубина М.В. /

Задание получил: \_\_\_\_\_/студент гр. \_\_\_\_\_/

Магнитогорск, 20\_\_

***Перечень рекомендуемой литературы для выполнения КП:***

1. Расчет оборудования участка подогрева исходной смеси ректификационной установки [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.В.Шубина, Е.С.Махоткина. – Магнитогорск: ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2019. – 51 с. – Режим доступа: <http://magtu.ru:8085/marcweb2/Found.asp> – Загл. с титул. экрана.
2. **Павлов К.Ф.**, Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии [Текст]. Учебное пособие для вузов /Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. . -М., Логос, 2006, 575 с. . (Учебники для вузов. Спец. Литература) - ISBN 5-7718-0224-9
3. **Паникаров И.И.** Расчёты машин и аппаратов химических производств и нефтепереработки (примеры и задачи) [Текст].: Учеб. пособие для вузов./ Паникаров И.И., Рачковский С.В., Поникаров С.И. - М.: Альфа-М. – 2008. – 270 с. (Учебники для вузов. Спец. Литература) - ISBN

*Курсовой проект* выполняется обучающимся самостоятельно под руководством преподавателя. При выполнении курсового проекта обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В начале изучения дисциплины преподаватель предлагает обучающимся на выбор перечень тем курсовых проектов. Обучающийся самостоятельно выбирает тему курсового проекта. Совпадение тем курсовых проектов у студентов одной учебной группы не допускается.

После выбора темы преподаватель формулирует задание по курсовому проекту и рекомендует перечень литературы для ее выполнения. Исключительно важным является использование информационных источников, а именно системы «Интернет», что даст возможность обучающимся более полно изложить материал по выбранной им теме.

В процессе написания курсового проекта обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.

Преподаватель, проверив работу, может вернуть ее для доработки вместе с письменными замечаниями. Студент должен устранить полученные замечания в установленный срок, после чего работа окончательно оценивается.

Курсовой проект должен быть оформлен в соответствии с СМК-О-СМГТУ-42-09 «Курсовой проект (работа): структура, содержание, общие правила выполнения и оформления».

Пример задания на курсовой проект представлен выше.

**Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине (модулю) за определенный период обучения (семестр) и проводится в форме зачета и экзамена, защиты курсового проекта.

Данный раздел состоит из двух пунктов:

- а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации.
- б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания.

**а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:**

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
<p><b>ОПК-4 - Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья</b></p>		
<p>ОПК-4.1</p>	<p>Определяет технические средства на производстве для обеспечения технологических процессов</p>	<p><b><i>Теоретические экзаменационные вопросы:</i></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Классификация основных процессов и аппаратов химической технологии</li> <li>2. Анализ и расчет химической аппаратуры в химической технологии</li> <li>3. Общие положения о составлении материальных и тепловых балансов</li> <li>4. Основы технической гидравлики. Предмет и задачи технической гидравлики</li> <li>5. Основы гидродинамики</li> <li>6. Основные уравнения гидродинамики</li> <li>7. Основные критерии гидродинамического подобия</li> <li>8. Режимы движения реальной жидкости и потери напора</li> <li>9. Местные сопротивления потокам и расчет трубопроводов для транспорта жидкостей</li> <li>10. Расчет газопроводов</li> <li>11. Истечение жидкости через отверстия, штуцеры и водосливы</li> <li>12. Перемещение жидкостей. Насосы</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		13. Разделение неоднородных систем 14. Характеристика дисперсных систем 15. Гравитационное осаждение 16. Расчет производительности отстойников 17. Аппаратура отстаивания коксохимического производства 18. Фильтрование 19. Центробежное осаждение и центробежное фильтрование 20. Температурное поле и температурный градиент 21. Тепловое подобие 22. Теплопередача 23. Теплопередача при постоянных температурах теплоносителей 24. Теплопередача при переменных температурах теплоносителей 25. Конструкция теплообменных аппаратов 26. Трубчатые теплообменники 27. Сравнительная характеристика теплообменных аппаратов 28. Расчет теплообменных аппаратов
ОПК-4.2	Оценивает и контролирует параметры и эффективность технологических процессов, свойства сырья и готовой продукции в области химической технологии	<p><b>Примерное задание на Курсовой проект:</b>  <b>Тема: «Расчёт оборудования участка подогрева исходной смеси ректификационной установки»</b>  <b>Цель работы:</b>            Гидравлический и тепловой расчет оборудования участка подогрева исходной смеси ректификационной установки.  <b>Исходные данные:</b>            Смесь: метанол - толуол            Массовая доля НКК <math>x_{НКК} = 0,50</math>            Расход смеси <math>G = 27000 \text{ кг/ч}</math>            Начальная температура водяного пара <math>t_{1н} = 150 \text{ }^\circ\text{C}</math>            Конечная температура водяного пара <math>t_{1к} = 150 \text{ }^\circ\text{C}</math>            Начальная температура смеси <math>t_{2н} = 25 \text{ }^\circ\text{C}</math>            Конечная температура смеси <math>t_{2к} = 65 \text{ }^\circ\text{C}</math></p>



Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		Давление водяного пара $P_{вп} = 480000 \text{ Па}$ Геометрическая высота подъема $h_{геом} = 21 \text{ м}$
ОПК-4.3	Прогнозирует и регулирует изменение параметров технологических процессов в зависимости от свойств сырья	<p><b>Примерные практические задания:</b></p> <p>1. Расчёт скорости движения жидкости и определение режима ее движения по следующим исходным данным: исходная смесь хлороформ - уксусная кислота; массовая доля НК <math>x_{нк} = 0,26</math>; расход смеси <math>G = 23300 \text{ кг/ч}</math>; начальная температура водяного пара <math>t_{1н} = 160 \text{ °С}</math>; конечная температура водяного пара <math>t_{1к} = 160 \text{ °С}</math>; начальная температура смеси <math>t_{2н} = 30 \text{ °С}</math>; конечная температура смеси <math>t_{2к} = 61 \text{ °С}</math>; давление водяного пара <math>P_{вп} = 480000 \text{ Па}</math>; геометрическая высота подъема <math>h_{геом} = 21 \text{ м}</math>.</p> <p>2. Расчёт коэффициента гидравлического сопротивления по следующим исходным данным: исходная смесь хлороформ - уксусная кислота; массовая доля НК <math>x_{нк} = 0,26</math>; расход смеси <math>G = 23300 \text{ кг/ч}</math>; начальная температура водяного пара <math>t_{1н} = 160 \text{ °С}</math>; конечная температура водяного пара <math>t_{1к} = 160 \text{ °С}</math>; начальная температура смеси <math>t_{2н} = 30 \text{ °С}</math>; конечная температура смеси <math>t_{2к} = 61 \text{ °С}</math>; давление водяного пара <math>P_{вп} = 480000 \text{ Па}</math>; геометрическая высота подъема <math>h_{геом} = 21 \text{ м}</math>.</p> <p>3. Расчет стандартного кожухотрубного аппарата для процесса нагрева смеси по следующим исходным данным: исходная смесь хлороформ - уксусная кислота; массовая доля НК <math>x_{нк} = 0,26</math>; расход смеси <math>G = 23300 \text{ кг/ч}</math>; начальная температура водяного пара <math>t_{1н} = 160 \text{ °С}</math>; конечная температура водяного пара <math>t_{1к} = 160 \text{ °С}</math>; начальная температура смеси <math>t_{2н} = 30 \text{ °С}</math>; конечная температура смеси <math>t_{2к} = 61 \text{ °С}</math>; давление водяного пара <math>P_{вп} = 480000 \text{ Па}</math>; геометрическая высота подъема <math>h_{геом} = 21 \text{ м}</math>.</p>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена и в форме выполнения и защиты курсового проекта.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Курсовой проект выполняется под руководством преподавателя, в процессе ее написания обучающийся развивает навыки к научной работе, закрепляя и одновременно расширяя знания, полученные при изучении курса «Процессы и аппараты химической технологии». При выполнении курсового проекта обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В процессе написания курсового проекта обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.

**Показатели и критерии оценивания курсового проекта:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – задание преподавателя выполнено частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – задание преподавателя выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.