

Минобрнауки России
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ Василенко В.Н.
(подпись) (ф.и.о.)
«25» мая 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ

КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ ОТРАСЛИ_

Направление подготовки (специальность)

**18.03.02 – ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ В ХИМИЧЕСКОЙ
ТЕХНОЛОГИИ, НЕФТЕХИМИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ**

Направленность (профиль)

Инжиниринг химических и нефтехимических производств

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Воронеж

1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование компетенций обучающегося в области профессиональной деятельности и сфере профессиональной деятельности:

16 Строительство и жилищно-коммунальное хозяйство (в сферах: сбор, переработка, утилизация и хранение отходов производства; обеспечение экологически и санитарно-эпидемиологически безопасного обращения с отходами производства и потребления);

40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии).

Дисциплина направлена на решение задач профессиональной деятельности следующих типов:

технологический;

организационно-управленческий;

проектный;

экспертно-аналитический.

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 18.03.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п /п	Код компет енции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	ИД1 _{УК-1} – Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие, осуществляет декомпозицию задачи
			ИД2 _{УК-1} – Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи
			ИД3 _{УК-1} – Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки
			ИД4 _{УК-1} – Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки. Отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности
			ИД5 _{УК-1} – Определяет и оценивает последствия возможных решений задачи
2	УК-2	определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	ИД1 _{УК-2} – Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач
			ИД2 _{УК-2} – Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений
			ИД3 _{УК-2} – Решает конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время
			ИД4 _{УК-2} – Публично представляет результаты решения конкретной задачи проекта

3	ПКВ-4	Способен участвовать в совершенствовании технологических процессов и разработке нового оборудования в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	ИД1 _{ПКВ-4} – Анализирует эффективность применяемых средств технологических процессов, в том числе средств автоматизации
			ИД2 _{ПКВ-4} – Осуществляет проектирование нового оборудования и технологий очистных сооружений водоотведения с учетом наилучших доступных технологий
4	ПКВ-5	Способен проектировать отдельные стадии технологических процессов и отдельные узлы (аппараты) с использованием современных информационных технологий в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	ИД1 _{ПКВ-5} – Осуществляет технологические расчеты, подбор оборудования, составление компоновочных решений для технологических линий в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
			ИД2 _{ПКВ-5} – Использует системы автоматизированного проектирования и программного обеспечения, информационные технологии для проектирования технологических линий в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
5	ПКВ-8	Способен к анализу и проектированию отдельных стадий ОКР в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	ИД1 _{ПКВ-8} – Анализирует информацию для проведения ОКР в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
			ИД2 _{ПКВ-8} – Осуществляет проектирование отдельных стадий ОКР в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД1 _{УК-1} – Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие, осуществляет декомпозицию задачи	Знает: механизмы и методики поиска, анализа и синтеза информации, включающие системный подход в области образования; методики постановки цели и способы ее достижения, научное представление о результатах обработки информации
	Умеет: анализировать задачу, выделять ее базовые составляющие, осуществлять декомпозицию задачи; находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи; рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки
	Владет: методами установления причинноследственных связей и определения наиболее значимых среди них; механизмами поиска информации, в том числе с применением современных информационных и коммуникационных технологий
ИД2 _{УК-2} – Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений	Знает: знает действующие правовые нормы и ограничения, оказывающие регулирующее воздействие на проектную деятельность; знает необходимые для осуществления профессиональной деятельности правовые нормы
	Умеет: определять круг задач в рамках избранных видов профессиональной деятельности; планировать собственную деятельность исходя из имеющихся ресурсов; формировать план-график реализации проекта в целом и план контроля его выполнения

	Владеет: навыками по публичному представлению результатов решения конкретной задачи проекта
ИД2 _{пкв-4} – Осуществляет проектирование нового оборудования и технологий очистных сооружений водоотведения с учетом наилучших доступных технологий	Знает: знает основы теории процессов в химическом реакторе; знает принципы интенсификации химико-технологических процессов и принцип действия основных нетрадиционных химических аппаратов; знает основные энерго- и ресурсосберегающие аппараты и системы
	Умеет: умеет применять химическую термодинамику и кинетику для расчета скорости и теплового эффекта химической реакции
	Владеет: расчётами очистных сооружений водоотведения с учетом наилучших доступных технологий
ИД1 _{пкв-5} – Осуществляет технологические расчеты, подбор оборудования, составление компоновочных решений для технологических линий в области энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;	Знает: общие принципы конструирования машин и аппаратов отрасли; понятие квалиметрии, систему показателей качества машины основные понятия и показатели теории надежности, общие зависимости теории надежности; стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения
	Умеет: оформлять конструкторскую документацию с учетом требований ЕСКД, выполнять эскизы и чертежи разрабатываемых конструкций с использованием электронно-вычислительной техники при конструировании машин и аппаратов; определять качество конструкции машины и ее составляющих элементов, определять показатели надежности в различные периоды эксплуатации оборудования; использовать основные расчетные зависимости для определения основных характеристик деталей и узлов оборудования
	Владеет: методами расчета и проектирования, оценки эффективности химических аппаратов и машин; методами определения остаточного ресурса технологического оборудования, методами прогнозирования уровня надежности функционирования оборудования; методами расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения
ИД2 _{пкв-8} – Осуществляет проектирование отдельных стадий ОКР в области энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Знает: основные принципы организации процессов химической технологии нефтехимии и биотехнологии; методы оценки эффективности этих производств и их воздействия на окружающую среду
	Умеет: производить выбор аппарата и рассчитывать технологические параметры процесса с учетом реализации задач энерго- и ресурсосбережения
	Владеет: методами анализа и расчета процессов в промышленных аппаратах, выбора их конструкции, определение технологических и экономических показателей работы аппаратов

3. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП ВО

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 ООП. Дисциплина является обязательной к изучению.

Изучение дисциплины основано на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении обучающимися дисциплин: «Компьютерная и инженерная графика»; «Материаловедение»; «Общая химическая технология и химические реакторы», «Основы механики жидкости и газа».

Дисциплина является предшествующей для изучения следующих дисциплин: «Комплексное проектирование с элементами САПР»; «Спецоборудование химической, нефтехимической и биотехнологической промышленности»; «Основные малоотходные технологии и переработка отходов».

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц.

Виды учебной работы	Всего часов		Семестр					
			5		6		7	
	акад.		акад.		акад.		акад.	
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	324		108		108		108	
Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:	159		60		54		45	
Лекции	63		30		18		15	
в том числе в форме практической подготовки	63		30		18		15	
Практические занятия	96		30		36		30	
в том числе в форме практической подготовки	96		30		36		30	
Вид аттестации (зачет/экзамен)	зачет, экзамен		зачет		зачет		экзамен	
Самостоятельная работа:	129		48		54		27	
Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий, задач)	40,5		15		18		7,5	
Проработка материалов по учебникам, учебным пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий, задач)	59,3		27		28,8		3,5	
Подготовка к практическим занятиям	19,2		6		7,2		6	
Курсовая работа (выполнение расчетов, 2-х чертежей ф. А1, оформление, защита)	10		-		-		10	
Подготовка к экзамену (контроль)	36		-		-		36	

5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (указываются темы и дидактические единицы)	Трудоемкость раздела, ак.ч
5 семестр			
1	Введение. Основные сведения о технологическом оборудовании. Классификация оборудования химических производств.	Задачи содержания дисциплины. Ее связь с математическими и общими естественно научными общепрофессиональными и специальными дисциплинами. Основные требования к машинам и аппаратам химических производств. Основные параметры для подбора и расчета конструктивных элементов технологического оборудования. Классификация оборудования химических производств.	3,4
2	Нормативная документация для проектирования. Конструкционные материалы в химическом машиностроении.	Нормативная документация для проектирования, расчетов и эксплуатации оборудования. Требования к материалам. Основные характеристики материалов, учитываемые при конструировании. Особенности прочностных расчетов при действии низких и высоких температур. Влияние вида нагружения, режима эксплуатации на прочностные характеристики материалов.	6

3	Требования к проектированию сосудов	Назначение и область применения Правил Госгортехнадзора. Требования к проектированию сосудов, работающих под давлением. Требования к материалам сосудов. Требования к изготовлению сосудов. Аппараты химических производств.	10
4	Тонкостенные оболочки	Напряжения в оболочках вращения. Краевые силы и моменты. Напряжения в оболочках вращения. Краевые силы и моменты. Расчет тонкостенных обечаек, нагруженных внутренним давлением. Расчет тонкостенных обечаек, нагруженных наружным давлением.	19
5	Конструирование и расчет аппаратов, работающих под давлением	<p>Днища и крышки химических аппаратов, их конструкции и способы изготовления.</p> <p>Полушаровые, эллиптические, сферические, конические, тарельчатые, плоские днища (крышки). Расчет днищ и крышек, нагруженных внутренним и наружным давлением.</p> <p>Фланцевые соединения, назначение и конструкция узла. Типы фланцев. Плоские приварные фланцы. Фланцы приварные с шейкой. Стальные свободные фланцы на отбортовки. Фланцы на утолщении (бурте). Фланцы на резьбе. Свободные разборные фланцы. Фланцы со стяжными скобами. Уплотнения фланцев. Подбор фланцев по ОСТАм. Методика расчета фланцевых соединений.</p> <p>Алгоритм расчета плоских фланцев и фланцев с шейкой, привариваемых в стык. Устройства для присоединения трубопроводов и осмотров аппаратов. Устройства для присоединения трубопроводов. Штуцер. Бобышки. Устройства для осмотров аппаратов. Смотровые окна. Люки.</p> <p>Методика расчета укрепления вырезов в стенках элементов технологического оборудования.</p> <p>Конструкции опор технологического оборудования. Устройства для строповки. Конструкции опор технологического оборудования. Опоры вертикальных аппаратов. Опоры горизонтальных аппаратов. Расчет опор вертикальных аппаратов. Предохранительные устройства сосудов. Предохранительные мембраны.</p>	57
6	Правила устройства и безопасной эксплуатации	Документация. Техническое освидетельствование сосудов, работающих под давлением. Содержание и обслуживание сосудов работающих под давлением. Аварийная остановка сосудов, работающих под давлением.	12,6
<i>Зачет, экзамен</i>			<i>Зачет</i>
6 семестр			
7	Типы сварных соединений	Технологии сварки и контроль сварных соединений, неразъемные соединения.	27
8	Арматура сосудов	Трубопроводы, промышленные трубопроводы, трубопроводы промышленных предприятий, врезка под давлением в газопровод, врезка и перекрытие трубопровода под давлением, арматура сосудов, запорно-регулирующая арматура, технологический процесс работы запорной, регулирующей арматуры.	27
9	Типы электростанций	Атомные электростанции, радиация, атомные электростанции. ВВЭР 1200, атомные реакторы, работа гидроэлектростанции, замена гидротурбины, гидроэлектростанции, теплоэлектростанции, работа тепловой электростанции.	27

10	Емкостная аппаратура	Аппараты высокого давления, сосуды и аппараты высокого давления, классификация емкостной аппаратуры, устройство резервуара для хранения нефти, типы конструкций мешалок, мешалки для жидких сред, пропеллерная мешалка с направляющей трубой, работа мешалки, приводы мешалок.	27
<i>Зачет, экзамен</i>			<i>Зачет</i>
7 семестр			
11	Общие вопросы ремонта и монтажа оборудования	Организация ремонтной службы на предприятии. Система технического обслуживания и ремонта оборудования. Документация ремонта. Финансирование ремонтов. Планирование ремонтов. Ремонтные операции. Организация производства монтажных работ. Техническая документация на монтажные работы. Оборудование и приспособления для монтажных работ.	27
12	Надежность, ремонтпригодность и износ оборудования	Надежность оборудования и технологических линий. Ремонтпригодность оборудования. Износ оборудования.	27
13	Ремонт и монтаж типовых узлов механизмов	Ремонт и монтаж валов. Подшипники скольжения. Подшипники качения. Ремонт и монтаж зубчатых передач. Ремонт и монтаж ременных передач.	27
14	Ремонт и монтаж типового оборудования	Ремонт и монтаж теплообменной аппаратуры. Ремонт и монтаж колонных аппаратов. Ремонт и монтаж аппаратов с мешалками. Ремонт и монтаж центробежного насоса. Ремонт и монтаж поршневого компрессора. Ремонт и монтаж центробежного компрессора. Ремонт и монтаж вертикального цилиндрического резервуара. Ремонт и монтаж фильтр-пресса. Ремонт и монтаж вакуум-фильтра. Ремонт и монтаж центрифуг. Ремонт и монтаж трубопроводов.	27
<i>Зачет, экзамен</i>			<i>Экзамен</i>

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, ак.ч	Практические занятия, ак. ч	СРО, ак. ч
5 семестр				
1	Введение. Основные сведения о технологическом оборудовании. Классификация оборудования химических производств.	2	-	4
2	Нормативная документация для проектирования. Конструкционные материалы в химическом машиностроении.	2	-	4
3	Требования к проектированию сосудов	6	-	10
4	Тонкостенные оболочки	6	4	10
5	Конструирование и расчет аппаратов, работающих под давлением	12	26	10
6	Регистрация сосудов, работающих под давлением	2	-	10
<i>Зачет, экзамен</i>		<i>Зачет</i>		
6 семестр				
8	Типы сварных соединений	2	-	6
9	Арматура сосудов	2	18	16
10	Типы электростанций	4	-	16

11	Емкостная аппаратура	10	18	16
	<i>Зачет, экзамен</i>		<i>Зачет</i>	
7 семестр				
12	Общие вопросы ремонта и монтажа оборудования	4	-	3
13	Надежность, ремонтпригодность и износ оборудования	2	6	8
14	Ремонт и монтаж типовых узлов механизмов	4	12	8
15	Ремонт и монтаж типового оборудования	5	12	8
	<i>Зачет, экзамен</i>		<i>Экзамен</i>	

