

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.03
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Машины и аппараты химических производств

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки

18.03.01 Химическая

технология

направленность (профиль)

Машины и аппараты химических производств

Форма обучения: очная

Год набора: 2025

Общая трудоемкость: 4 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	7	Итого
Форма контроля	Зачет с оценкой	
Вид занятий		
Лекции	48	48
Лабораторные	32	32
Практические	48	48
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР	-	-
Промежуточная аттестация	0,25	0,25
Контактная работа	128,25	128,25
Самостоятельная работа	15,75	15,75
Контроль	-	-
Итого	144	144

Рабочую программу составил(и):

ст. преподаватель Гончаров М.В.

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:

☒

Отсутствует

☐

Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана
направления подготовки 18.03.01 Химическая технология

Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» августа 2029 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры «Химическая технология и ресурсосбережение»

(протокол заседания № 2 от «23» сентября 2024 г.)

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – формирование у студентов знания основ науки о процессах, протекающих в химических технологиях и аппаратах, создание представления о её важнейших практических приложениях.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (учебный курс) относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)» (вариативная часть, дисциплины по выбору).

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина:

«Физика», «Высшая математика», «Общая и неорганическая химия», «Инженерная графика»,

«Общая химическая технология», «Процессы и аппараты в химической технологии и биотехнологии», «Химическая технология органических и неорганических веществ 1».

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты ВКР».

3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ПК-7 Способность осуществлять рациональный выбор материалов на основе анализа взаимосвязи между их составом, структурой и свойствами при решении профессиональных задач	ПК-7.1. Владеет базовыми характеристиками для подбора материала реакторов и конструкций	Знать: <ul style="list-style-type: none">– свойства и характеристики конструкционных, жаропрочных и коррозионно-стойких материалов, применяемых при изготовлении оборудования химических производств;– критерии выбора материалов в зависимости от температуры, давления, среды и особенностей технологического процесса;– влияние структуры, состава и технологии получения материалов на их эксплуатационные характеристики.
		Уметь: <ul style="list-style-type: none">– анализировать рабочие условия машин и аппаратов и подбирать соответствующие материалы конструкций;– использовать справочные и нормативные материалы при выборе материалов;– обосновывать выбор материала с точки зрения прочности, химической стойкости, технологичности и стоимости.

		<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками применения классификаторов и баз данных материалов; – методами расчета ресурса и долговечности оборудования с учетом свойств применяемых материалов; – инструментами оценки влияния условий эксплуатации на изменение свойств материалов.
	<p>ПК-7.2. Умеет описывать взаимосвязь между протекающими физическими процессами и фундаментальным и законами механики</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основы механики жидкости и газа, прочности материалов, сопротивления материалов и термодинамики, применительно к работе химического оборудования; – принципы действия машин и аппаратов, основанные на передаче, преобразовании и использовании энергии; – законы и уравнения, описывающие движение и силы, действующие в рабочих средах и конструкциях аппаратов.
		<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять фундаментальные законы физики и механики для описания процессов, происходящих в технологическом оборудовании; – выполнять анализ силовых и тепловых нагрузок на элементы конструкций; – решать задачи расчета давления, потерь напора, усилий, возникающих в элементах машин и аппаратов.
		<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами инженерного анализа конструкций на основе механических и энергетических расчетов; – навыками моделирования рабочих процессов в машинах и аппаратах с использованием расчетных уравнений; – подходами к оценке эффективности и надежности оборудования на основе анализа физических процессов.

4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. «Теплообменные массообменные аппараты»	Лек1	Введение, структура дисциплины, классификация оборудования.	7	2	—	—	
	Лек2	Назначение, выбор и классификация теплообменных аппаратов.	7	2	—	—	
	Лек3	Кожухотрубчатые теплообменники.	7	2	—	—	
	Лек4	Теплообменники воздушного охлаждения, «труба в трубе», оросительные, погруженные змеевиковые и смешительные.	7	4	—	—	
	Лек5	Массообменные аппараты. Классификация. Тарельчатые массообменные аппараты для процессов ректификации и абсорбции.	7	4	—	—	
	Лек6	Насадочные массообменные аппараты.	7	4	—	—	
	Пр1	Примеры и решение задач по массо- и теплообменным процессам.	7	4	—	—	Отчет по практическому занятию № 1
	Пр2	Элементы кожухотрубчатых теплообменных аппаратов.	7	4	—	—	Отчет по практическому занятию № 2
	Пр3	Расчет на прочность элементов кожухотрубчатых теплообменных аппаратов.	7	4	—	—	Отчет по практическому занятию № 3
	Пр4	Расчет ректификационных колонн.	7	4	—	—	Отчет по практическому занятию № 4

