

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

Б1.В.ДВ.02.01
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Технологии химического машиностроения

(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: 1 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	7	Итого
Форма контроля	Зачет	
Вид занятий		
Лекции	16	16
Лабораторные	16	16
Практические	-	-
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР	-	-
Промежуточная аттестация	0,25	0,25
Контактная работа	32,25	32,25
Самостоятельная работа	3,75	3,75
Контроль	-	-
Итого	36	36

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», «Химия и технология органических и неорганических веществ 1», «Процессы и аппараты в химической технологии и биотехнологии 2».

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-6 Способен принимать экологически безопасные и экономически эффективные технические решения при проектировании химико-технологических процессов	ПК-6.1. Владеет нормативной документацией по безопасному проектированию и эксплуатации химических процессов	Знать: <ul style="list-style-type: none">– основные нормативно-технические документы, регламентирующие процессы изготовления и эксплуатации оборудования химического машиностроения (ГОСТ, ОСТ, ТУ, СП, СНИП);– требования к безопасности при проектировании и производстве машин и аппаратов для химической промышленности;– экологические аспекты эксплуатации оборудования и принципы устойчивого производства.
		Уметь: <ul style="list-style-type: none">– применять положения нормативных документов при выборе технологических процессов и материалов;– анализировать технологические схемы на предмет соблюдения требований безопасности и экологичности;

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
		<ul style="list-style-type: none"> – разрабатывать производственные маршруты с учётом стандартов и правил охраны труда и окружающей среды.
		<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками использования нормативной документации в проектной и производственной деятельности; – методами контроля соответствия оборудования требованиям промышленной и экологической безопасности; – технологическими приёмами обеспечения безопасности на всех стадиях жизненного цикла оборудования.
	ПК-6.2. Способен проводить экономический расчет используемых материалов и конструкций в области химической технологии	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные принципы технико-экономического обоснования выбора конструкционных материалов и технологий изготовления оборудования; – методы расчета себестоимости производства машин и аппаратов; – факторы, влияющие на выбор технологии изготовления (массовость, сложность конструкции, коррозионная стойкость, обрабатываемость).
		<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – выполнять экономические сравнения различных технологий производства оборудования; – проводить расчет затрат на материалы, обработку, сборку, защиту от коррозии и техническое обслуживание; – определять экономическую целесообразность внедрения новых технологических решений и покрытий. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами оценки экономической

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
		<p>эффективности проектных и производственных решений;</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками использования калькуляций, технико-экономических моделей и программных средств при выборе технологии; – инструментами принятия решений по оптимизации производственных затрат в химическом машиностроении.

