



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

05.02.2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

***ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ В ХИМИЧЕСКОЙ И
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ***

Направление подготовки (специальность)
22.04.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы
Химические технологии энергоносителей и сырьевых материалов в металлургии

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очная

| | |
|---------------------|---|
| Институт/ факультет | Институт металлургии, машиностроения и материалообработки |
| Кафедра | Металлургии и химических технологий |
| Курс | 1 |
| Семестр | 1 |

Магнитогорск
2026 год


Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 22.04.02 Metallургия (приказ Минобрнауки России от 24.04.2018 г. № 308)

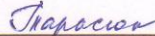
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Metallургии и химических технологий
28.01.2026, протокол № 4

Зав. кафедрой  А.С. Харченко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ
05.02.2026 г. протокол № 5

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:
доцент кафедры кафедры МиХТ, канд. техн. наук  М.В.Шубина

Рецензент:
доцент кафедры Химии, канд. хим. наук  Е.В.Тарасюк

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 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 2028 - 2029 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 обучающихся углубленных знаний по гидродинамике и тепло-массообмену в процессах и аппаратах химической и металлургической технологий 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 в химической и металлургической промышленности входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

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

Базовые знания по физике, химии, физической химии, термодинамике, химической технологии и металлургическим процессам в объеме подготовки бакалавра по техническим направлениям.

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

Системы управления химико-технологическими процессами

Применение топлива в металлургическом процессе

Улавливание, переработка и использование промышленных газов

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 в химической и металлургической промышленности» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции |
|----------------|---|
| ОПК-1 | Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии |
| ОПК-1.1 | Решает профессиональные задачи в области металлургии и процессов металлообработки, используя фундаментальные знания |
| ОПК-1.2 | Владеет способами и приемами решения исследовательских задач в предметной области металлургии и металлообработки |
| ОПК-1.3 | Применяет фундаментальные междисциплинарные знания для решения задач в профессиональной деятельности |

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 51,1 академических часов;
- аудиторная – 48 академических часов;
- внеаудиторная – 3,1 академических часов;
- самостоятельная работа – 21,2 академических часов;
- в форме практической подготовки – 0 академических часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 академических часов

Форма аттестации - экзамен

| Раздел/ тема дисциплины | Семестр | Аудиторная контактная работа (в академических 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 Общие сведения и классификация процессов и аппаратов химической и металлургической технологий. | 1 | 1 | | 1 | 2 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, подготовка презентации | Устный опрос – беседа, семинар – дискуссия, презентация по литературным источникам | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| Итого по разделу | | 1 | | 1 | 2 | | | |
| 2. Раздел 2 | | | | | | | | |
| 2.1 Гидромеханические процессы. Техническая гидравлика, гидростатика, применение основного закона гидростатики. | 1 | 1 | | 1 | 2 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, подготовка презентации | Устный опрос – беседа, семинар – дискуссия, презентация по литературным источникам | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| Итого по разделу | | 1 | | 1 | 2 | | | |
| 3. Раздел 3 | | | | | | | | |
| 3.1 Основные законы гидродинамики, режимы движения жидкости, уравнение Бернулли. Гидравлические сопротивления и расчет трубопроводов. | 1 | 2 | | 8 | 4 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, выполнение индивидуального задания | Устный опрос – беседа, семинар – дискуссия, проверка выполнения индивидуального задания | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| Итого по разделу | | 2 | | 8 | 4 | | | |
| 4. Раздел 4 | | | | | | | | |
| 4.1 Перемещение жидкостей. Насосы. | 1 | 4 | | 8 | 4 | Самостоятельное изучение учебной и | Устный опрос – беседа, семинар – дискуссия. | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |

| | | | | | | | | |
|--|---|----|--|----|------|---|---|---------------------------|
| | | | | | | научной литературы. Выполнение индивидуального задания | Проверка индивидуального задания. | |
| Итого по разделу | | 4 | | 8 | 4 | | | |
| 5. Раздел 5 | | | | | | | | |
| 5.1 Тепловые процессы, теплообменные аппараты и их расчет. | 1 | 2 | | 8 | 2 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Выполнение индивидуального задания | Устный опрос – беседа, семинар – дискуссия. Проверка индивидуального задания. | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| Итого по разделу | | 2 | | 8 | 2 | | | |
| 6. Раздел 6 | | | | | | | | |
| 6.1 Экстракционные аппараты для экстракции из твердых тел (выщелачивания). | 1 | 2 | | 2 | 2 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, подготовка презентации | Устный опрос – беседа, семинар – дискуссия, презентация по литературным источникам. | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| Итого по разделу | | 2 | | 2 | 2 | | | |
| 7. Раздел 7 | | | | | | | | |
| 7.1 Устройство адсорберов и схемы адсорбционных установок. | 1 | 2 | | 2 | 2 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, подготовка презентации | Устный опрос – беседа, семинар – дискуссия, презентация по литературным источникам | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| Итого по разделу | | 2 | | 2 | 2 | | | |
| 8. Раздел 8 | | | | | | | | |
| 8.1 Ионнообменные процессы и ионообменники. | 1 | 2 | | 2 | 3,2 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, подготовка презентации | Устный опрос – беседа, семинар – дискуссия, презентация по литературным источникам | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| Итого по разделу | | 2 | | 2 | 3,2 | | | |
| Итого за семестр | | 16 | | 32 | 21,2 | | экзамен | |
| Итого по дисциплине | | 16 | | 32 | 21,2 | | 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.

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) – 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.

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

а) Основная литература:

1. Запорожец, Е. П. Процессы и оборудование в технологиях подготовки и переработки углеводородных газов : монография / Е. П. Запорожец, Н. А. Шостак, Е. Е. Запорожец. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 600 с. - ISBN 978-5-9729-0723-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1835966> . – Режим доступа: по подписке.

2. Физико-химические основы процессов тепломассообмена: Учебное пособие / Архипов В.А. - Томск: Изд-во Томского политех. университета, 2015.- 199с.: ISBN 978-5-4387-0539-0 - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=218760>

б) Дополнительная литература:

1. Шубина М. В. Расчёт оборудования участка подогрева исходной смеси ректификационной установки : учебное пособие [для вузов] / М. В. Шубина, Е. С. Махоткина ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2837> . - ISBN 978-5-9967-1642-5. - Текст : электронный.

2. 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://znanium.ru/catalog/document?id=169687>.

3. Теоретические основы теплотехники/Ляшков В. И. - Москва : КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2019. - 328 с.: 60x90 1/16 (Переплёт) ISBN 978-5-905554-85-8 - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=354451> .

в) Методические указания:

1. Кинетика сушки твердых материалов: Метод. указания по дисциплине «Массообменные процессы химической технологии». Магнитогорск: ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова, 2019. 10 с.

2. Шубина М. В. Расчёт оборудования участка подогрева исходной смеси ректификационной установки : учебное пособие [для вузов] / М. В. Шубина, Е. С. Махоткина ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2837> . - ISBN 978-5-9967-1642-5. - Текст : электронный.

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 | бессрочно |
| FAR Manager | свободно распространяемое | бессрочно |

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| Название курса | Ссылка |
|--|---|
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного | URL:https://elibrary.ru/project_risc.asp |
| Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности» | URL: http://www1.fips.ru/ |

| | |
|--|---|
| Российская Государственная библиотека. Каталоги | https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/ |
| Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. | https://host.megaprolib.net/MP0109/Web |

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 практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Оснащение: Доска, мультимедийный проектор, экран.

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 в химической и металлургической промышленности» 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.