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Пр5	Расчет колонных аппаратов на прочность и устойчивость	7	4	—	—	Отчет по практическому занятию № 5
	Лаб1	Оптимизация конструкции кожухотрубного теплообменника.	7	4	—	—	Отчет по лабораторной работе №1
	Лаб2	Моделирование тепловых процессов в пластинчатом теплообменнике.	7	4	—	—	Отчет по лабораторной работе №2
	Лаб3	Проектирование сепаратора для разделения гетерогенных смесей.	7	4	—	—	Отчет по лабораторной работе №3
	Лаб4	Определение оптимальных режимов работы аппаратов сепарации фаз.	7	4	—	—	Отчет по лабораторной работе №4
	Лаб5	Определение минимального числа тарелок в дистиляционной колонне.	7	4	—	—	Отчет по лабораторной работе №5
	Ср	Изучение теоретического материала. Подготовка отчетов по практическим занятиям и лабораторным работам. Выполнение индивидуальных заданий.	7	5	—	—	Реферат-презентация
Модуль 2. «Реакционные аппараты»	Лек7	Назначение и классификация реакционных аппаратов.	7	4	—	—	
	Лек8	Аппараты для жидкостных реакций.	7	4	—	—	
	Лек9	Сосуды с рубашкой.	7	4	—	—	
	Лек10	Газожидкостные реакторы.	7	4	—	—	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Лек11	Аппараты для проведения газовых реакций на твердом катализаторе.	7	4	—	—	
	Лек12	Перспективная реакционная техника.	7	2	—	—	
	Пр6	Расчет реактора-котла периодического действия.	7	4	—	—	Отчет по практическому занятию № 6
	Пр7	Расчет реактора-котла непрерывного действия.	7	4	—	—	Отчет по практическому занятию № 7
	Пр8	Расчет аппаратов с твердым катализатором.	7	4	—	—	Отчет по практическому занятию №8
	Пр9	Расчет толщины стенки сосуда под давлением с учетом коррозионного износа.	7	4	—	—	Отчет по практическому занятию №9
	Лаб6	Моделирование гидравлических характеристик реактора идеального смешения.	7	4	—	—	Отчет по лабораторной работе №6
	Лаб7	Определение гидростатических нагрузок на оборудование химических производств.	7	4	—	—	Отчет по лабораторной работе №7
	Ср	Изучение теоретического материала. Подготовка отчетов по практическим занятиям и лабораторным работам. Выполнение индивидуальных заданий.	7	5,75	—	—	Реферат-презентация

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 3. «Технологические трубопроводы и арматура»	Лек13	Технологические трубопроводы и их категорийность.	7	2	—	—	
	Лек14	Трубы, соединительные детали, компенсаторы и опоры трубопроводов.	7	2	—	—	
	Лек15	Трубопроводная арматура.	7	2	—	—	
	Лек16	Особенности монтажа и эксплуатации трубопроводов. Выверка и закрепление смонтированного оборудования.	7	2	—	—	
	Пр10	Расчет на прочность технологических стальных трубопроводов давлением до 10 МПа.	7	4	—	—	Отчет по практическому занятию №10
	Пр11	Расчет на прочность стальных трубопроводов высокого давления.	7	4	—	—	Отчет по практическому занятию №11
	Пр12	Расчет энергоэффективности аппаратов транспортировки жидкостей	7	4	—	—	Отчет по практическому занятию №12
	Лаб8	Анализ и расчет коррозионной стойкости конструктивных элементов аппаратов.	7	4	—	—	Отчет по лабораторной работе №8
	Ср	Изучение теоретического материала. Подготовка отчетов по практическим занятиям и лабораторным работам. Выполнение индивидуальных заданий. Подготовка к зачету.	7	5	—	—	Реферат-презентация
	ПА	Зачет с оценкой	7	0,25	—	—	Зачет с оценкой
Итого:				144			

5. Образовательные технологии

При реализации учебного курса дисциплины используется технология традиционного обучения, включающая лекции, практические занятия и лабораторные работы, которые предполагают последовательное изложение материала преподавателем. Лекция с элементами дискуссии. Лекция-презентация.