5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, ак. ч
5 семестр			
1	Введение. Основные сведения о технологическом оборудовании. Классификация оборудования химических производств.	Задачи содержания дисциплины. Ее связь с математическими и общими естественно научными общепрофессиональными и специальными дисциплинами. Основные требования к машинам и аппаратам химических производств. Основные параметры для подбора и расчета конструктивных элементов технологического оборудования. Классификация оборудования химических производств.	2
2	Нормативная документация для проектирования. Конструкционные материалы в химическом машиностроении.	Нормативная документация для проектирования, расчетов и эксплуатации оборудования. Требования к материалам. Основные характеристики материалов, учитываемые при конструировании. Особенности прочностных расчетов при действии низких и высоких температур. Влияние вида нагружения, режима эксплуатации на прочностные характеристики материалов.	2
3	Требования к проектированию сосудов	Назначение и область применения Правил Госгортехнадзора. Требования к проектированию сосудов, работающих под давлением. Требования к материалам сосудов. Требования к изготовлению сосудов. Аппараты химических производств.	6
4	Тонкостенные оболочки	Напряжения в оболочках вращения. Краевые силы и моменты. Напряжения в оболочках вращения. Краевые силы и моменты. Расчет тонкостенных обечаек, нагруженных внутренним давлением. Расчет тонкостенных обечаек, нагруженных наружным давлением.	6
5	Конструирование и расчет аппаратов, работающих под давлением	Днища и крышки химических аппаратов, их конструкции и способы изготовления. Полушаровые, эллиптические, сферические, конические, тарельчатые, плоские днища (крышки). Расчет днищ и крышек, нагруженных внутренним и наружным давлением. Фланцевые соединения, назначение и конструкция узла. Типы фланцев. Плоские приварные фланцы. Фланцы приварные с шейкой. Стальные свободные фланцы на отбортовки. Фланцы на утолщении (бурте). Фланцы на резьбе. Свободные разборные фланцы. Фланцы со стяжными скобами. Уплотнения фланцев. Подбор фланцев по ОСТам. Методика расчета фланцевых соединений. Алгоритм расчета плоских фланцев и фланцев с шейкой, привариваемых в стык. Устройства для присоединения трубопроводов и осмотров аппаратов. Устройства для присоединения трубопроводов. Штуцер. Бобышки. Устройства для осмотров аппаратов. Смотровые окна. Люки. Методика расчета укрепления вырезов в стенках элементов технологического оборудования.	12

		Конструкции опор технологического оборудования. Устройства для строповки. Конструкции опор технологического оборудования. Опоры вертикальных аппаратов. Опоры горизонтальных аппаратов. Расчет опор вертикальных аппаратов. Предохранительные устройства сосудов. Предохранительные мембраны.	
6	Регистрация сосудов, работающих под давлением	Документация. Техническое освидетельствование сосудов, работающих под давлением. Содержание и обслуживание сосудов работающих под давлением. Аварийная остановка сосудов, работающих под давлением.	2
6 семестр			
7	Типы сварных соединений	Технологии сварки и контроль сварных соединений, неразъемные соединения	2
8	Арматура сосудов	Трубопроводы, промышленные трубопроводы, трубопроводы промышленных предприятий, врезка под давлением в газопровод, врезка и перекрытие трубопровода под давлением, арматура сосудов, запорно-регулирующая арматура, технологический процесс работы запорной, регулирующей арматуры	2
9	Типы электростанций	Атомные электростанции, радиация, атомные электростанции. ВВЭР 1200, атомные реакторы, работа гидроэлектростанции, замена гидротурбины, гидроэлектростанции, теплоэлектростанции, работа тепловой электростанции	4
10	Емкостная аппаратура	Аппараты высокого давления, сосуды и аппараты высокого давления, классификация емкостной аппаратуры, устройство резервуара для хранения нефти, типы конструкций мешалок, мешалки для жидких сред, пропеллерная мешалка с направляющей трубой, работа мешалки, приводы мешалок	10
7 семестр			
11	Общие вопросы ремонта и монтажа оборудования	Организация ремонтной службы на предприятии. Система технического обслуживания и ремонта оборудования. Документация ремонта. Финансирование ремонтов. Планирование ремонтов. Ремонтные операции. Организация производства монтажных работ. Техническая документация на монтажные работы. Оборудование и приспособления для монтажных работ.	4
12	Надежность, ремонтпригодность и износ оборудования	Надежность оборудования и технологических линий. Ремонтпригодность оборудования. Износ оборудования.	2
13	Ремонт и монтаж типовых узлов механизмов	Ремонт и монтаж валов. Подшипники скольжения. Подшипники качения. Ремонт и монтаж зубчатых передач. Ремонт и монтаж ременных передач.	4
14	Ремонт и монтаж типового оборудования	Ремонт и монтаж теплообменной аппаратуры. Ремонт и монтаж колонных аппаратов. Ремонт и монтаж аппаратов с мешалками. Ремонт и монтаж центробежного насоса. Ремонт и монтаж поршневого компрессора. Ремонт и монтаж центробежного компрессора. Ремонт и монтаж вертикального цилиндрического резервуара. Ремонт и монтаж фильтр-пресса. Ремонт и монтаж вакуум-фильтра. Ремонт и монтаж центрифуг. Ремонт и монтаж трубопроводов.	5

5.2.2 Практические занятия (семинары)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ак. ч
5 семестр			
1	Введение. Основные сведения о технологическом оборудовании. Классификация оборудования химических производств.	-	-
2	Нормативная документация для	-	-

	проектирования. Конструкционные материалы в химическом машиностроении.		
4	Требования к проектированию сосудов	-	-
5	Тонкостенные оболочки	Расчет цилиндрических обечаек при действии внутреннего давления.	4
		Расчет цилиндрических обечаек при действии наружного давления.	
6	Конструирование и расчет аппаратов, работающих под давлением	Расчет конических обечаек и днищ при действии внутреннего давления.	26
		Расчет конических обечаек и днищ при действии наружного давления.	
		Расчет эллиптических и сферических днищ при действии внутреннего давления.	
		Расчет эллиптических и сферических днищ при действии наружного давления	
		Расчет плоских днищ при действии внутреннего и наружного давления.	
		Расчет фланцевых соединений	
		Укрепление отверстий. Расчет укрепления отверстий штуцером, накладным кольцом, бобышкой	
Прочностной расчет опор аппаратов			
7	Регистрация сосудов, работающих под давлением	-	-
6 семестр			
8	Типы сварных соединений	-	-
9	Арматура сосудов	Расчет установки для утилизации теплоты отходящих газов	18
		Расчет подогревателя воздуха нагревательной печи	
		Материальный баланс колонны ректификации	
10	Типы электростанций	-	-
11	Емкостная аппаратура	Расчет аппаратов высокого давления	18
		Расчет аппаратов с мешалкой	
7 семестр			
12	Общие вопросы ремонта и монтажа оборудования	-	-
13	Надежность, ремонтпригодность и износ оборудования	Составление ремонтного цикла	6
14	Ремонт и монтаж типовых узлов механизмов	Определение условий работы и возможных повреждений узлов и деталей	12
		Разработка предложений по повышению надежности агрегата или узла	
		Разработка схемы организации ремонта оборудования цеха	
15	Ремонт и монтаж типового оборудования	Подбор технологий ремонта узла	12
		Выбор способов измерения износа деталей узла	
		Оформление образца исполнительной документации	

5.2.3 Лабораторный практикум Не предусмотрен.

5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, ак. ч
5 семестр			
1	Введение. Основные сведения о технологическом оборудовании. Классификация оборудования химических производств.	Проработка конспекта лекций, проработка материала по учебникам.	4
2	Нормативная документация для проектирования. Конструкционные материалы в химическом машиностроении.	Проработка конспекта лекций, проработка материала по учебникам.	4
3	Требования к проектированию сосудов	Проработка конспекта лекций, проработка материала по учебникам.	10
4	Тонкостенные оболочки	Проработка конспекта лекций, проработка материала по учебникам. Подготовка к практическим занятиям.	10
5	Конструирование и расчет аппаратов, работающих под давлением	Проработка конспекта лекций, проработка материала по учебникам. Подготовка к практическим занятиям.	10
6	Регистрация сосудов, работающих под давлением	Проработка конспекта лекций, проработка материала по учебникам.	10
6 семестр			
8	Типы сварных соединений	Проработка конспекта лекций, проработка материала по учебникам.	6
9	Арматура сосудов	Проработка конспекта лекций, проработка материала по учебникам. Подготовка к практическим занятиям.	16
10	Типы электростанций	Проработка конспекта лекций, проработка материала по учебникам.	16
11	Емкостная аппаратура	Проработка конспекта лекций, проработка материала по учебникам. Подготовка к практическим занятиям.	16
7 семестр			
12	Общие вопросы ремонта и монтажа оборудования	Проработка конспекта лекций, проработка материала по учебникам. Курсовая работа.	3
13	Надежность, ремонтпригодность и износ оборудования	Проработка конспекта лекций, проработка материала по учебникам. Подготовка к практическим занятиям. Курсовая работа.	8
14	Ремонт и монтаж типовых узлов механизмов	Проработка конспекта лекций, проработка материала по учебникам. Подготовка к практическим занятиям. Курсовая работа.	8
15	Ремонт и монтаж типового оборудования	Проработка конспекта лекций, проработка материала по учебникам. Подготовка к практическим занятиям. Курсовая работа.	8

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) Для освоения дисциплины обучающийся может использовать:

6.1 Основная литература

1. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: примеры и задачи [Текст] : учебное пособие для студ. вузов / М. Ф. Михалев [и др.]; под ред. М. Ф. Михалева. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : АРИС, 2010. - 312 с.

2. Расчет и конструирование элементов оборудования: учебное пособие / Е. А. Соловьев, Э. А. Петровский, О. А. Коленчуков, А. К. Данилов. — Красноярск: СФУ, 2019. — 186 с. — ISBN 978-5-7638-3933-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157556>.

6.2 Дополнительная литература

1. Тимонин, А. С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования [Текст] Т.1. - 3-е изд., испр. - Калуга: Бочкаревой Н., 2006. - 852 с.

2. Тимонин, А. С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования [Текст] Т.2. - 3-е изд., испр. - Калуга: Бочкаревой Н., 2006. - 1028 с.

3. Тимонин, А. С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования [Текст]: справочник Т.3. - 3-е изд., испр. - Калуга: Бочкаревой Н., 2006. - 968 с.

4. Лацинский, А. А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры [Текст]: справочник. - 3-е изд., стер. - М.: Альянс, 2008. - 752 с. - Библиогр.: с. 749-752.

5. Хруничева, Т. В. Детали машин: типовые расчеты на прочность [Текст]: учебное пособие для студ. сред. проф. образов., обуч. по спец. 1200 (гриф МО). - М.: Форум, Ин-фра-М, 2009. - 224 с.

6. Проектирование, конструирование и расчет техники пищевых технологий: учебник для студ. Вузов (гриф. МО) / С. Т. Антипов, А. М. Васильев, С. И. Дворецкий и др.; под ред. Акад. РАСХН В. А. Панфилова. – СПб.: Издательство «Лань», 2013. – 912 с.

7. Курочкин, А. А. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов перерабатывающих производств [Текст]: учебное пособие для студ. Вузов (гриф Пр.) / под ред. А. А. Курочкина. – М.: КолосС, 2006. – 320 с.

8. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи: Учеб. пособие для студентов втузов/М.Ф. Михалев, Н.П. Третьяков, А.И. Мильченко, В.В. Зобнин; Под общ. ред.М.Ф. Михалева. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. - 304 с.

6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

1. Конструирование и расчет оборудования отрасли [Текст]: методические указания и задания к контрольной работе для обучающихся по направлениям 18.03.02 - "Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии", 20.03.01 - "Техносферная безопасность", заочной формы обучения / Д. А. Казарцев, А. Б. Емельянов, М. Ю. Балабанова; ВГУИТ, Кафедра машин и аппаратов химических производств. - Воронеж, 2016. - 12 с.

1. Конструирование и расчет оборудования отрасли [Текст]: метод, указания и задания к контрольной работе/ Воронеж, гос. ун-тинж. технол.; сост.Д.А. Казарцев, А. Б. Емельянов, М. Ю. Балабанова. - Воронеж: ВГУИТ, 2016. - 12 с.

2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплин (модулей) в ФГБОУ ВО ВГУИТ [Электронный ресурс]: методические указания для обучающихся на всех уровнях высшего образования / М. М. Данылиев, Р. Н. Плотникова; ВГУИТ, Учебно-методическое управление. - Воронеж: ВГУИТ, 2016. - Режим доступа : <http://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web/SearchResult/MarcFormat/100813>.

6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
--------------------------------------	---------------------------

«Российское образование» - федеральный портал	https://www.edu.ru/
Научная электронная библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp?
Национальная исследовательская компьютерная сеть России	https://niks.su/
Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»	http://window.edu.ru/
Электронная библиотека ВГУИТ	http://biblos.vsuet.ru/megapro/web
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	https://minobrnauki.gov.ru/
Портал открытого on-line образования	https://npoed.ru/
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	https://education.vsuet.ru/

6.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

При изучении дисциплины используется программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы: ЭИОС университета, в том числе на базе программной платформы «Среда электронного обучения ЗКЛ», автоматизированная информационная база «Интернет-тренажеры», «Интернет-экзамен».

При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение – н-р, ОС Windows, ОС ALT Linux.

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для лекций используется аудитория 31, оснащенная проектором, для практических занятий используются аудитории 24, оснащенные необходимым проектором и компьютерами.

Необходимый для реализации образовательной программы перечень материально-технического обеспечения включает:

- лекционные аудитории (оборудованные видеопроjectionным оборудованием для презентаций; средствами звуковоспроизведения; экраном; имеющие выход в Интернет);
- помещения для проведения семинарских, лабораторных и практических занятий (оборудованные учебной мебелью);
- библиотеку (имеющую рабочие места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и Интернет);
- компьютерные классы.

Обеспеченность процесса обучения техническими средствами полностью соответствует требованиям ФГОС по направлению подготовки. Материально-техническая база приведена в лицензионных формах и расположена во внутренней сети по адресу <http://education.vsuet.ru>.