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. «Введение в технологии химического машиностроения»	Лек1	Цели и задачи химического машиностроения. Роль оборудования в химических и смежных отраслях. Этапы жизненного цикла оборудования: от проектирования до утилизации.	7	2	—	—	
	Лек2	Классификация оборудования по технологическому назначению и конструктивным особенностям. Основные материалы, применяемые в химическом машиностроении: коррозионная стойкость, прочность, технологичность. Влияние условий эксплуатации на выбор конструкционных материалов.	7	2	—	—	
	Лаб1	Оценка коррозионной стойкости материалов в хлорсодержащих средах.	7	4	—	—	Отчет по лабораторной работе №1
	Ср	Изучение теоретического материала. Подготовка отчетов по лабораторным работам. Выполнение индивидуальных заданий.	7	1	—	—	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 2. «Методы обработки и изготовления элементов оборудования»	Лек3	Общие сведения о методах механической обработки металлов. Обработка деталей резанием: токарные, фрезерные, сверлильные, шлифовальные операции. Технологии сварки в химическом машиностроении: ручная дуговая, аргонодуговая, плазменная сварка. Наплавка, пайка, клепка и аддитивные технологии: сферы применения и преимущества.	7	2	—	—	
	Лек4	Термическая обработка конструкционных материалов: отжиг, закалка, нормализация, отпуск. Технологии литья и горячей штамповки для крупногабаритных узлов. Обработка неметаллических материалов (резина, пластмассы, композиционные материалы).	7	2	—	—	
	Ср	Изучение теоретического материала. Выполнение индивидуальных заданий.	7	0,75	—	—	Реферат-презентация
Модуль 3. «Технологическая сборка и контроль качества оборудования»	Лек5	Сборочные единицы и стадии сборки химического оборудования. Основы технологической оснастки при сборке. Контроль точности и качества изготовления: методы, средства, стандарты.	7	2	—	—	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Лек6	Неразрушающие методы контроля: ультразвук, капиллярный, магнитопорошковый, радиографический. Испытания оборудования на прочность и герметичность. Стандарты, технические условия и допуски на изготовление и сборку оборудования.	7	2	—	—	
	Лаб2	Оптимизация конструкции кожухотрубного теплообменника.	7	4	—	—	Отчет по лабораторной работе №2
	Лаб3	Анализ прочности фланцевого соединения при циклических нагрузках.	7	4	—	—	Отчет по лабораторной работе №3
	Ср	Изучение теоретического материала. Подготовка отчетов по лабораторным работам. Выполнение индивидуальных заданий.	7	1	—	—	Реферат-презентация
Модуль 4. «Современные тенденции и развитие технологий химического машиностроения»	Лек7	Автоматизация производственных процессов и цифровизация машиностроительных предприятий. Внедрение CAD/CAM/CAE-систем при проектировании и производстве оборудования.	7	2	—	—	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Лек8	Современные технологии ресурсосбережения и безотходного производства. Перспективные материалы и покрытия для повышения надежности оборудования. Импортозамещение в химическом машиностроении: проблемы и решения. Анализ типичных дефектов и способов их предупреждения при производстве оборудования.	7	2	—	—	
	Лаб4	Определение срока службы аппарата с учетом механического износа и коррозии.	7	4	—	—	Отчет по лабораторной работе №4
	Ср	Изучение теоретического материала. Подготовка отчетов по лабораторным работам. Выполнение индивидуальных заданий. Подготовка к зачету.	7	1	—	—	Реферат-презентация
	ПА	Зачет	7	0,25	—	—	Зачет
Итого:				36			

5. Образовательные технологии

При реализации учебного курса дисциплины используется технология традиционного обучения, включающая лекции и лабораторные работы, которые предполагают последовательное изложение материала преподавателем. Лекция с элементами дискуссии, с использованием технологий развития критического мышления. Лабораторные работы с решением прикладных задач и практических методов работы в химической лаборатории.

6. Методические указания по освоению дисциплины

При освоении темы необходимо:

- Изучить учебный материал по дисциплине «Технологии химического машиностроения», используя лекционный курс, нормативную документацию (ГОСТ, ASME, ISO) и ресурсы библиотечного фонда;
- Акцентировать внимание на:
 - принципах проектирования химического оборудования (расчёты прочности, герметичности, теплопередачи);
 - критериях выбора материалов с учётом технологичности обработки, стоимости и условий эксплуатации;
 - современных методах производства (сварка, литьё, аддитивные технологии) и их применении в создании аппаратов.

Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы:

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

- классификацию химического оборудования (реакторы, теплообменники, сепараторы) и их конструктивные особенности;
- методы расчёта основных параметров аппаратов (толщина стенок, выбор уплотнений, крепёжных элементов);
- нормативные документы (ГОСТ 34233.1-2023, ASME BPVC) для проектирования сосудов под давлением.