Примерный перечень вопросов для устных опросов-бесед по темам (экзамена), семинаров-дискуссий:

- *Общие сведения и классификация процессов и аппаратов химической и металлургической технологий.*
- *Гидродинамика и гидродинамические процессы. Основные уравнения движения жидкостей, гидродинамическая структура потоков. Гидравлические сопротивления и расчет трубопроводов.*
- *Перемещение жидкостей. Насосы: поршневые и центробежные. Конструкции насосов объёмных, осевых и струйных.*
- *Тепловые процессы, теплообменные аппараты и их расчет.*
- *Устройство адсорберов и схемы адсорбционных установок.*
- *Ионообменные процессы и ионообменники.*

Экзаменационные вопросы

1. Классификация основных процессов и аппаратов химической и металлургической промышленности.
2. Анализ и расчет технологической аппаратуры.
3. Общие положения о составлении материальных и тепловых балансов.
4. Основное уравнение гидростатики и его применение.
5. Основы гидродинамики. Уравнение неразрывности потока.
6. Основные критерии гидродинамического подобия.
7. Режимы движения жидкости.
8. Уравнение Бернулли для идеальных и реальных жидкостей.
9. Потери напора и их расчет в зависимости от режимов движения жидкости.
10. Местные сопротивления потокам и расчет трубопроводов для транспорта жидкостей.
11. Перемещение жидкостей. Насосы.
12. Поршневые насосы.
13. Центробежные насосы.
14. Краткая характеристика теплообменников: поверхностные и смешения.
15. Кожухотрубные теплообменники: конструкция и недостатки одноходовых теплообменников.
16. Многоходовые теплообменники. Теплообменники с U-образными трубками.
17. Основные способы увеличения интенсивности теплообмена.
18. Сравнительная характеристика теплообменных аппаратов. Порядок расчета теплообменных аппаратов.
19. Основы теплового расчета рекуператоров.
20. Основы теплового расчета регенераторов.
21. Поясните схему работы экстракционных аппаратов с неподвижным слоем твердого материала, их достоинства и недостатки.
22. Поясните схему работы непрерывно действующих экстракционных аппаратов с механическим перемешиванием, их достоинства и недостатки.
23. Поясните схему работы экстракционных аппаратов со взвешенным (или кипящим) слоем, их достоинства и недостатки.

24. Поясните основные характеристики адсорбентов. Кратко охарактеризуйте виды применяемых в химической технологии адсорбентов (активные угли, силикагели, цеолиты, иониты).
25. Какие методы десорбции и десорбирующие агенты применяют в химической технологии? Как проводят регенерацию активного угля и цеолитов?
26. Поясните схему работы адсорберов с неподвижным слоем поглотителя.
27. Поясните схему работы адсорберов с движущимся слоем поглотителя.
28. Поясните схему работы адсорберов с кипящим слоем поглотителя.
29. Какие процессы относят к ионообменным, в чем их отличие от обычной адсорбции, и где их применяют? Кратко поясните схему устройства и работы ионообменной установки периодического действия. Как можно интенсифицировать работу ионообменных установок?

Примерный перечень вопросов для презентаций по темам

- Перемещение жидкостей. Насосы: поршневые и центробежные. Конструкции насосов объёмных, осевых и струйных.
- Теплообменные аппараты различной конструкции и принципов действия.
- Устройство адсорберов и схемы адсорбционных установок.
- Ионообменные процессы и ионообменники.

Примерные задания по темам следующих практических занятий

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

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

1. 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 $t_{1н} = 160^\circ\text{C}$; конечная температура водяного пара $t_{1к} = 160^\circ\text{C}$; начальная температура смеси $t_{2н} = 30^\circ\text{C}$; конечная температура смеси $t_{2к} = 61^\circ\text{C}$; давление водяного пара $P_{вп} = 480000$ Па; геометрическая высота подъема $h_{геом} = 21$ м.