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Учебная аудитория №31 для проведения лекционных, практических, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Комплект мебели для учебного процесса: стол ученический – 22 штуки, стул ученический – 45 штук. Проектор Aserg XD 1150 – 1 шт, Экран для проектора – 1 шт, Компьютер Intel Core 2Duo E7300; Монитор 18 LG
---	--

Для проведения практических, лабораторных занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в распоряжении кафедры имеется:

<p>Учебная аудитория №24 для проведения лекционных, практических, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p>	<p>Комплект мебели для учебного процесса: стол ученический – 24 штуки, стул ученический – 49 штук. Компьютер Intel Core 2Duo E7300 - 11 штук; Монитор 18 LG – 11 штук.; Проектор Aser XD 1150. Компьютер Celeron-433. Плоттер HP DesignJet Рабочая станция Intel Celeron 335</p>	<p>Microsoft Open License Microsoft Windows Professional 8 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level#61280574 от 06.12.2012 г. http://eopen.microsoft.com</p> <p>Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 http://eopen.microsoft.com</p> <p>(бесплатное ПО) http://zoomexe.net/ofis/project/2767-kompas-3d.html</p>
---	--	--

Аудитория для самостоятельной работы студентов

<p>Учебная аудитория №24 для проведения лекционных, практических, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p>	<p>Комплект мебели для учебного процесса: стол ученический – 24 штуки, стул ученический – 49 штук. Компьютер Intel Core 2Duo E7300 - 11 штук; Монитор 18 LG – 11 штук.; Проектор Aser XD 1150. Компьютер Celeron-433. Плоттер HP DesignJet Рабочая станция Intel Celeron 335</p>	<p>Microsoft Open License Microsoft Windows Professional 8 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level#61280574 от 06.12.2012 г. http://eopen.microsoft.com</p> <p>Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 http://eopen.microsoft.com</p> <p>(бесплатное ПО) http://zoomexe.net/ofis/project/2767-kompas-3d.html</p>
---	--	--

Дополнительно, самостоятельная работа обучающихся, может осуществляться при использовании:

<p>Читальные залы библиотеки.</p>	<p>Компьютеры со свободным доступом в сеть Интернет и Электронными библиотечными и информационно справочными системами.</p>	<p>Microsoft Office Professional Plus 2010 Microsoft Open License Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #48516271 от 17.05.2011 г. http://eopen.microsoft.com</p> <p>Microsoft Office 2007 Standart, Microsoft Open License Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 http://eopen.microsoft.com</p> <p>Microsoft Windows XP, Microsoft Open License Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 http://eopen.microsoft.com.</p> <p>Adobe Reader XI, (бесплатное ПО)</p>
-----------------------------------	---	--

8 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Оценочные материалы (ОМ) для дисциплины (модуля) включают в себя:

- перечень компетенций с указанием индикаторов достижения компетенций, этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

ОМ представляются отдельным комплектом и **входят в состав рабочей программы дисциплины (модуля)**.

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ «Положение об оценочных материалах».

ПРИЛОЖЕНИЕ
к рабочей программе

1. Организационно-методические данные дисциплины для очно-заочной или заочной форм обучения

1.1 Объемы различных форм учебной работы и виды контроля в соответствии с учебным планом

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 9 зачетных единиц

Виды учебной работы	Всего часов		Семестр					
			3		4		4	
	акад.		акад.		акад.		акад.	
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	324		108		108		108	
Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:	34,1		9,5		11,5		13,1	
Лекции	12		4		4		4	
в том числе в форме практической подготовки	12		4		4		4	
Практические занятия (ПЗ)	14		4		6		4	
в том числе в форме практической подготовки	14		4		6		4	
Консультации текущие	8,1		1,5		1,5		5,1	
Виды аттестации (зачет, экзамен)	зачет, экзамен		зачет		зачет		экзамен	
Самостоятельная работа:	275,3		94,6		92,6		88,1	
Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий, задач)	8		3		3		2	
Проработка материалов по учебникам, учебным пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий, задач)	251,7		89,2		87,2		75,3	
Подготовка к практическим занятиям	5,6		2,4		2,4		0,8	
Курсовая работа (выполнение расчетов, 3-х чертежей ф. А1, оформление, защита)	10		-		-		10	
Подготовка к экзамену (контроль)	14,6		3,9		3,9		6,8	

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

по дисциплине

Конструирование и расчет оборудования отрасли

1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	ИД1 _{УК-1} – Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие, осуществляет декомпозицию задачи
			ИД2 _{УК-1} – Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи
			ИД3 _{УК-1} – Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки
			ИД4 _{УК-1} – Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки. Отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности
			ИД5 _{УК-1} – Определяет и оценивает последствия возможных решений задачи
2	УК-2	определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	ИД1 _{УК-2} – Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач
			ИД2 _{УК-2} – Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений
			ИД3 _{УК-2} – Решает конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время
			ИД4 _{УК-2} – Публично представляет результаты решения конкретной задачи проекта
3	ПКв-4	Способен участвовать в совершенствовании технологических процессов и разработке нового оборудования в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	ИД1 _{ПКв-4} – Анализирует эффективность применяемых средств технологических процессов, в том числе средств автоматизации
			ИД2 _{ПКв-4} – Осуществляет проектирование нового оборудования и технологий очистных сооружений водоотведения с учетом наилучших доступных технологий
4	ПКв-5	Способен проектировать отдельные стадии технологических процессов и отдельные узлы (аппараты) с использованием современных информационных технологий в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	ИД1 _{ПКв-5} – Осуществляет технологические расчеты, подбор оборудования, составление компоновочных решений для технологических линий в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
			ИД2 _{ПКв-5} – Использует системы автоматизированного проектирования и программного обеспечения, информационные технологии для проектирования технологических линий в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
5	ПКв-8	Способен к анализу и проектированию отдельных стадий ОКР в области энего- и ресурсосберегающих процессов	ИД1 _{ПКв-8} – Анализирует информацию для проведения ОКР в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

		в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	ИД2 _{ПКв-8} – Осуществляет проектирование отдельных стадий ОКР в области энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
--	--	---	--

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД1 _{УК-1} – Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие, осуществляет декомпозицию задачи	Знает: механизмы и методики поиска, анализа и синтеза информации, включающие системный подход в области образования; методики постановки цели и способы ее достижения, научное представление о результатах обработки информации
	Умеет: анализировать задачу, выделять ее базовые составляющие, осуществлять декомпозицию задачи; находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи; рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки
	Владеет: методами установления причинноследственных связей и определения наиболее значимых среди них; механизмами поиска информации, в том числе с применение современных информационных и коммуникационных технологий
ИД2 _{УК-2} – Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений	Знает: знает действующие правовые нормы и ограничения, оказывающие регулирующее воздействие на проектную деятельность; знает необходимые для осуществления профессиональной деятельности правовые нормы
	Умеет: определять круг задач в рамках избранных видов профессиональной деятельности; планировать собственную деятельность исходя из имеющихся ресурсов; формировать план-график реализации проекта в целом и план контроля его выполнения
	Владеет: навыками по публичному представлению результатов решения конкретной задачи проекта
ИД2 _{ПКв-4} – Осуществляет проектирование нового оборудования и технологий очистных сооружений водоотведения с учетом наилучших доступных технологий	Знает: знает основы теории процессов в химическом реакторе; знает принципы интенсификации химико-технологических процессов и принцип действия основных нетрадиционных химических аппаратов; знает основные энерго- и ресурсосберегающие аппараты и системы
	Умеет: умеет применять химическую термодинамику и кинетику для расчета скорости и теплового эффекта химической реакции
	Владеет: расчётами очистных сооружений водоотведения с учетом наилучших доступных технологий
ИД1 _{ПКв-5} – Осуществляет технологические расчеты, подбор оборудования, составление компоновочных решений для технологических линий в области энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;	Знает: общие принципы конструирования машин и аппаратов отрасли; понятие квалиметрии, систему показателей качества машины основные понятия и показатели теории надежности, общие зависимости теории надежности; стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения
	Умеет: оформлять конструкторскую документацию с учетом требований ЕСКД, выполнять эскизы и чертежи разрабатываемых конструкций с использованием электронно-вычислительной техники при конструировании машин и аппаратов; определять качество конструкции машины и ее составляющих элементов, определять показатели надежности в различные периоды эксплуатации оборудования; использовать основные расчетные зависимости для определения основных характеристик деталей и узлов оборудования
	Владеет: методами расчета и проектирования, оценки

	<p>эффективности химических аппаратов и машин; методами определения остаточного ресурса технологического оборудования, методами прогнозирования уровня надежности функционирования оборудования; методами расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения</p>
<p>ИД2_{ПКв-8} – Осуществляет проектирование отдельных стадий ОКР в области энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</p>	<p>Знает: основные принципы организации процессов химической технологии нефтехимии и биотехнологии; методы оценки эффективности этих производств и их воздействия на окружающую среду</p>
	<p>Умеет: производить выбор аппарата и рассчитывать технологические параметры процесса с учетом реализации задач энерго- и ресурсосбережения</p>
	<p>Владеет: методами анализа и расчета процессов в промышленных аппаратах, выбора их конструкции, определение технологических и экономических показателей работы аппаратов</p>

2 Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Разделы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции	Оценочные средства		Технология оценки (способ контроля)
			наименование	№№ заданий	
1	Введение. Основные сведения о технологическом оборудовании. Классификация оборудования химических производств	УК-1 УК-2	Собеседование (вопросы к зачету)	92, 93	Контроль преподавателем
2	Нормативная документация для проектирования. Конструкционные материалы в химическом машиностроении	УК-1 УК-2	Собеседование (вопросы к зачету)	94,95	Контроль преподавателем
3	Требования к проектированию сосудов	ПКв-4 ПКв-5 ПКв-8	Банк тестовых заданий	1-6	Бланочное или компьютерное
			Собеседование (вопросы к зачету)	111-113	Контроль преподавателем
4	Тонкостенные оболочки	ПКв-4 ПКв-5 ПКв-8	Банк тестовых заданий	7-13	Бланочное или компьютерное
			Собеседование (вопросы к зачету)	96, 97	Контроль преподавателем
			Кейс-задание	77-81	Контроль преподавателем
5	Конструирование и расчет аппаратов, работающих под давлением	ПКв-4 ПКв-5 ПКв-8	Банк тестовых заданий	14-20	Бланочное или компьютерное
			Собеседование (вопросы к зачету)	98-109, 160-162	Контроль преподавателем
			Кейс-задание	82-86	Контроль преподавателем
6	Правила устройства и безопасной эксплуатации	УК-1 УК-2	Собеседование (вопросы к зачету)	110	Контроль преподавателем
7	Типы сварных соединений	ПКв-4 ПКв-5 ПКв-8	Банк тестовых заданий	21-27	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование (вопросы к зачету)	114	Контроль преподавателем
8	Арматура сосудов	ПКв-4 ПКв-5 ПКв-8	Банк тестовых заданий	28-34	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование (вопросы к зачету)	115-118, 153-157	Контроль преподавателем
9	Типы электростанций	УК-1 УК-2	Собеседование (вопросы к зачету)	123-152, 163	Контроль преподавателем
10	Емкостная аппаратура	ПКв-4 ПКв-5	Банк тестовых заданий	35-41	Бланочное или компьютерное

		ПКв-8	Собеседование (вопросы к зачету)	119-122, 158, 159	Контроль преподавателем
			Кейс-задание	87-91	Проверка преподавателем
11	Общие вопросы ремонта и монтажа оборудования	УК-1 УК-2	Банк тестовых заданий	42-47	Бланочное или компьютерное
			Собеседование (вопросы к экзамену)	164-171	Контроль преподавателем
			Курсовая работа	182-186	Защита курсового проекта
12	Надежность, ремонтпригодность и износ оборудования	УК-1 УК-2	Банк тестовых заданий	48-54	Бланочное или компьютерное
			Собеседование (вопросы к экзамену)	172	Контроль преподавателем
			Курсовая работа	187-191	Защита курсового проекта
13	Ремонт и монтаж типовых узлов механизмов	ПКв-4 ПКв-5 ПКв-8	Банк тестовых заданий	55-68	Бланочное или компьютерное
			Собеседование (вопросы к экзамену)	173-179	Контроль преподавателем
			Курсовая работа	192-196	Защита курсового проекта
14	Ремонт и монтаж типового оборудования	ПКв-4 ПКв-5 ПКв-8	Банк тестовых заданий	69-76	Бланочное или компьютерное
			Собеседование (вопросы к экзамену)	180-181	Контроль преподавателем
			Курсовая работа	197-201	Защита курсового проекта

3. Оценочные материалы для промежуточной аттестации

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной

3.1 Тесты (тестовые задания)

ПКв-4 – способен участвовать в совершенствовании технологических процессов и разработке нового оборудования в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;

ПКв-5 – способен проектировать отдельные стадии технологических процессов и отдельные узлы (аппараты) с использованием современных информационных технологий в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;

ПКв-8 - способен к анализу и проектированию отдельных стадий ОКР в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

№ задания	Тестовое задание
1	В элементе симметричной оболочки в общем случае возникают следующие внутренние усилия: 1) кольцевой момент; 2) крутящий момент; 3) меридиональный момент; 4) меридиональная сила; 5) сила инерции; 6) кольцевая сила; 7) радиальная сила.