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 (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 лабораторным работам:

6.1. Выполненная лабораторная работа должны быть оформлены в текстовом редакторе совместимом с Microsoft Word (с расширением файла – doc/docx) с названием файла, Ф.И.О._№ Группы_ ТХМ_№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 лабораторной работы 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-6	<i>Отчеты по лабораторным работам № 1-4 в электронном виде. Вопросы к зачету № 1-50.</i>

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

7.2.1. Отчет по лабораторной работе

Типовой пример задания:

Лабораторная работа № 2. 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 ($\text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$);

δ – толщина стенки трубы (м);

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

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):

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

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

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

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:

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

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
1.	Что входит в задачи химического машиностроения?
2.	Какие особенности определяют выбор конструкционных материалов в химическом машиностроении?
3.	Что такое технологичность конструкции?
4.	Какие группы материалов применяются для изготовления оборудования химических производств?
5.	Влияние агрессивных сред на выбор материалов.
6.	Какие коррозионно-стойкие сплавы используются в химическом оборудовании?
7.	Каковы требования к сварным соединениям в химическом машиностроении?
8.	Какие способы получения заготовок применяются в химическом машиностроении?
9.	В чём особенности применения литья для деталей оборудования?
10.	Преимущества и недостатки горячей и холодной штамповки.
11.	Каковы требования к точности заготовок?
12.	Применение порошковой металлургии в химическом машиностроении.
13.	Виды механообработки, применяемые при производстве аппаратов.
14.	Особенности обработки нержавеющей сталей.
15.	Влияние технологии резки на качество сварных швов.
16.	Какие методы сварки применяются при производстве химического оборудования?
17.	Каковы особенности аргонодуговой сварки?
18.	Какие дефекты сварных соединений наиболее распространены?
19.	Методы неразрушающего контроля сварных швов.
20.	Роль термической обработки после сварки.
21.	Последовательность операций при сборке аппаратов.
22.	Виды и особенности подгонки и стыковки узлов.
23.	Как проводится гидравлическое и пневматическое испытание оборудования?
24.	Зачем проводится контроль герметичности?
25.	Оборудование и методы контроля геометрии изделий.
26.	Зачем проводится травление и пассивация?
27.	Какие виды защитных покрытий применяются в химическом машиностроении?
28.	Преимущества эмалирования оборудования.
29.	Особенности нанесения полимерных покрытий.
30.	Методы нанесения цинкового покрытия и его функции.
31.	Роль ингибиторов коррозии на стадии эксплуатации оборудования.
32.	Особенности изготовления теплообменников.
33.	Каковы технологические особенности производства колонных аппаратов?

№ п/п	Вопросы к зачету
34.	Изготовление и контроль сосудов, работающих под давлением.
35.	Сложности при производстве аппаратов с перемешивающими устройствами.
36.	Методы изготовления трубных решеток и змеевиков.
37.	Особенности изготовления аппаратов из неметаллических материалов.
38.	Роль стандартов (ГОСТ, ОСТ) в химическом машиностроении.
39.	Какие документы регламентируют безопасную эксплуатацию химического оборудования?
40.	Какова структура паспорта на оборудование химического производства?
41.	Что входит в технический контроль на стадии приемки?
42.	Что такое аддитивные технологии и есть ли им применение в химическом машиностроении?
43.	Как используется лазерная резка в производстве оборудования?
44.	Каковы преимущества роботизированной сварки?
45.	Влияние цифрового проектирования (CAD/CAM/CAE) на технологию производства.
46.	Что такое технологическая оснастка и какова её роль?
47.	Разница между единичным, серийным и массовым производством в машиностроении.
48.	Что такое маршрутная и операционная технологическая карта?
49.	Какие показатели используются для оценки эффективности технологии производства?
50.	Как осуществляется оптимизация технологических процессов в условиях мелкосерийного производства?

7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
7	Зачет (устно)	«зачтено»	<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.
		«не зачтено»	Не отвечает ни на один из теоретических вопросов, не может ответить ни на один дополнительный вопрос.

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	Учебник	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	Белов Д.С., Романов П.А.	Лабораторный практикум по химическому машиностроению	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.
	Лаборатория "Процессов и АХП". Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового	Лабораторные установки по изучению процесса ректификации, процесса теплопередачи (труба в трубе), лабораторная установка для

№ 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
4	проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (А-118)	измерения давления, стационарное 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.