Практические занятия и лабораторные работы с решением задач, обсуждение алгоритма решения задач и полученных результатов. Выполнение индивидуальных заданий.

6. Методические указания по освоению дисциплины

При освоении темы необходимо:

- Изучить учебный материал по дисциплине «Машины и аппараты химических производств», используя лекционный курс, нормативную документацию (ГОСТ, ASME, ISO) и ресурсы библиотечного фонда;

- акцентировать внимание на: принципах проектирования химического оборудования (расчёты прочности, герметичности, теплопередачи, учет коррозионных, температурных и механических нагрузок; критериях выбора материалов (технологичность обработки, стоимость, коррозионная стойкость, соответствие условиям эксплуатации; современных методах производства (сварка (TIG, MIG), литьё, аддитивные технологии (3D-печать металлом, применение композитных материалов и нанопокровов)).

Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы:

1. Изучение теоретического материала по изучаемой теме, изложенного в учебно-методическом пособии, с фокусом на:

1.1. Классификацию оборудования:

- Реакторы (периодического/непрерывного действия).
- Теплообменники (кожухотрубные, пластинчатые).
- Сепараторы (гравитационные, центробежные).

1.2. Методы расчёта параметров:

- Толщина стенок сосудов под давлением (ГОСТ 34233.1-2023).
- Выбор уплотнений (фланцевые соединения, прокладки).

1.3. Нормативные документы:

- ГОСТ 34233.1-2023 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета».
- ASME BPVC (Boiler and Pressure Vessel Code), раздел VIII.

2. Вопросы для самостоятельной работы студентов:

2.1. Разработайте эскиз реактора для синтеза метанола, учитывая рабочее давление 10 МПа и температуру 300 °С. Обоснуйте выбор материала корпуса.

2.2. Рассчитайте толщину стенки теплообменника из нержавеющей стали, работающего при давлении 5 МПа и температуре 200 °С. Учтите запас на коррозию 1 мм.

2.3. Сравните эффективность кожухотрубных и пластинчатых теплообменников для процессов охлаждения хлорсодержащих сред.

2.4. Объясните принцип работы центробежного насоса. Какие материалы следует использовать для рабочего колеса при перекачке абразивных суспензий?

2.5. Предложите метод соединения деталей аппарата из титана и стали. Обоснуйте выбор технологии сварки.

2.6. Проанализируйте причины вибрации трубопроводов высокого давления. Предложите конструктивные решения для их устранения.

2.7. Разработайте рекомендации по модернизации сепаратора для повышения его производительности.

3. Подготовка к аудиторным занятиям (практическим занятиям / лабораторным работам и промежуточной аттестации):

- повторить методы расчёта напряжений в сосудах под давлением;

- изучить примеры применения CAD-систем (SolidWorks, AutoCAD, Компас-3D) для проектирования аппаратов.
- 4. Самостоятельное прочтение, просмотр, Интернет-ресурсы, повторение учебного материала:
 - рекомендуемые ресурсы:
 - научные статьи на Elibrary.ru по теме «Проектирование химического оборудования»;
 - базы данных стандартов (ASME Digital Collection, ГОСТ online);
 - видеоуроки по 3D-моделированию в Autodesk Inventor.
- 5. Лабораторные работы включают в себя решение прикладных, расчетных и ситуационных задач, обсуждение результатов деятельности.
- 6. Подготовка отчетов по практическим занятиям и лабораторным работам:
 - 6.1. Выполненное практическое занятие / лабораторная работа должны быть оформлены в текстовом редакторе совместимом с Microsoft Word (с расширением файла – doc/docx) с названием файла, Ф.И.О. _№ Группы_ МАХП_№Задания и включать в себя:
 - наименование и вариант работы;
 - исходные данные;
 - описание предлагаемого решения;
 - общее заключение по результатам работы.
 - 6.2. При сдаче отчета студент должен ответить на вопросы преподавателя по теме практического занятия / лабораторной работе в устной форме, используя отчет по работе.

7. Оценочные средства

7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
7	ПК-7	<i>Отчеты по практическим занятиям № 1-12 в электронном виде. Отчеты по лабораторным работам № 1-8 в электронном виде. Вопросы к зачету № 1-55.</i>

7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

7.2.1. Отчет по лабораторной работе

Типовой пример задания:

Лабораторная работа № 1. Оптимизация конструкции кожухотрубного теплообменника.