2	<p>В рамках безмоментной теории считаются равными нулю:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) кольцевой момент; 2) меридиональный момент; 3) меридиональная сила; 4) кольцевая сила; 5) радиальная сила.
3	<p>Стандартными внутренними диаметрами обечаек являются:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 400 мм; 2) 510 мм; 3) 860 мм; 4) 1200 мм.
4	<p>Не рекомендуется чугунное литье аппаратов с толщиной стенок более</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 10 мм; 2) 50 мм; 3) 100 мм;
5	<p>Без разделки кромок свариваются стальные элементы толщиной</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) до 5 мм; 2) до 10 мм; 3) до 20 мм.
6	<p>Односторонняя разделка кромок выполняется при толщине свариваемых деталей</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 2...5 мм; 2) 5...15 мм; 3) 15...30 мм; 4) >30 мм.
7	<p>Двусторонняя разделка кромок выполняется при толщине свариваемых деталей</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) > 2 мм; 2) > 5 мм; 3) > 15 мм; 4) > 30 мм.
8	<p>Рабочее давление – это</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) максимальное абсолютное давление в аппарате при нормальном протекании технологического процесса; 2) максимальное избыточное давление в аппарате при нормальном протекании технологического процесса; 3) избыточное давление, на 10% превышающее соответствующее давление в аппарате.
9	<p>Рабочее давление в аппарате с рубашкой равно 0,3 МПа (изб.) давление пара в рубашке 0,2 (абс). Обечайку корпуса аппарата следует рассчитывать, как нагруженную</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) внутренним давлением; 2) наружным давлением.
10	<p>Рабочее давление в аппарате с рубашкой равно 0,3 МПа (изб.) давление пара в рубашке 0,35 (абс). Обечайку корпуса аппарата следует рассчитывать как нагруженную</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) внутренним давлением; 2) наружным давлением.
11	<p>Рабочее давление в аппарате с рубашкой равно 0,3 МПа (абс.) давление пара в рубашке 0,25 (изб). Обечайку корпуса аппарата следует рассчитывать как нагруженную</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) внутренним давлением; 2) наружным давлением.
12	<p>Если избыточное давление в аппарате равно 0,5 МПа, то расчетное давление равно</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 0,44 МПа; 2) 0,5 МПа; 3) 0,6 МПа; 4) 0,55 МПа.
13	<p>Если абсолютное давление в аппарате равно 0,5 МПа, то расчетное давление равно</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 0,4 МПа; 2) 0,5 МПа; 3) 0,44 МПа; 3) 0,66 МПа.

14	Рабочее давление в аппарате с рубашкой равно 0,5 МПа (абс.) давление пара в рубашке 0,3 (изб). Обечайку корпуса аппарата следует рассчитывать как нагруженную 1) внутренним давлением; 2) наружным давлением.
15	Рабочее давление в аппарате с рубашкой равно 0,7 МПа (изб.) давление пара в рубашке 0,75 (абс). Обечайку корпуса аппарата следует рассчитывать как нагруженную 1) внутренним давлением; 2) наружным давлением.
16	Рабочее давление в аппарате с рубашкой равно 0,6 МПа (абс.) давление пара в рубашке 0,55 (изб). Обечайку корпуса аппарата следует рассчитывать как нагруженную 1) внутренним давлением; 2) наружным давлением.
17	Рабочее давление в аппарате с рубашкой равно 0,5 МПа (абс.) давление пара в рубашке 0,3 (абс). В качестве расчетного давления следует принять 1) 0,22 МПа (нагружение внутреннее); 2) 0,22 МПа (нагружение наружное); 3) 0,11 МПа (нагружение внутреннее); 4) 0,11 МПа (нагружение наружное);
18	Рабочее давление в аппарате с рубашкой равно 0,5 МПа (абс.) давление пара в рубашке 0,45 (изб). В качестве расчетного давления следует принять 1) 0,15 МПа (нагружение внутреннее); 2) 0,15 МПа (нагружение наружное); 3) 0,05 МПа (нагружение внутреннее); 4) 0,05 МПа (нагружение наружное);
19	Если избыточное давление в аппарате равно 1 МПа, то расчетное давление равно 1) 0,9 МПа; 2) 1 МПа; 3) 1,1 МПа.
20	Максимальным напряжением в цилиндрической обечайке при внутреннем нагружении является 1) радиальное; 2) осевое (меридиональное); 3) касательное (кольцевое).
21	Расчетная толщина цилиндрической обечайки химических аппаратов равна 1) $s_R = \frac{p_R D}{2[\sigma]\varphi - p_R}$ 2) $s_R = \frac{p_R R}{2[\sigma]\varphi - p_R}$ 3) $s_R = \frac{p_R D}{2.3[\sigma]\varphi - p_R}$
22	Более опасным для выпуклых оболочек при прочих равных условиях является 1) внутреннее нагружение; 2) наружное нагружение.
23	Допускаемое внутреннее давление для цилиндрической обечайки определяется по формуле: 1) $[p] = \pi(D + s - c)(s - c)[\sigma]\varphi$; 2) $[p] = \pi D(s - c)[\sigma]\varphi$ 3) $[p] = \frac{2[\sigma]\varphi(s - c)}{D + (s - c)}$
24	Расчетная толщина цилиндрической обечайки при внутреннем нагружении зависит от 1) внутреннего давления; 2) диаметра; 3) расчетной длины; 4) допускаемого напряжения материала; 5) модуля упругости материала; 6) коэффициента прочности сварного соединения.
25	Расчетная толщина цилиндрической обечайки при наружном нагружении нагружении зависит от

	<ol style="list-style-type: none"> 1) наружного давления; 2) диаметра; 3) расчетной длины; 4) допускаемого напряжения материала; 5) модуля упругости материала; 6) коэффициента прочности сварного соединения.
26	<p>К потере устойчивости цилиндрической обечайки могут привести следующие виды нагрузки:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) внутреннее давление; 2) наружное давление; 3) сжимающая осевая сила; 4) растягивающая осевая сила; 5) крутящий момент; 6) изгибающий момент.
27	<p>Расчетная толщина цилиндрической обечайки при наружном нагружении равна:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) $s_R = \frac{p_R D}{2[\sigma]\varphi - p_R}$ 2) $s_R = \frac{p_R D}{2.3[\sigma]\varphi - p_R}$ 3) $s_R = \max\{K_2 D \cdot 10^{-2}; 1.1 p_R D / (2[\sigma])\};$ 4) $s_R = \frac{p_R D}{2.3[\sigma]\varphi - p_R}.$
28	<p>Расчетная толщина стенки выпуклого днища при внутреннем нагружении</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) $s_R = \frac{p_R D}{2[\sigma]\varphi - p_R};$ 2) $s_R = \frac{p_R D}{2.3[\sigma]\varphi - p_R};$ 3) $s_R = \frac{p_R R}{2[\sigma]\varphi - 0.5 p_R}.$
29	<p>Расчетная толщина стенки выпуклого днища при наружном нагружении</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) $s_R = \frac{p_R D}{2[\sigma]\varphi - p_R};$ 2) $s_R = \frac{p_R R}{2[\sigma]\varphi - 0.5 p_R}.$ 3) $s_R = \frac{p_R D}{2.3[\sigma]\varphi - p_R};$ 4) $s_R = \max\left\{\frac{K_3 R}{510} \sqrt{\frac{n_u p_R}{10^{-6} E}}; \frac{p_R R}{2[\sigma]}\right\}.$
30	<p>Допускаемое внутреннее избыточное давление для выпуклого днища</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) $[p] = \frac{2[\sigma]\varphi(s-c)}{D+(s-c)};$ 2) $s_R = \max\left\{\frac{K_3 R}{510} \sqrt{\frac{n_u p_R}{10^{-6} E}}; \frac{p_R R}{2[\sigma]}\right\}$ 3) $[p] = \frac{2(s-c)\varphi[\sigma]}{R+0.5(s-c)}.$
31	<p>Наибольшее давление выдерживает фланец</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) свободный на отбортовке; 2) плоский приварной; 3) приварной с конической горловиной.

32	<p>Для укрепления отверстий</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) увеличивают толщину стенки аппарата; 2) приваривают накладные пластины; 3) вваривают врезные бобышки; 4) приваривают кольцевые ребра жесткости на корпусе.
33	<p>При выполнении отверстий в аппаратах укрепляются</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) все отверстия; 2) отверстия, диаметр которых превышает некоторый минимальный; 3) отверстия, диаметр которых не превышает некоторый расчетный.
34	<p>При укреплении отверстия штуцером в укреплении участвуют:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) «лишняя» площадь сечения обечайки в пределах области повышенных напряжений 2) «лишняя» площадь сечения обечайки по всей ее длине; 3) «лишняя» площадь сечения штуцера по всей его длине; 4) «лишняя» площадь сечения штуцера в пределах области повышенных напряжений
35	<p>Два укрепляемых отверстия считаются близко расположенными, если</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) расстояние между ними меньше трех наибольших диаметров отверстий; 2) расстояние между ними меньше диаметра обечайки; 3) пересекаются области повышенных напряжений, возникающих из-за этих отверстий
36	<p>На период колебаний колонного аппарата влияют</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) масса аппарата; 2) высота аппарата; 3) допускаемое напряжение материала корпуса аппарата; 4) момент инерции сечения корпуса.
37	<p>Период собственных колебаний колонного аппарата при абсолютно жестком основании равен</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) $T_0 = 1.8H \sqrt{\frac{mH}{EI}}$; 2) $T_0 = \sqrt{1 + 4EI / (HC_F I_F)}$ 3) $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{H}{g}}$.
38	<p>Период собственных колебаний колонного аппарата при нежестком основании равен</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) $T = 1.8H \sqrt{\frac{mH}{EI}}$; 2) $T = T_0 \sqrt{1 + 4EI / (HC_F I_F)}$; 3) $T = 2\pi \sqrt{\frac{H}{g}}$.
39	<p>К расчетным сечениям колонного аппарата относятся следующие:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) сварной шов присоединения днища; 2) сварной шов в месте присоединения обечайки к опоре; 3) поперечное сечение обечайки опоры в месте наибольших вырезов;
40	<p>Максимальное растягивающее напряжение в колонном аппарате возникает</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) с наветренной стороны; 2) с подветренной стороны.
41	<p>Максимальное сжимающее (по абсолютной величине) напряжение в колонном аппарате возникает</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) с наветренной стороны; 2) с подветренной стороны.
42	<p>Условие устойчивости колонного аппарата, работающего под наружным давлением:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) $\frac{P_1}{[P_1]} + \frac{M}{[M]} \leq 1$; 2) $\frac{p_R}{[p]} + \frac{P_1}{[P_1]} + \frac{M}{[M]} \leq 1$; 3) $\frac{p_R}{[p]} + \frac{P_1}{[P_1]} + \frac{Q}{[Q]} \leq 1$.

43	<p>К поверхностным теплообменным аппаратам относятся</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) кожухотрубчатые; 1) насадочные (скрубберы); 2) пленочные; 4) спиральные; 5) типа «труба в трубе»;
44	<p>Проточки в отверстиях под трубки в трубных решетках выполняются для</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) снижения затрат на изготовление теплообменника; 2) уменьшения термических напряжений в трубках и кожухе; 3) улучшения качества закрепления трубок в трубной решетке.
45	<p>Стальные трубки закрепляются в трубной решетке</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) пайкой; 2) электросваркой; 3) вальцовкой; 4) резьбовым соединением.
46	<p>Толщина трубной решетки определяется из условий</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) устойчивости; 2) прочности; 3) развальцовки трубок.
47	<p>В аппаратах высокого давления рабочее давление превышает</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 0,1 МПа; 2) 1 МПа; 3) 10 МПа; 4) 100 МПа.
48	<p>Толстостенной называется обечайка, для которой коэффициент толстостенности</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) $\beta > 1,05$; 2) $\beta > 1,2$; 3) $\beta > 2$; 4) $\beta < 2$.
49	<p>Аппараты с быстровращающимися элементами:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) центрифуги; 2) барабанные печи; 3) сепараторы; 4) узлы распылительных сушилок;
50	<p>Какие конструкции мешалок относятся к быстроходным?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Лопастные 2) Якорные 3) Рамные 4) Турбинные 5) Листовые 6) Пропеллерные
51	<p>Какие конструкции мешалок относятся к тихоходным?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Турбинные 2) Рамные 3) Листовые 4) Лопастные 5) Пропеллерные 6) Якорные
52	<p>Какими тремя методами осуществляется перемешивание?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Вибрационный 2) Пневматический 3) Электрический 4) Центробежный 5) Механический
53	<p>Сальниковые уплотнения применяют в аппаратах работающих</p>

	при.... 1) давлении до 0,1 МПа и температуре до 170 град. Цельсия 2) давлении до 0,1 МПа и температуре до 70 град. Цельсия 3) давлении до 0,01 МПа и температуре до 70 град. Цельсия 4) давлении до 0,1 кПа и температуре до 70 град. Цельсия
54	Динамическая жесткость системы - это а) отношение амплитуды силы к амплитуде перемещений б) отношение амплитуды перемещений к амплитуде силы в) отношение амплитуды колебаний к амплитуде перемещений
55	К графическим документам относят а) чертеж детали б) сборочный чертеж в) ведомость спецификаций г) чертеж общего вида
56	К видам схем относят а) электрическая б) функциональная в) структурная
57	К типам схем относят а) общая б) комбинированная в) кинематическая
58	К текстовым конструкторским документам относят а) инструкции б) таблицы в) схемы г) габаритный чертеж
59	Физический износ подразделяют на: (не менее 2х ответов) а) Тепловой б) Коррозионный в) Химический г) Механический
60	Чем проверяются участки поверхности аппарата и сварные швы, на которых обнаружены несквозные трещины? а) Бензин б) Вода в) Керосин
61	Дефекты, какого размера дает возможность обнаружить метод цветной дефектоскопии? а) до 0,02 мм б) 0 в) 0,03-0,04 мм г) не менее 0,01 мм д) до 0,01 мм
62	Шейки валов, имеющие небольшие царапины, риски, овальность до 0,1 мм, ремонтируют: а) Наплавкой б) Шлифование в) Сваркой г) Пайкой
63	Для каких посадок диаметр отверстия меньше диаметра вала: а) Посадки с зазором б) Посадки с натягом в) Переходные посадки
64	Для каких посадок диаметр отверстия больше диаметра вала: а) Посадки с зазором б) Посадки с натягом в) Переходные посадки