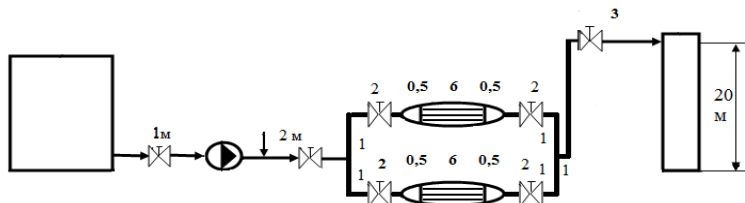
2. Расчет ориентировочного диаметра трубопровода и выбор стандартного диаметра трубопровода по следующим исходным данным: исходная смесь хлороформ - уксусная кислота; массовая доля НК $x_{нк} = 0,26$; расход смеси $G = 23300$ кг/ч; начальная температура водяного пара $t_{1н} = 160^\circ\text{C}$; конечная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

3. 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 $t_{1н} = 160^\circ\text{C}$; конечная температура водяного пара $t_{1к} = 160^\circ\text{C}$; начальная температура смеси $t_{2н} = 30^\circ\text{C}$; конечная температура смеси $t_{2к} = 61^\circ\text{C}$; давление водяного пара $P_{вп} = 480000$ Па; геометрическая высота подъема $h_{геом} = 21$ м.

4. 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 $t_{1н} = 160^\circ\text{C}$; конечная температура водяного пара $t_{1к} = 160^\circ\text{C}$; начальная температура смеси $t_{2н} = 30^\circ\text{C}$; конечная

температура смеси $t_{2к} = 61 \text{ }^\circ\text{C}$; давление водяного пара $P_{вп} = 480000 \text{ Па}$; геометрическая высота подъема $h_{геом} = 21 \text{ м}$.

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



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

Примерное задание на Расчетно-графическую работу:

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 РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКУЮ РАБОТУ (РГР)
по дисциплине «Процессы и аппараты в химической и металлургической
промышленности»

Тема: «Расчёт оборудования участка подогрева исходной смеси реакторной установки»

Студенту _____

Цель работы:

Тепловой и гидравлический расчет оборудования участка подогрева исходной смеси реакторной установки.

Задачи:

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

Исходные данные:

Смесь: метанол - толуол

Массовая доля НКК $x_{НКК} = 0,50$
Расход смеси $G = 27000 \text{ кг/ч}$
Начальная температура водяного пара $t_{1н} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$
Конечная температура водяного пара $t_{1к} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$
Начальная температура смеси $t_{2н} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$
Конечная температура смеси $t_{2к} = 65 \text{ }^\circ\text{C}$
Давление водяного пара $P_{ен} = 480000 \text{ Па}$
Геометрическая высота подъема $h_{геом} = 21 \text{ м}$

Срок сдачи: « ____ » _____ 20 ____ г.

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

Задание получил: _____ / студент гр. _____ /

Магнитогорск, 20 ____

Перечень рекомендуемой литературы для выполнения РГР:

1. Шубина М. В. Расчёт оборудования участка подогрева исходной смеси ректификационной установки : учебное пособие [для вузов] / М. В. Шубина, Е. С. Махоткина ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2837> . - ISBN 978-5-9967-1642-5. - Текст : электронный.
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

РГР выполняется обучающимся самостоятельно под руководством преподавателя. При выполнении РГР 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 решения РГР 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.

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

Пример задания на РГР 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 экзамена.