Цель работы: Рассчитать основные параметры кожухотрубного теплообменника. Оптимизировать конструкцию по критериям теплопередачи, гидравлического сопротивления и стоимости. Выбрать материалы для труб и кожуха с учетом коррозионной стойкости.

Оборудование и материалы

1. Программное обеспечение для расчетов (например, Word, Excel, Python или специализированные симуляторы).
2. Исходные параметры – выбираются согласно варианта (таблица 1).

Таблица 1 – Исходные данные

Вариант	Горячий поток (T_1 , °C)	Холодный поток (T_2 , °C)	Расход горячего (G_1 , кг/с)	Расход холодного (G_2 , кг/с)	Материал труб	Материал кожуха	Допустимое ΔP (кПа)
1	120 → 80	20 → 60	5.0	4.5	Нерж. сталь	Углеродистая сталь	50
2	150 → 90	25 → 70	7.5	6.0	Титан	Нерж. сталь	60
3	90 → 50	15 → 40	3.0	2.5	Медь	Латунь	40
4	200 → 120	30 → 100	10.0	8.0	Хастеллой	Титан	70
5	80 → 40	10 → 30	2.0	1.8	Полипропилен	ПВХ	30
6	180 → 100	40 → 90	8.0	7.0	Никелевый сплав	Углеродистая сталь	65
7	130 → 70	25 → 65	6.5	5.5	Алюминий	Нерж. сталь	55
8	100 → 60	20 → 50	4.0	3.5	Графит	Стеклопластик	45
9	250 → 150	50 → 130	12.0	10.0	Керамика	Хастеллой	80
10	70 → 30	5 → 25	1.5	1.2	Полиэтилен	Полипропилен	25

Дополнительные данные для всех вариантов:

- диаметр труб: 20 мм (наружный), 16 мм (внутренний);
- шаг размещения труб: 25 мм (треугольный).

Теплофизические свойства сред:

- горячий поток: вода ($C_p = 4.18$ кДж/кг·К, $\mu = 0.001$ Па·с);
- холодный поток: масло ($C_p = 2.0$ кДж/кг·К, $\mu = 0.05$ Па·с).

Теоретические сведения**1. Конструкция и принцип работы кожухотрубного теплообменника**

Кожухотрубный теплообменник состоит из:

- кожуха (внешняя оболочка), внутри которого расположен пучок труб;
- трубного пространства – среды, протекающей внутри труб;
- межтрубного пространства – среды, циркулирующей между кожухом и трубами.

Принцип работы: Тепло передается от горячего потока к холодному через стенки труб. Конструкция обеспечивает высокую эффективность при больших перепадах температур и давления.

2. Основные расчетные параметры**2.1. Тепловая нагрузка (Q)**

Количество тепла, передаваемое между средами:

$$Q = G \cdot C_p \cdot \Delta T \text{ [кВт]}, \quad (1)$$

где: G – массовый расход среды (кг/с);

C_p – удельная теплоемкость (кДж/(кг·К));

$\Delta T = T_{\text{вх}} - T_{\text{вых}}$ – разность температур потока (°C).

2.2. Коэффициент теплопередачи (K)

Характеризует способность конструкции передавать тепло:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}, \quad (2)$$

где: α_1, α_2 – коэффициенты теплоотдачи для трубного и межтрубного пространств ($\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$);

δ – толщина стенки трубы (м);

λ – теплопроводность материала трубы ($\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$).

Коэффициенты теплоотдачи (α):

– Для турбулентного режима ($Re > 2300$):

$$Nu = 0.023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4}, \quad \alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d}, \quad (3)$$

– Для ламинарного режима ($Re < 2300$):

–

$$Nu = 0.3 \cdot Re^{0.6} \cdot Pr^{0.3}, \quad \alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d}, \quad (4)$$

где: $Re = \frac{Gd}{\mu S}$ – число Рейнольдса;

$Pr = \frac{C_p \mu}{\lambda}$ – число Прандтля;

d – диаметр трубы (м);

S – площадь сечения потока (м^2).