65	Комплекс организационных и технологических мероприятий по обслуживанию и ремонту оборудования – это а) система технического обслуживания и ремонта б) техническое обслуживание в) ремонт	ремонт
66	Комплекс работ для поддержания работоспособности оборудования между ремонтами – это а) система технического обслуживания и ремонта б) техническое обслуживание в) ремонт	
67	Комплекс операций по восстановлению исправности или работоспособности оборудования и восстановлению ресурсов оборудования – это а) система технического обслуживания и ремонта б) техническое обслуживание в) ремонт	и
68	Изделия, изготовленные без применения сборочных операций – это а) детали б) сборочные единицы в) комплексы	
69	Изделия, составные части которого подлежат соединению с помощью сборочных операций – это а) детали б) сборочные единицы в) комплексы	это
70	Два и более изделия, не соединенных с помощью сборочных операций, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций – это а) детали б) сборочные единицы в) комплексы	для
71	Поломанные валы восстанавливают а) Наплавкой б) Шлифование в) Сваркой г) Пайкой	
72	В каком теплообменнике тепло передается при непосредственном контакте теплоносителей? а) Смесительный б) Поверхностный в) Рекуперативный г) Регенеративный	
73	Какой вид ремонта оборудования наиболее экономичен? а) Подетальный б) Поузловой в) Помашинный г) Остановочный	
74	Для вертикальных емкостных аппаратов не применяются а) Опоры-лапы б) Опоры-стойки в) Седловые опоры г) Площадки обслуживания	
75	Роль опорных роликов во вращающихся барабанных аппаратах? а) Элемент привода вращения барабана б) Опоры барабана в) Ограничители аксиального смещения барабана г) Устройства для повышения устойчивости барабана	
76	Свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта. а) Долговечность б) Безотказность в) Сохраняемость г) Ремонтопригодность	

3.2 Кейс задания

ПКв-4 – способен участвовать в совершенствовании технологических процессов и разработке нового оборудования в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;

ПКв-5 – способен проектировать отдельные стадии технологических процессов и отдельные узлы (аппараты) с использованием современных информационных технологий в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;

ПКв-8 - способен к анализу и проектированию отдельных стадий ОКР в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

№ задания	Кейс-задания
77	<p>Задание: Определить исполнительную толщину стенки цилиндрической обечайки аппарата при действии внутреннего избыточного давления по исходным данным: внутренний диаметр обечайки $D_{вн} = 400$ мм; рабочее давление в аппарате $P = 0,6$ МПа (абс.); материал обечайки – 08Х18Н10Т; температура в аппарате – 100 °С. Решение: Исполнительную толщину стенки аппарата определяем по формуле:</p> $S \geq S_R + C, \quad (1)$ <p>где S_R – расчётная толщина стенки обечайки аппарата, м; C – величина суммарной прибавки, м. Полученное значение исполнительной толщины стенки аппарата округляем до ближайшего гостированного сортамента листа из следующего ряда: 1 мм, 2 мм, 3 мм, 4 мм, 5 мм, 6 мм и далее через 2 мм. Расчетная толщина стенки определяется по формуле:</p> $S_R = \frac{P_R \cdot D_{вн}}{2[\sigma]\varphi - P_R}, \quad (2)$ <p>где P_R – расчетное внутреннее избыточное давление, $P_R = 1,1 (P - P_{атм})$, МПа; $P_{атм}$ – атмосферное давление, МПа; $D_{вн}$ – внутренний диаметр аппарата, м; $[\sigma]$ – допустимое напряжение материала, МПа, выбирается по учебнику [Лазинский, А.А. Конструирование сварных химических аппаратов [Текст] : справочник. – Л.: Машиностроение, 1981 – 385 с.] табл. 1.4, стр. 11 в зависимости от материала обечайки и температуры протекания процесса; φ – коэффициент сварного шва, зависит от типа сварки, по справочнику [Лазинский, А.А. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры: справочник. / А.А. Лазинский, А.Р. Толчинский. – Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.] табл. 14.7, стр. 407.</p> $P_R = 1,1 (0,6 - 0,1) = 0,55 \text{ МПа},$ $S_R = \frac{0,55 \cdot 0,4}{2 \cdot 130 \cdot 1 - 0,55} = 0,00085 \text{ м}.$ <p>Величину суммарной прибавки определяем следующей формуле по формуле:</p> $C = C_1 + C_2 + C_3, \quad (3)$ <p>где C_1 – прибавка на коррозию, м,</p> $C_1 = \tau \cdot П; \quad (4)$

$$C_1 = 10 \cdot 0,0001 = 0,001 \text{ м.}$$

где $\Pi = 0,1 \cdot 10^{-3}$ м/год – средняя величина коррозии в год;

$\tau = 10 \dots 15$ лет – время эксплуатации аппарата;

C_2 – прибавка на эрозию, м, $C_2 = 0$;

C_3 – минусовой допуск на материал, м. Значения минусового допуска определяем в зависимости от толщины стенки S_1 , м, по справочнику [Лацинский, А.А. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры: справочник. / А.А. Лацинский, А.Р. Толчинский. – Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.] табл. 2.22, стр. 102 .

$$S_1 = S_R + C_1, \quad (5)$$

$$S_1 = 0,00085 + 0,001 = 0,00185 \text{ м.}$$

Полученное значение толщины стенки S_1 округляем до ближайшего гостированного сортамента листа, получаем $S_1 = 0,002$ м. Исходя из полученного значения S_1 , определяем по справочнику минусовой допуск $C_3 = 0,00018$ м.

Полученные значения подставляем в формулу (3):

$$C = 0,001 + 0 + 0,00018 = 0,00118 \text{ м.}$$

Полученные значения подставляем в формулу (1):

$$S \geq 0,00085 + 0,00118 = 0,00203 \text{ м.}$$

Полученное значение исполнительной толщины стенки аппарата округляем до ближайшего гостированного сортамента листа, получаем $S = 0,003$ м.

Допускаемое внутреннее избыточное давление $[P]$, МПа, определяется по формуле:

$$[P] = \frac{2[\sigma]\varphi(S-C)}{D_{\text{вн}} + (S-C)}, \quad (6)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 130 \cdot 1 \cdot (0,003 - 0,00118)}{0,4 + (0,003 - 0,00118)} = 1,18 \text{ МПа.}$$

Проверяем условие прочности:

$$P_R \leq [P], \quad (7)$$

$$0,55 \text{ МПа} \leq 1,18 \text{ МПа} - \text{условие выполнено.}$$

Ответ: исполнительная толщина стенки цилиндрической обечайки аппарата при действии внутреннего избыточного давления равна $S = 0,003$ м.

78

Задание: Определить исполнительную толщину стенки цилиндрической обечайки аппарата при действии внутреннего избыточного давления по исходным данным:

внутренний диаметр обечайки $D_{\text{вн}} = 500$ мм;

рабочее давление в аппарате $P = 0,8$ МПа (абс.);

материал обечайки – 08X18H10T;

температура в аппарате – 20 °С.

Решение:

Исполнительную толщину стенки аппарата определяем по формуле:

$$S \geq S_R + C, \quad (1)$$

где S_R – расчётная толщина стенки обечайки аппарата, м;

C – величина суммарной прибавки, м.

Полученное значение исполнительной толщины стенки аппарата округляем до ближайшего гостированного сортамента листа из следующего ряда: 1 мм, 2 мм, 3 мм, 4 мм, 5 мм, 6 мм и

далее через 2 мм.

Расчетная толщина стенки определяется по формуле:

$$S_R = \frac{P_R \cdot D_{вн}}{2[\sigma]\varphi - P_R}, \quad (2)$$

где P_R – расчетное внутреннее избыточное давление, $P_R = 1,1 (P - P_{атм})$, МПа;

$P_{атм}$ – атмосферное давление, МПа;

$D_{вн}$ – внутренний диаметр аппарата, м;

$[\sigma]$ – допустимое напряжение материала, МПа, выбирается по учебнику [Лацинский, А.А. Конструирование сварных химических аппаратов [Текст] : справочник. – Л.: Машиностроение, 1981 – 385 с.] табл. 1.4, стр. 11 в зависимости от материала обечайки и температуры протекания процесса;

φ – коэффициент сварного шва, зависит от типа сварки, по справочнику [Лацинский, А.А. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры: справочник. / А.А. Лацинский, А.Р. Толчинский. – Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.] табл. 14.7, стр. 407.

$$P_R = 1,1 (0,8 - 0,1) = 0,77 \text{ МПа},$$

$$S_R = \frac{0,77 \cdot 0,5}{2 \cdot 140 - 1 - 0,77} = 0,00138 \text{ м.}$$

Величину суммарной прибавки определяем следующей формуле по формуле:

$$C = C_1 + C_2 + C_3, \quad (3)$$

где C_1 – прибавка на коррозию, м,

$$C_1 = \tau \cdot П; \quad (4)$$

$$C_1 = 10 \cdot 0,0001 = 0,001 \text{ м.}$$

где $П = 0,1 \cdot 10^{-3}$ м/год – средняя величина коррозии в год;

$\tau = 10 \dots 15$ лет – время эксплуатации аппарата;

C_2 – прибавка на эрозию, м, $C_2 = 0$;

C_3 – минусовой допуск на материал, м. Значения минусового допуска определяем в зависимости от толщины стенки S_1 , м, по справочнику [Лацинский, А.А. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры: справочник. / А.А. Лацинский, А.Р. Толчинский. – Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.] табл. 2.22, стр. 102 .

$$S_1 = S_R + C_1, \quad (5)$$

$$S_1 = 0,00138 + 0,001 = 0,00238 \text{ м.}$$

Полученное значение толщины стенки S_1 округляем до ближайшего гостированного сортамента листа, получаем $S_1 = 0,003$ м. Исходя из полученного значения S_1 , определяем по справочнику минусовой допуск $C_3 = 0,00022$ м.

Полученные значения подставляем в формулу (3):

$$C = 0,001 + 0 + 0,00022 = 0,00122 \text{ м.}$$

Полученные значения подставляем в формулу (1):

$$S \geq 0,00138 + 0,00122 = 0,0026 \text{ м.}$$

Полученное значение исполнительной толщины стенки аппарата округляем до ближайшего гостированного сортамента листа, получаем $S = 0,003$ м.

Допускаемое внутреннее избыточное давление $[P]$, МПа, определяется по формуле:

$$[P] = \frac{2[\sigma]\varphi(S-C)}{D_{\text{вн}} + (S-C)}, \quad (6)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 140 \cdot 1 \cdot (0,003 - 0,00122)}{0,5 + (0,003 - 0,0012)} = 0,99 \text{ МПа.}$$

Проверяем условие прочности:

$$P_R \leq [P], \quad (7)$$

$$0,77 \text{ МПа} \leq 0,99 \text{ МПа} - \text{условие выполнено.}$$

Ответ: исполнительная толщина стенки цилиндрической обечайки аппарата при действии внутреннего избыточного давления равна $S = 0,003$ м.

79 Задание: Определить исполнительную толщину стенки цилиндрической обечайки аппарата при действии внутреннего избыточного давления по исходным данным:
внутренний диаметр обечайки $D_{\text{вн}} = 600$ мм;
рабочее давление в аппарате $P = 1,2$ МПа (абс.);
материал обечайки – 08X18H10T;
температура в аппарате – 150 °С.

Решение:

Исполнительную толщину стенки аппарата определяем по формуле:

$$S \geq S_R + C, \quad (1)$$

где S_R – расчётная толщина стенки обечайки аппарата, м;
 C – величина суммарной прибавки, м.

Полученное значение исполнительной толщины стенки аппарата округляем до ближайшего гостированного сортамента листа из следующего ряда: 1 мм, 2 мм, 3 мм, 4 мм, 5 мм, 6 мм и далее через 2 мм.

Расчетная толщина стенки определяется по формуле:

$$S_R = \frac{P_R \cdot D_{\text{вн}}}{2[\sigma]\varphi - P_R}, \quad (2)$$

где P_R – расчетное внутреннее избыточное давление, $P_R = 1,1 (P - P_{\text{атм}})$, МПа;

$P_{\text{атм}}$ – атмосферное давление, МПа;

$D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр аппарата, м;

$[\sigma]$ – допустимое напряжение материала, МПа, выбирается по учебнику [Лазинский, А.А. Конструирование сварных химических аппаратов [Текст] : справочник. – Л.: Машиностроение, 1981 – 385 с.] табл. 1.4, стр. 11 в зависимости от материала обечайки и температуры протекания процесса;

φ – коэффициент сварного шва, зависит от типа сварки, по справочнику [Лазинский, А.А. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры: справочник. / А.А. Лазинский, А.Р. Толчинский. – Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.] табл. 14.7, стр. 407.

$$P_R = 1,1 (1,2 - 0,1) = 1,21 \text{ МПа,}$$

$$S_R = \frac{1,21 \cdot 0,6}{2 \cdot 120 \cdot 1 - 1,21} = 0,00304 \text{ м.}$$

Величину суммарной прибавки определяем следующей формуле по формуле:

$$C = C_1 + C_2 + C_3, \quad (3)$$

где C_1 – прибавка на коррозию, м,

	$C_1 = \tau \cdot \Pi; \tag{4}$ $C_1 = 10 \cdot 0,0001 = 0,001 \text{ м.}$ <p>где $\Pi = 0,1 \cdot 10^{-3}$ м/год – средняя величина коррозии в год; $\tau = 10 \dots 15$ лет – время эксплуатации аппарата; C_2 – прибавка на эрозию, м, $C_2 = 0$; C_3 – минусовой допуск на материал, м. Значения минусового допуска определяем в зависимости от толщины стенки S_1, м, по справочнику [Лацинский, А.А. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры: справочник. / А.А. Лацинский, А.Р. Толчинский. – Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.] табл. 2.22, стр. 102 .</p> $S_1 = S_R + C_1, \tag{5}$ $S_1 = 0,00304 + 0,001 = 0,00404 \text{ м.}$ <p>Полученное значение толщины стенки S_1 округляем до ближайшего гостированного сортамента листа, получаем $S_1 = 0,005$ м. Исходя из полученного значения S_1, определяем по справочнику минусовой допуск $C_3 = 0,0005$ м. Полученные значения подставляем в формулу (3):</p> $C = 0,001 + 0 + 0,0005 = 0,0015 \text{ м.}$ <p>Полученные значения подставляем в формулу (1):</p> $S \geq 0,00304 + 0,0015 = 0,00454 \text{ м.}$ <p>Полученное значение исполнительной толщины стенки аппарата округляем до ближайшего гостированного сортамента листа, получаем $S = 0,005$ м. Допускаемое внутреннее избыточное давление $[P]$, МПа, определяется по формуле:</p> $[P] = \frac{2[\sigma]\varphi(S-C)}{D_{вн} + (S-C)}, \tag{6}$ $[P] = \frac{2 \cdot 120 \cdot 1 \cdot (0,005 - 0,0015)}{0,6 + (0,005 - 0,0015)} = 1,55 \text{ МПа.}$ <p>Проверяем условие прочности:</p> $P_R \leq [P], \tag{7}$ $1,21 \text{ МПа} \leq 1,39 \text{ МПа} - \text{условие выполнено.}$ <p>Ответ: исполнительная толщина стенки цилиндрической обечайки аппарата при действии внутреннего избыточного давления равна $S = 0,005$ м.</p>
80	<p>Задание: Определить исполнительную толщину стенки цилиндрической обечайки аппарата при действии внутреннего избыточного давления по исходным данным: внутренний диаметр обечайки $D_{вн} = 700$ мм; рабочее давление в аппарате $P = 0,6$ МПа (абс.); материал обечайки – 08X18H12T; температура в аппарате – 20 °С. Решение: Исполнительную толщину стенки аппарата определяем по формуле:</p> $S \geq S_R + C, \tag{1}$ <p>где S_R – расчётная толщина стенки обечайки аппарата, м; C – величина суммарной прибавки, м. Полученное значение исполнительной толщины стенки аппарата округляем до ближайшего гостированного сортамента листа из следующего ряда: 1 мм, 2 мм, 3 мм, 4 мм, 5 мм, 6 мм и</p>

далее через 2 мм.