Данный раздел состоит их 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 |
|--|---|---|
| ОПК-1 – Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии | | |
| ОПК-1.1 | Решает профессиональные задачи в области металлургии и процессов металлообработки, используя фундаментальные знания | <p><i>Теоретические экзаменационные вопросы:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Классификация основных процессов и аппаратов химической и металлургической промышленности. 2. Анализ и расчет технологической аппаратуры. 3. Общие положения о составлении материальных и тепловых балансов. 4. Основное уравнение гидростатики и его применение. 5. Основы гидродинамики. Уравнение неразрывности потока. 6. Основные критерии гидродинамического подобия. 7. Режимы движения жидкости. 8. Уравнение Бернулли для идеальных и реальных жидкостей. 9. Потери напора и их расчет в зависимости от режимов движения жидкости. 10. Местные сопротивления потокам и расчет трубопроводов для транспорта жидкостей. 11. Перемещение жидкостей. Насосы. 12. Поршневые насосы. 13. Центробежные насосы. |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства |
|----------------|----------------------------------|---|
| | | <p>14. Краткая характеристика теплообменников: поверхностные и смешения.</p> <p>15. Кожухотрубные теплообменники: конструкция и недостатки одноходовых теплообменников.</p> <p>16. Многоходовые теплообменники. Теплообменники с U-образными трубками.</p> <p>17. Основные способы увеличения интенсивности теплообмена.</p> <p>18. Сравнительная характеристика теплообменных аппаратов. Порядок расчета теплообменных аппаратов.</p> <p>19. Основы теплового расчета рекуператоров.</p> <p>20. Основы теплового расчета регенераторов.</p> <p>21. Поясните схему работы экстракционных аппаратов с неподвижным слоем твердого материала, их достоинства и недостатки.</p> <p>22. Поясните схему работы непрерывно действующих экстракционных аппаратов с механическим перемешиванием, их достоинства и недостатки.</p> <p>23. Поясните схему работы экстракционных аппаратов со взвешенным (или кипящим) слоем, их достоинства и недостатки.</p> <p>24. Поясните основные характеристики адсорбентов. Кратко охарактеризуйте виды применяемых в химической технологии адсорбентов (активные угли, силикагели, цеолиты, иониты).</p> <p>25. Какие методы десорбции и десорбирующие агенты применяют в химической технологии? Как проводят регенерацию активного угля и цеолитов?</p> <p>26. Поясните схему работы адсорберов с неподвижным слоем поглотителя.</p> <p>27. Поясните схему работы адсорберов с движущимся слоем поглотителя.</p> <p>28. Поясните схему работы адсорберов с кипящим слоем поглотителя.</p> <p>29. Какие процессы относят к ионообменным, в чем их отличие от обычной адсорбции, и где их применяют? Кратко поясните схему устройства и работы ионообменной установки периодического действия. Как можно интенсифицировать работу ионообменных установок?</p> |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства |
|----------------|--|---|
| ОПК-1.2 | Владеет способами и приемами решения исследовательских задач в предметной области металлургии и металлообработки | <p>Примерное задание на Расчетно-графическую работу: Тема: «Расчёт оборудования участка подогрева исходной смеси реакторной установки» Цель работы: Тепловой и гидравлический расчет оборудования участка подогрева исходной смеси реакторной установки. Исходные данные: Смесь: метанол - толуол Массовая доля НКК $x_{НКК} = 0,50$ Расход смеси $G = 27000 \text{ кг/ч}$ Начальная температура водяного пара $t_{1н} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ Конечная температура водяного пара $t_{1к} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ Начальная температура смеси $t_{2н} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ Конечная температура смеси $t_{2к} = 65 \text{ }^\circ\text{C}$ Давление водяного пара $P_{вп} = 480000 \text{ Па}$ Геометрическая высота подъема $h_{геом} = 21 \text{ м}$</p> |