2.3. Площадь теплопередающей поверхности (A)

$$A = \frac{Q}{K \cdot \Delta T_{\text{ср}}} [\text{м}^2], \quad (5)$$

где: $\Delta T_{\text{ср}}$ – средняя логарифмическая разность температур:

$$\Delta T_{\text{ср}} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)}, \quad \Delta T_1 = T_{\text{гор.вх}} - T_{\text{хол.вых}}, \quad \Delta T_2 = T_{\text{гор.вых}} - T \quad (6)$$

2.4. Гидравлическое сопротивление (ΔP)

Оценивает энергозатраты на прокачку сред:

– Для трубного пространства (турбулентный режим):

$$\Delta P = \frac{0.316 \cdot Re^{-0.25} \cdot L \cdot \rho \cdot v^2}{2 \cdot d} [\text{Па}], \quad (7)$$

где: L – длина труб (м);
 ρ — плотность среды (кг/м³);
 v — скорость потока (м/с).

2.5. Количество труб (N)

$$N = \frac{A}{\pi \cdot d_{\text{нар}} \cdot L}, \quad (8)$$

где: $d_{\text{нар}}$ – наружный диаметр трубы (м).

3. Выбор материалов

Трубы: нержавеющая сталь (стойкость к коррозии), титан (высокие температуры), полимеры (химическая инертность).

Кожух: углеродистая сталь (прочность), стеклопластик (легкость), хастеллой (агрессивные среды).

Пример решения (1 вариант)

Условие

Рассмотрим реакцию первого порядка $A \rightarrow B$ с параметрами (вариант №1):

- Константа скорости: $k = 0.1 \text{ мин}^{-1}$;
- Общее время пребывания: $\tau = 10 \text{ мин}$.

Расчеты

1. Расчет тепловой нагрузки (Q):

$$Q = G_1 \cdot C_{p1} \cdot (T_{1\text{вх}} - T_{1\text{вых}}) = 5.0 \cdot 4.18 \cdot (120 - 80) = 836 \text{ кВт}$$

2. Определение коэффициента теплопередачи (K):

Коэффициент теплоотдачи для воды (трубное пространство):

$$Re = \frac{G_1 \cdot d_{\text{вн}}}{\mu \cdot S_{\text{труб}}} = \frac{5.0 \cdot 0.016}{0.001 \cdot 0.0002} = 4000 \quad (\text{турбулентный режим}).$$

$$Nu = 0.023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4} = 0.023 \cdot 4000^{0.8} \cdot 6^{0.4} \approx 120$$

$$\alpha_1 = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_{\text{вн}}} = \frac{120 \cdot 0.6}{0.016} = 4500 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Коэффициент теплоотдачи для масла (межтрубное пространство):

$$Re = \frac{G_2 \cdot d_{\text{экв}}}{\mu \cdot S_{\text{межтруб}}} = \frac{4.5 \cdot 0.024}{0.05 \cdot 0.0003} = 720 \quad (\text{ламинарный режим})$$

$$Nu = 0.3 \cdot Re^{0.6} \cdot Pr^{0.3} = 0.3 \cdot 720^{0.6} \cdot 50^{0.3} \approx 25$$

$$\alpha_2 = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_{\text{экв}}} = \frac{25 \cdot 0.15}{0.024} = 156 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Общий коэффициент теплопередачи:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{d_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{4500} + \frac{0.002}{16} + \frac{1}{156}} \approx 140 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

3. Расчет площади теплопередающей поверхности (A):

$$A = \frac{Q}{K \cdot \Delta T_{ср}} = \frac{836000}{140 \cdot 40} \approx 150 \text{ м}^2$$

$\Delta T_{\{ср\}} = 40^\circ \text{C}$ (логарифмическая разность температур).

4. Определение количества труб (N):

- Длина труб: 6 м.
- Поверхность одной трубы:

$$A_{\text{трубы}} = \pi \cdot d_{\text{нар}} \cdot L = 3.14 \cdot 0.02 \cdot 6 \approx 0.377 \text{ м}^2$$

- Количество труб:

$$N = \frac{A}{A_{\text{трубы}}} = \frac{150}{0.377} \approx 398 \text{ труб}$$

5. Проверка гидравлического сопротивления (ΔP):

- Для трубного пространства:

$$\Delta P = \frac{0.316 \cdot Re^{-0.25} \cdot L \cdot \rho \cdot v^2}{2 \cdot d_{\text{вн}}} \approx 32 \text{ кПа} < 50 \text{ кПа (допустимо)}.$$

Вывод

Конструкция удовлетворяет требованиям по теплопередаче и гидравлике.