Расчетная толщина стенки определяется по формуле:

$$S_R = \frac{P_R \cdot D_{вн}}{2[\sigma]\varphi - P_R}, \quad (2)$$

где P_R – расчетное внутреннее избыточное давление, $P_R = 1,1 (P - P_{атм})$, МПа;

$P_{атм}$ – атмосферное давление, МПа;

$D_{вн}$ – внутренний диаметр аппарата, м;

$[\sigma]$ – допустимое напряжение материала, МПа, выбирается по учебнику [Лацинский, А.А. Конструирование сварных химических аппаратов [Текст] : справочник. – Л.: Машиностроение, 1981 – 385 с.] табл. 1.4, стр. 11 в зависимости от материала обечайки и температуры протекания процесса;

φ – коэффициент сварного шва, зависит от типа сварки, по справочнику [Лацинский, А.А. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры: справочник. / А.А. Лацинский, А.Р. Толчинский. – Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.] табл. 14.7, стр. 407.

$$P_R = 1,1 (0,6 - 0,1) = 0,55 \text{ МПа},$$

$$S_R = \frac{0,55 \cdot 0,7}{2 \cdot 140 - 1 - 0,55} = 0,0014 \text{ м.}$$

Величину суммарной прибавки определяем следующей формуле по формуле:

$$C = C_1 + C_2 + C_3, \quad (3)$$

где C_1 – прибавка на коррозию, м,

$$C_1 = \tau \cdot П; \quad (4)$$

$$C_1 = 10 \cdot 0,0001 = 0,001 \text{ м.}$$

где $П = 0,1 \cdot 10^{-3}$ м/год – средняя величина коррозии в год;

$\tau = 10 \dots 15$ лет – время эксплуатации аппарата;

C_2 – прибавка на эрозию, м, $C_2 = 0$;

C_3 – минусовой допуск на материал, м. Значения минусового допуска определяем в зависимости от толщины стенки S_1 , м, по справочнику [Лацинский, А.А. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры: справочник. / А.А. Лацинский, А.Р. Толчинский. – Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.] табл. 2.22, стр. 102 .

$$S_1 = S_R + C_1, \quad (5)$$

$$S_1 = 0,0014 + 0,001 = 0,0024 \text{ м.}$$

Полученное значение толщины стенки S_1 округляем до ближайшего гостированного сортамента листа, получаем $S_1 = 0,003$ м. Исходя из полученного значения S_1 , определяем по справочнику минусовой допуск $C_3 = 0,00022$ м.

Полученные значения подставляем в формулу (3):

$$C = 0,001 + 0 + 0,00022 = 0,00122 \text{ м.}$$

Полученные значения подставляем в формулу (1):

$$S \geq 0,0014 + 0,00122 = 0,00262 \text{ м.}$$

Полученное значение исполнительной толщины стенки аппарата округляем до ближайшего гостированного сортамента листа, получаем $S = 0,003$ м.

Допускаемое внутреннее избыточное давление $[P]$, МПа, определяется по формуле:

$$[P] = \frac{2[\sigma]\varphi(S-C)}{D_{\text{вн}} + (S-C)}, \quad (6)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 140 \cdot 1 \cdot (0,003 - 0,00122)}{0,7 + (0,003 - 0,0012)} = 0,71 \text{ МПа.}$$

Проверяем условие прочности:

$$P_R \leq [P], \quad (7)$$

$$0,55 \text{ МПа} \leq 0,71 \text{ МПа} - \text{условие выполнено.}$$

Ответ: исполнительная толщина стенки цилиндрической обечайки аппарата при действии внутреннего избыточного давления равна $S = 0,003$ м.

81 Задание: Определить исполнительную толщину стенки цилиндрической обечайки аппарата при действии внутреннего избыточного давления по исходным данным:
внутренний диаметр обечайки $D_{\text{вн}} = 800$ мм;
рабочее давление в аппарате $P = 0,8$ МПа (абс.);
материал обечайки – 08X18H12T;
температура в аппарате – 100 °С.

Решение:

Исполнительную толщину стенки аппарата определяем по формуле:

$$S \geq S_R + C, \quad (1)$$

где S_R – расчётная толщина стенки обечайки аппарата, м;
 C – величина суммарной прибавки, м.

Полученное значение исполнительной толщины стенки аппарата округляем до ближайшего гостированного сортамента листа из следующего ряда: 1 мм, 2 мм, 3 мм, 4 мм, 5 мм, 6 мм и далее через 2 мм.

Расчетная толщина стенки определяется по формуле:

$$S_R = \frac{P_R \cdot D_{\text{вн}}}{2[\sigma]\varphi - P_R}, \quad (2)$$

где P_R – расчетное внутреннее избыточное давление, $P_R = 1,1 (P - P_{\text{атм}})$, МПа;

$P_{\text{атм}}$ – атмосферное давление, МПа;

$D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр аппарата, м;

$[\sigma]$ – допустимое напряжение материала, МПа, выбирается по учебнику [Лазинский, А.А. Конструирование сварных химических аппаратов [Текст] : справочник. – Л.: Машиностроение, 1981 – 385 с.] табл. 1.4, стр. 11 в зависимости от материала обечайки и температуры протекания процесса;

φ – коэффициент сварного шва, зависит от типа сварки, по справочнику [Лазинский, А.А. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры: справочник. / А.А. Лазинский, А.Р. Толчинский. – Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.] табл. 14.7, стр. 407.

$$P_R = 1,1 (0,8 - 0,1) = 0,77 \text{ МПа,}$$

$$S_R = \frac{0,77 \cdot 0,8}{2 \cdot 130 \cdot 1 - 0,77} = 0,0024 \text{ м.}$$

Величину суммарной прибавки определяем следующей формуле по формуле:

$$C = C_1 + C_2 + C_3, \quad (3)$$

где C_1 – прибавка на коррозию, м,

	$C_1 = \tau \cdot \Pi; \tag{4}$ $C_1 = 10 \cdot 0,0001 = 0,001 \text{ м.}$ <p>где $\Pi = 0,1 \cdot 10^{-3}$ м/год – средняя величина коррозии в год; $\tau = 10 \dots 15$ лет – время эксплуатации аппарата; C_2 – прибавка на эрозию, м, $C_2 = 0$; C_3 – минусовой допуск на материал, м. Значения минусового допуска определяем в зависимости от толщины стенки S_1, м, по справочнику [Лацинский, А.А. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры: справочник. / А.А. Лацинский, А.Р. Толчинский. – Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.] табл. 2.22, стр. 102 .</p> $S_1 = S_R + C_1, \tag{5}$ $S_1 = 0,0024 + 0,001 = 0,0034 \text{ м.}$ <p>Полученное значение толщины стенки S_1 округляем до ближайшего гостированного сортамента листа, получаем $S_1 = 0,004$ м. Исходя из полученного значения S_1, определяем по справочнику минусовой допуск $C_3 = 0,0004$ м. Полученные значения подставляем в формулу (3):</p> $C = 0,001 + 0 + 0,0004 = 0,0014 \text{ м.}$ <p>Полученные значения подставляем в формулу (1):</p> $S \geq 0,0024 + 0,0014 = 0,0038 \text{ м.}$ <p>Полученное значение исполнительной толщины стенки аппарата округляем до ближайшего гостированного сортамента листа, получаем $S = 0,004$ м. Допускаемое внутреннее избыточное давление $[P]$, МПа, определяется по формуле:</p> $[P] = \frac{2[\sigma]\varphi(S-C)}{D_{\text{вн}} + (S-C)}, \tag{6}$ $[P] = \frac{2 \cdot 130 \cdot 1 \cdot (0,004 - 0,0014)}{0,8 + (0,004 - 0,0014)} = 0,84 \text{ МПа.}$ <p>Проверяем условие прочности:</p> $P_R \leq [P], \tag{7}$ $0,77 \text{ МПа} \leq 0,84 \text{ МПа} - \text{условие выполнено.}$ <p>Ответ: исполнительная толщина стенки цилиндрической обечайки аппарата при действии внутреннего избыточного давления равна $S = 0,004$ м.</p>
82	<p>Задание: Определить исполнительную толщину стенки цилиндрической обечайки аппарата при действии наружного избыточного давления по исходным данным: внутренний диаметр обечайки $D_{\text{вн}} = 900$ мм; рабочее наружное давление $P = 1,2$ МПа (абс.); расчетная длина обечайки $l_R = 1500$ мм; материал обечайки – 08X18H12T; температура в аппарате – 100 °С. Решение: Исполнительную толщину стенки аппарата определяем по формуле:</p> $S \geq S_R + C, \tag{1}$

где S_R – расчётная толщина стенки обечайки аппарата, м;
 C – величина суммарной прибавки, м.
 Полученное значение исполнительной толщины стенки аппарата округляем до ближайшего гостированного сортамента листа из следующего ряда: 1 мм, 2 мм, 3 мм, 4 мм, 5 мм, 6 мм и далее через 2 мм.

Расчётную толщину стенки S_R определяем по формуле:

$$S_R = \max \left\{ K_2 D_{\text{вн}} \cdot 10^{-2}; \frac{1,1 P_R D_{\text{вн}}}{2[\sigma]} \right\}; \quad (2)$$

где $D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр аппарата, м;

$[\sigma]$ – допустимое напряжение материала, МПа, выбирается по учебнику [Лацинский, А.А. Конструирование сварных химических аппаратов [Текст] : справочник. – Л.: Машиностроение, 1981 – 385 с.] табл. 1.4, стр. 11 в зависимости от материала обечайки и температуры протекания процесса;

K_2 – коэффициент определяется по расчетной номограмме на рис. 6.3 [Лацинский, А.А. Конструирование сварных химических аппаратов [Текст] : справочник. – Л.: Машиностроение, 1981 – 385 с.] в зависимости от коэффициентов K_1 и K_3 . Указанные выше коэффициенты определим по формулам:

$$K_1 = \frac{n_u P_R}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot E}; \quad (3)$$

где E – модуль упругости, определяется по табл. 1.5, стр. 14 [Лацинский, А.А. Конструирование сварных химических аппаратов [Текст] : справочник. – Л.: Машиностроение, 1981 – 385 с.], МПа;

n_u – запас устойчивости, $n_u = 2,4$;

P_R – расчетное наружное избыточное давление, $P_R = 1,1 (P - P_{\text{атм}})$, МПа.

$$K_3 = \frac{l_R}{D_{\text{вн}}}, \quad (4)$$

где l_R – расчетная длина обечайки, м.

$$P_R = 1,1 (1,2 - 0,1) = 1,21 \text{ МПа.}$$

Определим коэффициенты K_1 и K_3 :

$$K_1 = \frac{2,4 \cdot 1,21}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^5} = 6,05;$$

$$K_3 = \frac{1,5}{0,9} = 1,67$$

По расчетной номограмме в зависимости от коэффициентов K_1 и K_3 находим $K_2 = 1,1$.
 Полученное значение подставляем в формулу (2):

$$S_R = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 10^{-2} = 9,9 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$S_R = \frac{1,1 \cdot 1,21 \cdot 0,9}{2 \cdot 130} = 4,6 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

По тах принимаем $S_R = 9,9 \cdot 10^{-3}$ м.

Величину суммарной прибавки определяем следующей формуле по формуле:

$$C = C_1 + C_2 + C_3, \quad (5)$$

где C_1 – прибавка на коррозию, м,

$$C_1 = \tau \cdot \Pi; \quad (6)$$

$$C_1 = 10 \cdot 0,0001 = 0,001 \text{ м.}$$

где $\Pi = 0,1 \cdot 10^{-3}$ м/год – средняя величина коррозии в год;

$\tau = 10 \dots 15$ лет – время эксплуатации аппарата;

C_2 – прибавка на эрозию, м, $C_2 = 0$;

C_3 – минусовой допуск на материал, м. Значения минусового допуска определяем в зависимости от толщины стенки S_1 , м, по справочнику [Лацинский, А.А. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры: справочник. / А.А. Лацинский, А.Р. Толчинский. – Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.] табл. 2.22, стр. 102 .

$$S_1 = S_R + C_1, \quad (7)$$

$$S_1 = 0,0099 + 0,001 = 0,0109 \text{ м.}$$

Полученное значение толщины стенки S_1 округляем до ближайшего гостированного сортамента листа, получаем $S_1 = 0,012$ м. Исходя из полученного значения S_1 , определяем по справочнику минусовой допуск $C_3 = 0,0008$ м.

Полученные значения подставляем в формулу (3):

$$C = 0,001 + 0 + 0,0008 = 0,0018 \text{ м.}$$

Полученные значения подставляем в формулу (1):

$$S \geq 0,0099 + 0,0018 = 0,0117 \text{ м.}$$

Полученное значение исполнительной толщины стенки аппарата округляем до ближайшего гостированного сортамента листа, получаем $S = 0,012$ м.