| ОПК-1.3 | Применяет фундаментальные междисциплинарные знания для решения задач в профессиональной деятельности | <p>Примерные практические задания: 1. 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 $G = 23300 \text{ кг/ч}$; начальная температура водяного пара $t_{1н} = 160 \text{ }^\circ\text{C}$; конечная температура водяного пара $t_{1к} = 160 \text{ }^\circ\text{C}$; начальная температура смеси $t_{2н} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$; конечная температура смеси $t_{2к} = 61 \text{ }^\circ\text{C}$; давление водяного пара $P_{вп} = 480000 \text{ Па}$; геометрическая высота подъема $h_{геом} = 21 \text{ м}$. 2. 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 $G = 23300 \text{ кг/ч}$; начальная температура водяного пара $t_{1н} = 160 \text{ }^\circ\text{C}$; конечная температура водяного пара $t_{1к} = 160 \text{ }^\circ\text{C}$; начальная температура смеси $t_{2н} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$; конечная температура смеси $t_{2к} = 61 \text{ }^\circ\text{C}$; давление водяного пара $P_{вп} = 480000 \text{ Па}$;</p> |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства |
|----------------|----------------------------------|--|
| | | <p>геометрическая высота подъема $h_{\text{геом}} = 21$ м.</p> <p>3. Расчёт скорости движения жидкости и определение режима ее движения по следующим исходным данным: исходная смесь хлороформ - уксусная кислота; массовая доля НК $x_{\text{НК}} = 0,26$; расход смеси $G = 23300$ кг/ч; начальная температура водяного пара $t_{1\text{н}} = 160$ °С; конечная температура водяного пара $t_{1\text{к}} = 160$ °С; начальная температура смеси $t_{2\text{н}} = 30$ °С; конечная температура смеси $t_{2\text{к}} = 61$ °С; давление водяного пара $P_{\text{вп}} = 480000$ Па; геометрическая высота подъема $h_{\text{геом}} = 21$ м.</p> <p>4. Расчёт коэффициента гидравлического сопротивления по следующим исходным данным: исходная смесь хлороформ - уксусная кислота; массовая доля НК $x_{\text{НК}} = 0,26$; расход смеси $G = 23300$ кг/ч; начальная температура водяного пара $t_{1\text{н}} = 160$ °С; конечная температура водяного пара $t_{1\text{к}} = 160$ °С; начальная температура смеси $t_{2\text{н}} = 30$ °С; конечная температура смеси $t_{2\text{к}} = 61$ °С; давление водяного пара $P_{\text{вп}} = 480000$ Па; геометрическая высота подъема $h_{\text{геом}} = 21$ м.</p> <p>5. Расчёт коэффициентов местных сопротивлений по следующим исходным данным: исходная смесь хлороформ - уксусная кислота; массовая доля НК $x_{\text{НК}} = 0,26$; расход смеси $G = 23300$ кг/ч; начальная температура водяного пара $t_{1\text{н}} = 160$ °С; конечная температура водяного пара $t_{1\text{к}} = 160$ °С; начальная температура смеси $t_{2\text{н}} = 30$ °С; конечная температура смеси $t_{2\text{к}} = 61$ °С; давление водяного пара $P_{\text{вп}} = 480000$ Па; геометрическая высота подъема $h_{\text{геом}} = 20$ м.</p> <p>6. Расчёт полной потери напора в трубопроводе по следующим исходным данным: исходная смесь хлороформ - уксусная кислота; массовая доля НК $x_{\text{НК}} = 0,26$; расход смеси $G = 23300$ кг/ч; начальная температура водяного пара $t_{1\text{н}} = 160$ °С; конечная температура водяного пара $t_{1\text{к}} = 160$ °С; начальная температура смеси $t_{2\text{н}} = 30$ °С; конечная температура смеси $t_{2\text{к}} = 61$ °С; давление водяного пара $P_{\text{вп}} = 480000$ Па; геометрическая высота подъема $h_{\text{геом}} = 20$ м.</p> |

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

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

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и задача или в форме теста.

Показатели и критерии оценивания экзамена в устной форме:

– 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 не демонстрирует знания теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Показатели и критерии оценивания экзамена в виде теста:

Вопросы тестов охватывают весь объем изучаемой дисциплины в соответствии с РПД.

- 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, что соответствует результату тестирования **75% и более;**

- 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, что соответствует результату тестирования **60 -74 %;**

- 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, что соответствует результату тестирования **50 - 59 %;**

- на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся не демонстрирует знания теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач, что соответствует результату тестирования **менее 50 %.**