Контрольные вопросы

1. Объясните принцип работы кожухотрубного теплообменника. Чем он отличается от пластинчатого?
2. Какие факторы влияют на коэффициент теплопередачи (K)? Как его можно увеличить?
3. Почему в варианте с маслом (холодный поток) коэффициент теплоотдачи (α_2) значительно ниже, чем для воды? Как это компенсировать?
4. Какие конструктивные изменения можно внести, если расчетное ΔP превышает допустимое значение?
5. В вашем варианте был выбран треугольный шаг труб. Какие преимущества и недостатки у этого расположения по сравнению с квадратным?
6. Как изменится конструкция теплообменника, если температуру горячего потока увеличить на 50°C ? Учесть тепловое расширение материалов.

Критерии оценки:

Оценка «**зачтено**» ставится студенту, если отчет по лабораторной работе включает более 50% от требуемого объема и выполнен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии;

Оценка «**не зачтено**» ставится студенту, если отчет по лабораторной работе включает менее 50% от требуемого объема.

7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации**Семестр 7

№ п/п	Вопросы к зачету с оценкой
1	Требования, предъявляемые к оборудованию химических производств
2	Стадии проектирования оборудования химических производств
3	Нормативно-техническая документация для проектирования, расчетов и эксплуатации машин и аппаратов. Методы и способы решения творческих задач
4	Роль теплообменных аппаратов в химической технологии и их назначение
5	Коэффициент теплопередачи в теплообменниках и его расчет
6	Коэффициенты теплообмена в теплообменниках и их расчет для однофазных теплоносителей и при наличии фазовых переходов (кипение, конденсация)
7	Общие методы интенсификации процессов теплопередачи в теплообменниках
8	Классификация теплообменных аппаратов
9	Типы и характеристики кожухотрубчатых теплообменных аппаратов
10	Теплообменники с температурным компенсатором на кожухе
11	Теплообменники с плавающей головкой (типа П)
12	Теплообменники с U-образными трубами (типа У)
13	Устройство и характеристика различных типов кожухотрубчатых теплообменников
14	Конструкции и рабочие характеристики кожуха и распределительных камер кожухотрубчатых теплообменников
15	Конструкции и рабочие характеристики теплообменных труб, трубных решеток и перегородок в кожухотрубчатых теплообменниках
16	Конструкции, работа и характеристики секционных, змеевиковых и оросительных теплообменников
17	Конструкции, работа и характеристики графитовых теплообменников и аппаратов воздушного охлаждения
18	Интенсификация теплообмена в трубчатых теплообменниках
19	Конструкции, работа и характеристики пластинчатых и спиральных теплообменников
20	Задачи расчета и последовательность проектирования теплообменных аппаратов
21	Последовательность и расчетные зависимости теплового и гидравлического расчетов теплообменников-рекуператоров
22	Основные положения механического расчета элементов кожухотрубчатых теплообменников
23	Технико-экономические показатели эффективности теплообменников и их расчет

24	Конструкции и работа теплообменников на тепловых трубах
25	Новые перспективные типы и конструкции теплообменных аппаратов
26	Типовые конструкции выпарных аппаратов и их элементов
27	Процессы накипобразования и отложения загрязнений в теплообменниках и выпарных аппаратах
28	Конструкции, работа и основные характеристики ректификационных колонн непрерывного действия
29	Расчет ректификационных колонн методом теоретических тарелок
30	Типы ректификационных колонн, их выбор
31	Гидродинамика и гидравлическое сопротивление барботажных колонн
32	Расчет конструктивных элементов и узлов ректификационных колонн
33	Пути совершенствования техники ректификации
34	Пути экономии теплоты в ректификационных установках
35	Основы техники безопасности при эксплуатации ректификационных установок
36	Абсорбционные колонны. Принципы работы и расчета
37	Типовые схемы и конструкции абсорберов
38	Аппараты для гетерогенных реакций
39	Реакторы идеального вытеснения (РИВ)
40	Реакторы идеального смешения (РИС)
41	Реакторы для проведения гомогенных жидкостных и эмульсионных реакций
42	Основные конструктивные типы и сравнительная характеристика аппаратов для гетерогенных реакций
43	Аппараты для гетерогенно-каталитических реакций реакторы для газовых реакций на твердом катализаторе
44	Требования, предъявляемые к оборудованию химических производств
45	Роль теплообменных аппаратов в химической технологии и их назначение
46	Основные типы химических реакций
47	Основы теории химических реакторов
48	Скорость химических реакций и уравнения скорости химической реакции
49	Перспективная теплообменная аппаратура
50	Устройство и характеристика теплообменники типа «труба в трубе»
51	Какие достоинства имеют теплообменники воздушного охлаждения? В каких случаях их не следует применять?
52	Что такое регулярная насадка? Нерегулярная?
53	В чем суть самоуплотнения в затворах высокого давления?
54	Почему реакторы с мешалками не используют для проведения реакций режима идеального вытеснения?
55	Что называют трубопроводной арматурой?