Определим допускаемое наружное давление $[p]$, МПа:

$$[p] = \frac{[p]_p}{\sqrt{1 + \left(\frac{[p]_p}{[p]_E}\right)^2}}; \quad (8)$$

где $[p]_p$ – допускаемое давление из условия прочности, МПа, определяется по формуле:

$$[p]_p = \frac{2[\sigma](S-C)}{D_{BH} + (S-C)}, \quad (9)$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot 130 \cdot (12 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})}{0,9 + (12 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})} = 2,91 \text{ МПа};$$

$[p]_E$ – допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости, МПа, определяется по формуле:

$$[p]_E = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} E}{n_u B_1} \cdot \frac{D_{BH}}{I_R} \left(\frac{100(S-C)}{D_{BH}} \right)^{2,5} \quad (10)$$

где:

$$B_1 = \min \left\{ 1,0; 9,45 \cdot \frac{D_{BH}}{I_R} \sqrt{\frac{D_{BH}}{100(S-C)}} \right\}, \quad (11)$$

$$B_1 = 9,45 \cdot \frac{0,9}{1,5} \sqrt{\frac{0,9}{100(12 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})}} = 5,33$$

По min принимаем $B_1 = 1,0$. Подставим полученное значение в формулу (10):

$$[p]_E = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^5}{2,4 \cdot 1,0} \cdot \frac{0,9}{1,5} \left(\frac{100(12 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})}{0,9} \right)^{2,5} = 1,42 \text{ МПа.}$$

Подставим полученные значения в уравнение (9):

$$[p] = \frac{2,91}{\sqrt{1 + \left(\frac{2,91}{1,42} \right)^2}} = 1,28 \text{ МПа.}$$

Проверим выполнение условия:

$$[p] \geq P_R,$$

Условие выполняется, т.к. $1,28 \geq 1,21$ МПа.

Ответ: исполнительная толщина стенки цилиндрической обечайки аппарата при действии наружного избыточного давления равна $S = 0,012$ м.

83

Задание: Определить исполнительную толщину стенки цилиндрической обечайки аппарата при действии наружного избыточного давления по исходным данным:

внутренний диаметр обечайки $D_{вн} = 1000$ мм;
рабочее наружное давление $P = 0,6$ МПа (абс.);
расчетная длина обечайки $l_R = 2500$ мм;

материал обечайки – 08X18H12T;
температура в аппарате – 20 °С.

Решение:

Исполнительную толщину стенки аппарата определяем по формуле:

$$(1) \quad S \geq S_R + C,$$

где S_R – расчётная толщина стенки обечайки аппарата, м;

C – величина суммарной прибавки, м.

Полученное значение исполнительной толщины стенки аппарата округляем до ближайшего гостированного сортамента листа из следующего ряда: 1 мм, 2 мм, 3 мм, 4 мм, 5 мм, 6 мм и далее через 2 мм.

Расчётную толщину стенки S_R определяем по формуле:

$$S_R = \max \left\{ K_2 D_{вн} \cdot 10^{-2}; \frac{1,1 P_R D_{вн}}{2[\sigma]} \right\}; \quad (2)$$

где $D_{вн}$ – внутренний диаметр аппарата, м;

$[\sigma]$ – допустимое напряжение материала, МПа, выбирается по учебнику [Лещинский, А.А. Конструирование сварных химических аппаратов [Текст] : справочник. – Л.: Машиностроение, 1981 – 385 с.] табл. 1.4, стр. 11 в зависимости от материала обечайки и температуры протекания процесса;

K_2 – коэффициент определяется по расчетной номограмме на рис. 6.3 [Лещинский, А.А. Конструирование сварных химических аппаратов [Текст] : справочник. – Л.: Машиностроение, 1981 – 385 с.] в зависимости от коэффициентов K_1 и K_3 . Указанные выше коэффициенты определим по формулам:

$$K_1 = \frac{n_u P_R}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot E}; \quad (3)$$

где E – модуль упругости, определяется по табл. 1.5, стр. 14 [Лещинский, А.А.

Конструирование сварных химических аппаратов [Текст] : справочник. – Л.: Машиностроение, 1981 – 385 с.], МПа;

n_u – запас устойчивости, $n_u = 2,4$;

P_R – расчетное наружное избыточное давление, $P_R = 1,1 (P - P_{атм})$, МПа.

$$K_3 = \frac{l_R}{D_{вн}}, \quad (4)$$

где l_R – расчетная длина обечайки, м.

$$P_R = 1,1 (0,6 - 0,1) = 0,55 \text{ МПа.}$$

Определим коэффициенты K_1 и K_3 :

$$K_1 = \frac{2,4 \cdot 0,55}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^5} = 2,75;$$

$$K_3 = \frac{2,5}{1} = 2,5.$$

По расчетной номограмме в зависимости от коэффициентов K_1 и K_3 находим $K_2 = 1,0$.
Полученное значение подставляем в формулу (2):

$$S_R = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 10^{-2} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$S_R = \frac{1,1 \cdot 0,55 \cdot 1,0}{2 \cdot 140} = 2,16 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

По таб принимаем $S_R = 10 \cdot 10^{-3}$ м.

Величину суммарной прибавки определяем следующей формуле по формуле:

$$C = C_1 + C_2 + C_3, \quad (5)$$

где C_1 – прибавка на коррозию, м,

$$C_1 = \tau \cdot П; \quad (6)$$

$$C_1 = 10 \cdot 0,0001 = 0,001 \text{ м.}$$

где $П = 0,1 \cdot 10^{-3}$ м/год – средняя величина коррозии в год;

$\tau = 10 \dots 15$ лет – время эксплуатации аппарата;

C_2 – прибавка на эрозию, м, $C_2 = 0$;

C_3 – минусовой допуск на материал, м. Значения минусового допуска определяем в зависимости от толщины стенки S_1 , м, по справочнику [Лацинский, А.А. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры: справочник. / А.А. Лацинский, А.Р. Толчинский. – Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.] табл. 2.22, стр. 102 .

$$S_1 = S_R + C_1, \quad (7)$$

$$S_1 = 0,01 + 0,001 = 0,011 \text{ м.}$$

Полученное значение толщины стенки S_1 округляем до ближайшего гостированного сортамента листа, получаем $S_1 = 0,012$ м. Исходя из полученного значения S_1 , определяем по справочнику минусовой допуск $C_3 = 0,0008$ м.
Полученные значения подставляем в формулу (3):

$$C = 0,001 + 0 + 0,0008 = 0,0018 \text{ м.}$$

Полученные значения подставляем в формулу (1):

$$S \geq 0,01 + 0,0018 = 0,0118 \text{ м.}$$

Полученное значение исполнительной толщины стенки аппарата округляем до ближайшего гостированного сортамента листа, получаем $S = 0,012 \text{ м}$.

Определим допустимое наружное давление $[p]$, МПа:

$$[p] = \frac{[p]_p}{\sqrt{1 + \left(\frac{[p]_p}{[p]_E}\right)^2}}; \quad (8)$$

где $[p]_p$ – допустимое давление из условия прочности, МПа, определяется по формуле:

$$[p]_p = \frac{2[\sigma](S-c)}{D_{\text{вн}} + (S-c)}, \quad (9)$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot 140 \cdot (12 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})}{1 + (12 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})} = 2,83 \text{ МПа};$$

$[p]_E$ – допустимое давление из условия устойчивости в пределах упругости, МПа, определяется по формуле:

$$[p]_E = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} E}{n_{\text{ц}} B_1} \cdot \frac{D_{\text{вн}}}{l_R} \left(\frac{100(S-c)}{D_{\text{вн}}} \right)^{2,5} \quad (10)$$

где:

$$B_1 = \min \left\{ 1,0; 9,45 \cdot \frac{D_{\text{вн}}}{l_R} \sqrt{\frac{D_{\text{вн}}}{100(S-c)}} \right\}, \quad (11)$$

$$B_1 = 9,45 \cdot \frac{1,0}{2,5} \sqrt{\frac{1,0}{100(12 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})}} = 3,74$$

По \min принимаем $B_1 = 1,0$. Подставим полученное значение в формулу (10):

$$[p]_E = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^5}{2,4 \cdot 1,0} \cdot \frac{1,0}{2,5} \left(\frac{100(12 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})}{1,0} \right)^{2,5} = 0,73 \text{ МПа.}$$

Подставим полученные значения в уравнение (9):

$$[p] = \frac{2,83}{\sqrt{1 + \left(\frac{2,83}{0,73}\right)^2}} = 0,71 \text{ МПа.}$$

Проверим выполнение условия:

$$[p] \geq P_R,$$

Условие выполняется, т.к. $0,71 \geq 0,55 \text{ МПа}$.

Ответ: исполнительная толщина стенки цилиндрической обечайки аппарата при действии наружного избыточного давления равна $S = 0,012 \text{ м}$.

84

Задание: Определить исполнительную толщину стенки цилиндрической обечайки аппарата при действии наружного избыточного давления по исходным данным:
внутренний диаметр обечайки $D_{\text{вн}} = 1200 \text{ мм}$;

рабочее наружное давление $P = 0,7$ МПа (абс.);
 расчетная длина обечайки $l_R = 2800$ мм;
 материал обечайки – 08Х18Н12Т;
 температура в аппарате – 150 °С.
 Решение:

Исполнительную толщину стенки аппарата определяем по формуле:

$$S \geq S_R + C, \quad (1)$$

где S_R – расчётная толщина стенки обечайки аппарата, м;
 C – величина суммарной прибавки, м.

Полученное значение исполнительной толщины стенки аппарата округляем до ближайшего гостированного сортамента листа из следующего ряда: 1 мм, 2 мм, 3 мм, 4 мм, 5 мм, 6 мм и далее через 2 мм.

Расчётную толщину стенки S_R определяем по формуле:

$$S_R = \max \left\{ K_2 D_{\text{вн}} \cdot 10^{-2}; \frac{1,1 P_R D_{\text{вн}}}{2[\sigma]} \right\}; \quad (2)$$

где $D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр аппарата, м;

$[\sigma]$ – допустимое напряжение материала, МПа, выбирается по учебнику [Лашинский, А.А. Конструирование сварных химических аппаратов [Текст] : справочник. – Л.: Машиностроение, 1981 – 385 с.] табл. 1.4, стр. 11 в зависимости от материала обечайки и температуры протекания процесса;

K_2 – коэффициент определяется по расчетной номограмме на рис. 6.3 [Лашинский, А.А. Конструирование сварных химических аппаратов [Текст] : справочник. – Л.: Машиностроение, 1981 – 385 с.] в зависимости от коэффициентов K_1 и K_3 . Указанные выше коэффициенты определим по формулам:

$$K_1 = \frac{n_u P_R}{2,4 \cdot 10^{-6} E}; \quad (3)$$

где E – модуль упругости, определяется по табл. 1.5, стр. 14 [Лашинский, А.А. Конструирование сварных химических аппаратов [Текст] : справочник. – Л.: Машиностроение, 1981 – 385 с.], МПа;

n_u – запас устойчивости, $n_u = 2,4$;

P_R – расчетное наружное избыточное давление, $P_R = 1,1 (P - P_{\text{атм}})$, МПа.

$$K_3 = \frac{l_R}{D_{\text{вн}}}, \quad (4)$$

где l_R – расчетная длина обечайки, м.

$$P_R = 1,1 (0,7 - 0,1) = 0,66 \text{ МПа.}$$

Определим коэффициенты K_1 и K_3 :

$$K_1 = \frac{2,4 \cdot 0,66}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot 1,99 \cdot 10^5} = 3,32;$$

$$K_3 = \frac{2,8}{1,2} = 2,33.$$

По расчетной номограмме в зависимости от коэффициентов K_1 и K_3 находим $K_2 = 1,1$.
 Полученное значение подставляем в формулу (2):

$$S_R = 1,1 \cdot 1,2 \cdot 10^{-2} = 13,2 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$S_R = \frac{1,1 \cdot 0,66 \cdot 1,2}{2 \cdot 120} = 3,63 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

По тах принимаем $S_R = 13,2 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$

Величину суммарной прибавки определяем следующей формуле по формуле:

$$C = C_1 + C_2 + C_3, \quad (5)$$

где C_1 – прибавка на коррозию, м,

$$C_1 = \tau \cdot \Pi; \quad (6)$$

$$C_1 = 10 \cdot 0,0001 = 0,001 \text{ м.}$$

где $\Pi = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ м/год}$ – средняя величина коррозии в год;

$\tau = 10 \dots 15 \text{ лет}$ – время эксплуатации аппарата;

C_2 – прибавка на эрозию, м, $C_2 = 0$;

C_3 – минусовой допуск на материал, м. Значения минусового допуска определяем в зависимости от толщины стенки S_1 , м, по справочнику [Лацинский, А.А. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры: справочник. / А.А. Лацинский, А.Р. Толчинский. – Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.] табл. 2.22, стр. 102 .

$$S_1 = S_R + C_1, \quad (7)$$

$$S_1 = 0,0132 + 0,001 = 0,0142 \text{ м.}$$

Полученное значение толщины стенки S_1 округляем до ближайшего гостированного сортамента листа, получаем $S_1 = 0,016 \text{ м}$. Исходя из полученного значения S_1 , определяем по справочнику минусовой допуск $C_3 = 0,0008 \text{ м}$.

Полученные значения подставляем в формулу (3):

$$C = 0,001 + 0 + 0,0008 = 0,0018 \text{ м.}$$

Полученные значения подставляем в формулу (1):

$$S \geq 0,0132 + 0,0018 = 0,015 \text{ м.}$$

Полученное значение исполнительной толщины стенки аппарата округляем до ближайшего гостированного сортамента листа, получаем $S = 0,016 \text{ м}$.