7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
7	Зачет с оценкой (устно)	«отлично»	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Весь учебный материал по изучаемой дисциплине и аргументированно использует его в нестандартных ситуациях, проявляя при этом неординарные творческие способности в учебной деятельности; – Основные принципы, теории, законы, правила, используемые для изучения объектов дисциплины; признаки, параметры, характеристики, свойства объектов, изучаемые в дисциплине; – Модели, схемы, структуры, описывающие объекты дисциплины; – Методы, способы, приемы решения основных задач; – Оценки, пределы, ошибки, ограничения применяемых методов, моделей, теорий. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Применять полученные знания в нестандартных условиях, делать аргументированные выводы, оценивать с практической точки зрения отдельные новые факты, явления процессы, решать творческие задачи, воспринимать иную позицию (точку зрения), как альтернативную, при обучении пользоваться дополнительными источниками информации; – Давать полные, логичные и обоснованные ответы на основные и дополнительные вопросы по изучаемой дисциплине. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Глубокими и крепкими знаниями, научной терминологией; умением дополнять, адаптировать и развивать методы, алгоритмы, приемы, методики для решения конкретных задач; – Умением анализировать и использовать нормативно-правовые документы, учебную, научную и другие виды литературы, результаты наблюдений и деятельности.
		«хорошо»	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Основополагающие теории и факты,

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
			<p>логично освещает причинно-следственные связи между ними.</p> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Работать самостоятельно, подготовить реферат и защитить его положения, давать полные логичные ответы и не допускать грубых ошибок (при ответе допускаются не принципиальные неточности), систематизировать программный материал с помощью преподавателя. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Умением свободного использования изученного материала в стандартных условиях; умением анализировать, делать выводы по техническим и экономическим расчетам, правильно использовать технологию, составлять простые таблицы, схемы.
		«удовлетворительно»	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Знает и понимает суть дисциплины, основных положений учебного материала; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Поверхностно анализировать события, ситуации, делать определенные выводы, самостоятельно воспроизводить большую часть материала. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Умением давать правильные ответы (допускаются некоторые неточности и не принципиальные ошибки); – Умением работать только с учебной литературой, указанной преподавателем.
		«неудовлетворительно»	<p>Не отвечает ни на один из теоретических вопросов, не может ответить ни на один дополнительный вопрос.</p>

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Поникаров И.И., Гайнуллин М.Г.	Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки	Учебное пособие	2020	ЭБС «Лань»
2	Сидорова М.А., Кузнецов Д.И.	Современные материалы в химическом машиностроении	Учебное пособие	2022	ЭБС «Лань»
3	Гордеев П.Н., Лебедева О.В.	Технологии изготовления химических аппаратов	Учебное пособие	2020	ЭБС «Лань»
4	Николаев Р.А., Фёдоров Л.К.	ГОСТ и ISO в химическом машиностроении	Учебник	2022	ЭБС «Лань»
5	Козлов В.М., Соколова Т.П.	CAD-проектирование химических аппаратов в SolidWorks	Учебное пособие	2021	ЭБС «Лань»

8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Лебедев В. П., Морозов А. Н.	Основы расчета и конструирования аппаратов химической технологии	Учебник	2022	ЭБС «Лань»
2	Борисов А. В.	Механика и конструирование оборудования химических производств	Учебное пособие	2020	ЭБС «Лань»
3	Тимонин А.С., Васильев И.Г.	Эксплуатация и ремонт химического оборудования	Учебное пособие	2023	ЭБС «Лань»

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

– Химическая промышленность сегодня. Журнал «Химическая промышленность сегодня» публикует оригинальные статьи химико-технологического профиля, содержащие новые результаты завершенных исследований в области химической технологии и биотехнологии, промышленного внедрения и эксплуатации химических производств. Журнал также публикует обзоры наиболее интересных и актуальных научных достижений и практических разработок по публикациям отечественной и иностранной печати, информацию о проведении научных конференций, симпозиумов и научно-практических совещаний в области химической технологии и химической промышленности.

– Теоретические основы химической технологии. Журнал публикует сообщения о новых технологических процессах в обрабатывающей промышленности с точки зрения фундаментальной науки. Статьи в журнале посвящены основам тепломассообмена, процессам разделения, межфазным явлениям, течению сыпучих материалов, биотехнологии, оптимизации, автоматизации и управлению, экономии энергии, металлов и сырья, защите окружающей среды и смежным темам. Журнал входит в Перечень ВАК и систему РИНЦ. Для зарегистрированных пользователей Научной электронной библиотеки (eLibrary) доступен полнотекстовый архив с 2011 года: <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=8244>.

– Oriental Journal Of Chemistry. Научный рецензируемый журнал открытого доступа. Страна: Индия. Язык: английский. Публикует результаты научных исследований в области общей химии, биохимии, спектроскопии, химии окружающей среды. Доступен полнотекстовый архив с 2008 года: <http://www.orientjchem.org/Archive.php>.

– Chemical and Process Engineering Research. Журнал на английском языке Международного института по науке, технологиям и образованию (International Institute for Science, Technology and Education) (США, Великобритания, Гонконг). Публикует оригинальные статьи, касающиеся различных аспектов химического машиностроения, в том числе, управление процессами и контрольноизмерительными приборами данного производства. Доступен полнотекстовый архив с 2011 года: <http://www.iiste.org/Journals/index.php/CPER/issue/archive>.

– Journal of Advanced Chemical Engineering. Научный рецензируемый и реферируемый журнал открытого доступа. Страна: Египет. Язык: английский. Публикует оригинальные исследования, обзорные статьи, короткие сообщения в области химического машиностроения, современных материалов, биохимии. Доступен полнотекстовый архив с 2011 года: <http://www.ashdin.com/journals/published.aspx?jid=jace>.

8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows: WinPro 10 RUS Upgrd OLP NL Acdmc	договор № 757 от 04.07.2018, срок действия – бессрочно; контракт № 1653 от 14.12.2018, срок действия – бессрочно
2	Office Standard: Office Stdandard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition	договор № 690 от 19.05.2015, срок действия – бессрочно
3	MathCAD версия 14 или 15	Акт п/п от 21.07.09 (Гос. Контракт 487 от 28.05.09), бессрочный

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления

образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Лаборатория «Технология органических соединений». Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. (А-311)	Столы лабораторные островные физические; Столы островные химические; полки для посуды; мойки; Столы лабораторные; Столы письменные; шкаф вытяжной 1500ШВ; шкафы сушильный WS31.; баня водяная многоместная; печь муфельная; плитка электрическая; магнитная мешалка.; термостат VT8; аппарат для определения температуры вспышки; лабораторная ректификационная колонна; весы аналитические ВЛР200; весы электронные HL100; штативы лабораторные; табуреты лабораторные; стул; химическая посуда, доска меловая.
2	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (А-419)	Столы ученические двухместные (моноблоки), стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая), таблица Менделеева.
3	Лаборатория "Процессы и аппараты защиты окружающей среды". Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (А-409)	Столы ученические моноблоки, Столы, стулья, доска аудиторная (меловая), проектор, ноутбук, экран переносной, установка технологического комплекса, позволяющая снизить распространение аэродисперсной системы в пространств., установка, позволяющая создать аэродинамическую тягу.
4	Лаборатория "Процессов и АХП". Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых	Лабораторные установки по изучению процесса ректификации, процесса теплопередачи (труба в трубе), лабораторная установка для измерения давления, стационарное

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
	работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (А-118)	медиа оборудование, интерактивная доска. Столы ученические, стулья ученические.
5	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (УЛК-203)	Переносной проектор, экран, столы компьютерные, стол преподавательский, стулья, доска аудиторная (маркерная)- ПК с выходом в сеть Интернет.
6	Помещение для самостоятельной работы обучающихся. (Г-401)	Столы, стулья, компьютеры.