Определим допускаемое наружное давление $[p]$, МПа:

$$[p] = \frac{[p]_p}{\sqrt{1 + \left(\frac{[p]_p}{[p]_E}\right)^2}}; \quad (8)$$

где $[p]_p$ – допускаемое давление из условия прочности, МПа, определяется по формуле:

$$[p]_p = \frac{2[\sigma](S-c)}{D_{вн} + (S-c)}, \quad (9)$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot 120 \cdot (16 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})}{1,2 + (16 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})} = 2,81 \text{ МПа;}$$

$[p]_E$ – допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости, МПа, определяется по формуле:

$$[p]_E = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} E}{n_u B_1} \cdot \frac{D_{BH}}{l_R} \left(\frac{100(S-C)}{D_{BH}} \right)^{2,5} \quad (10)$$

где:

$$B_1 = \min \left\{ 1,0; 9,45 \cdot \frac{D_{BH}}{l_R} \sqrt{\frac{D_{BH}}{100(S-C)}} \right\}, \quad (11)$$

$$B_1 = 9,45 \cdot \frac{1,2}{2,8} \sqrt{\frac{1,2}{100(16 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})}} = 3,72$$

По min принимаем $B_1 = 1,0$. Подставим полученное значение в формулу (10):

$$[p]_E = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot 1,99 \cdot 10^5}{2,4 \cdot 1,0} \cdot \frac{1,2}{2,8} \left(\frac{100(16 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})}{1,2} \right)^{2,5} = 1,13 \text{ МПа.}$$

Подставим полученные значения в уравнение (9):

$$[p] = \frac{2,81}{\sqrt{1 + \left(\frac{2,81}{1,13} \right)^2}} = 1,05 \text{ МПа.}$$

Проверим выполнение условия:

$$[p] \geq P_R,$$

Условие выполняется, т.к. $1,05 \geq 0,66$ МПа.

Ответ: исполнительная толщина стенки цилиндрической обечайки аппарата при действии наружного избыточного давления равна $S = 0,016$ м.

85

Задание: Определить исполнительную толщину стенки цилиндрической обечайки аппарата при действии наружного избыточного давления по исходным данным:

внутренний диаметр обечайки $D_{BH} = 1400$ мм;

рабочее наружное давление $P = 1,2$ МПа (абс.);

расчетная длина обечайки $l_R = 3000$ мм;

материал обечайки – 08X18H12T;

температура в аппарате – 20 °С.

Решение:

Исполнительную толщину стенки аппарата определяем по формуле:

$$S \geq S_R + C, \quad (1)$$

где S_R – расчётная толщина стенки обечайки аппарата, м;

C – величина суммарной прибавки, м.

Полученное значение исполнительной толщины стенки аппарата округляем до ближайшего гостированного сортамента листа из следующего ряда: 1 мм, 2 мм, 3 мм, 4 мм, 5 мм, 6 мм и далее через 2 мм.

Расчётную толщину стенки S_R определяем по формуле:

$$S_R = \max \left\{ K_2 D_{BH} \cdot 10^{-2}; \frac{1,1 P_R D_{BH}}{2[\sigma]} \right\}; \quad (2)$$

где D_{BH} – внутренний диаметр аппарата, м;

$[\sigma]$ – допустимое напряжение материала, МПа, выбирается по учебнику [Лазинский, А.А.

Конструирование сварных химических аппаратов [Текст] : справочник. – Л.: Машиностроение, 1981 – 385 с.] табл. 1.4, стр. 11 в зависимости от материала обечайки и температуры протекания процесса;

K_2 – коэффициент определяется по расчетной номограмме на рис. 6.3 [Лацинский, А.А. Конструирование сварных химических аппаратов [Текст] : справочник. – Л.: Машиностроение, 1981 – 385 с.] в зависимости от коэффициентов K_1 и K_3 . Указанные выше коэффициенты определим по формулам:

$$K_1 = \frac{n_u P_R}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot E}; \quad (3)$$

где E – модуль упругости, определяется по табл. 1.5, стр. 14 [Лацинский, А.А. Конструирование сварных химических аппаратов [Текст] : справочник. – Л.: Машиностроение, 1981 – 385 с.], МПа;

n_u – запас устойчивости, $n_u = 2,4$;

P_R – расчетное наружное избыточное давление, $P_R = 1,1 (P - P_{атм})$, МПа.

$$K_3 = \frac{l_R}{D_{вн}}, \quad (4)$$

где l_R – расчетная длина обечайки, м.

$$P_R = 1,1 (1,2 - 0,1) = 1,21 \text{ МПа.}$$

Определим коэффициенты K_1 и K_3 :

$$K_1 = \frac{2,4 \cdot 1,21}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^5} = 6,05;$$

$$K_3 = \frac{3}{1,4} = 2,14$$

По расчетной номограмме в зависимости от коэффициентов K_1 и K_3 находим $K_2 = 1,2$. Полученное значение подставляем в формулу (2):

$$S_R = 1,2 \cdot 1,4 \cdot 10^{-2} = 16,8 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$S_R = \frac{1,1 \cdot 1,21 \cdot 1,4}{2 \cdot 140} = 6,66 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

По тах принимаем $S_R = 16,8 \cdot 10^{-3}$ м.

Величину суммарной прибавки определяем следующей формуле по формуле:

$$C = C_1 + C_2 + C_3, \quad (5)$$

где C_1 – прибавка на коррозию, м,

$$C_1 = \tau \cdot \Pi; \quad (6)$$

$$C_1 = 10 \cdot 0,0001 = 0,001 \text{ м.}$$

где $\Pi = 0,1 \cdot 10^{-3}$ м/год – средняя величина коррозии в год;

$\tau = 10 \dots 15$ лет – время эксплуатации аппарата;

C_2 – прибавка на эрозию, м, $C_2 = 0$;

C_3 – минусовой допуск на материал, м. Значения минусового допуска определяем в зависимости от толщины стенки S_1 , м, по справочнику [Лацинский, А.А. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры: справочник. / А.А. Лацинский, А.Р. Толчинский. – Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.] табл. 2.22, стр. 102 .

$$S_1 = S_R + C_1, \quad (7)$$

$$S_1 = 0,0168 + 0,001 = 0,0178 \text{ м.}$$

Полученное значение толщины стенки S_1 округляем до ближайшего гостированного сортамента листа, получаем $S_1 = 0,018$ м. Исходя из полученного значения S_1 , определяем по справочнику минусовой допуск $C_3 = 0,0008$ м.

Полученные значения подставляем в формулу (3):

$$C = 0,001 + 0 + 0,0008 = 0,0018 \text{ м.}$$

Полученные значения подставляем в формулу (1):

$$S \geq 0,0168 + 0,0018 = 0,0186 \text{ м.}$$

Полученное значение исполнительной толщины стенки аппарата округляем до ближайшего гостированного сортамента листа, получаем $S = 0,02$ м.

Определим допускаемое наружное давление $[p]$, МПа:

$$[p] = \frac{[p]_p}{\sqrt{1 + \left(\frac{[p]_p}{[p]_E}\right)^2}}; \quad (8)$$

где $[p]_p$ – допускаемое давление из условия прочности, МПа, определяется по формуле:

$$[p]_p = \frac{2[\sigma](S-C)}{D_{\text{вн}} + (S-C)}, \quad (9)$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot 140 \cdot (20 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})}{1,4 + (20 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})} = 3,59 \text{ МПа};$$

$[p]_E$ – допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости, МПа, определяется по формуле:

$$[p]_E = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} E}{n_{\text{ц}} B_1} \cdot \frac{D_{\text{вн}}}{l_R} \left(\frac{100(S-C)}{D_{\text{вн}}} \right)^{2,5} \quad (10)$$

где:

$$B_1 = \min \left\{ 1,0; 9,45 \cdot \frac{D_{\text{вн}}}{l_R} \sqrt{\frac{D_{\text{вн}}}{100(S-C)}} \right\}, \quad (11)$$

$$B_1 = 9,45 \cdot \frac{1,4}{3} \sqrt{\frac{1,4}{100(20 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})}} = 3,87$$

По \min принимаем $B_1 = 1,0$. Подставим полученное значение в формулу (10):

$$[p]_E = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^5}{2,4 \cdot 1,0} \cdot \frac{1,4}{3} \left(\frac{100(20 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})}{1,4} \right)^{2,5} = 1,56 \text{ МПа.}$$

Подставим полученные значения в уравнение (9):

$$[p] = \frac{3,59}{\sqrt{1 + \left(\frac{3,59}{1,56}\right)^2}} = 1,43 \text{ МПа.}$$

Проверим выполнение условия:

$$[p] \geq P_R,$$

Условие выполняется, т.к. $1,43 \geq 1,21$ МПа.

Ответ: исполнительная толщина стенки цилиндрической обечайки аппарата при действии наружного избыточного давления равна $S = 0,02$ м.

86

Задание: Определить исполнительную толщину стенки цилиндрической обечайки аппарата при действии наружного избыточного давления по исходным данным:

внутренний диаметр обечайки $D_{вн} = 1600$ мм;

рабочее наружное давление $P = 0,6$ МПа (абс.);

расчетная длина обечайки $l_R = 3200$ мм;

материал обечайки – 08Х18Н12Т;

температура в аппарате – 100 °С.

Решение:

Исполнительную толщину стенки аппарата определяем по формуле:

$$(1) \quad S \geq S_R + C,$$

где S_R – расчётная толщина стенки обечайки аппарата, м;

C – величина суммарной прибавки, м.

Полученное значение исполнительной толщины стенки аппарата округляем до ближайшего гостированного сортамента листа из следующего ряда: 1 мм, 2 мм, 3 мм, 4 мм, 5 мм, 6 мм и далее через 2 мм.

Расчётную толщину стенки S_R определяем по формуле:

$$S_R = \max \left\{ K_2 D_{вн} \cdot 10^{-2}; \frac{1,1 P_R D_{вн}}{2[\sigma]} \right\}; \quad (2)$$

где $D_{вн}$ – внутренний диаметр аппарата, м;

$[\sigma]$ – допустимое напряжение материала, МПа, выбирается по учебнику [Лазинский, А.А.

Конструирование сварных химических аппаратов [Текст] : справочник. – Л.: Машиностроение, 1981 – 385 с.] табл. 1.4, стр. 11 в зависимости от материала обечайки и температуры протекания процесса;

K_2 – коэффициент определяется по расчетной номограмме на рис. 6.3 [Лазинский, А.А.

Конструирование сварных химических аппаратов [Текст] : справочник. – Л.: Машиностроение, 1981 – 385 с.] в зависимости от коэффициентов K_1 и K_3 . Указанные выше коэффициенты определим по формулам:

$$K_1 = \frac{n_u P_R}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot E}; \quad (3)$$

где E – модуль упругости, определяется по табл. 1.5, стр. 14 [Лазинский, А.А.

Конструирование сварных химических аппаратов [Текст] : справочник. – Л.: Машиностроение, 1981 – 385 с.], МПа;

n_u – запас устойчивости, $n_u = 2,4$;

P_R – расчетное наружное избыточное давление, $P_R = 1,1 (P - P_{атм})$, МПа.

$$K_3 = \frac{l_R}{D_{вн}}, \quad (4)$$

где l_R – расчетная длина обечайки, м.

$$P_R = 1,1 (0,6 - 0,1) = 0,55 \text{ МПа.}$$

Определим коэффициенты K_1 и K_3 :

$$K_1 = \frac{2,4 \cdot 0,55}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^5} = 2,75$$

$$K_3 = \frac{3,2}{1,6} = 2,0$$

По расчетной номограмме в зависимости от коэффициентов K_1 и K_3 находим $K_2 = 0,9$.
Полученное значение подставляем в формулу (2):

$$S_R = 0,9 \cdot 1,6 \cdot 10^{-2} = 14,4 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$S_R = \frac{1,1 \cdot 0,55 \cdot 1,6}{2 \cdot 130} = 3,72 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

По тах принимаем $S_R = 14,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Величину суммарной прибавки определяем следующей формуле по формуле:

$$C = C_1 + C_2 + C_3, \quad (5)$$

где C_1 – прибавка на коррозию, м,

$$C_1 = \tau \cdot \Pi; \quad (6)$$

$$C_1 = 10 \cdot 0,0001 = 0,001 \text{ м.}$$

где $\Pi = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ м/год}$ – средняя величина коррозии в год;

$\tau = 10 \dots 15 \text{ лет}$ – время эксплуатации аппарата;

C_2 – прибавка на эрозию, м, $C_2 = 0$;

C_3 – минусовой допуск на материал, м. Значения минусового допуска определяем в зависимости от толщины стенки S_1 , м, по справочнику [Лацинский, А.А. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры: справочник. / А.А. Лацинский, А.Р. Толчинский. – Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.] табл. 2.22, стр. 102 .

$$S_1 = S_R + C_1, \quad (7)$$

$$S_1 = 0,0144 + 0,001 = 0,0154 \text{ м.}$$

Полученное значение толщины стенки S_1 округляем до ближайшего гостированного сортамента листа, получаем $S_1 = 0,016 \text{ м}$. Исходя из полученного значения S_1 , определяем

по справочнику минусовой допуск $C_3 = 0,0008 \text{ м}$.

Полученные значения подставляем в формулу (3):

$$C = 0,001 + 0 + 0,0008 = 0,0018 \text{ м.}$$

Полученные значения подставляем в формулу (1):

$$S \geq 0,0144 + 0,0018 = 0,0162 \text{ м.}$$

Полученное значение исполнительной толщины стенки аппарата округляем до ближайшего гостированного сортамента листа, получаем $S = 0,018 \text{ м}$.

Определим допусковое наружное давление $[p]$, МПа:

$$[p] = \frac{[p]_p}{\sqrt{1 + \left(\frac{[p]_p}{[p]_E}\right)^2}}; \quad (8)$$

где $[p]_p$ – допускаемое давление из условия прочности, МПа, определяется по формуле:

$$[p]_p = \frac{2[\sigma](S-c)}{D_{вн} + (S-c)}, \quad (9)$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot 130 \cdot (18 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})}{1,6 + (18 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})} = 2,61 \text{ МПа};$$

$[p]_E$ – допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости, МПа, определяется по формуле:

$$[p]_E = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} E}{n_u B_1} \cdot \frac{D_{вн}}{l_R} \left(\frac{100(S-c)}{D_{вн}} \right)^{2,5} \quad (10)$$

где:

$$B_1 = \min \left\{ 1,0; 9,45 \cdot \frac{D_{вн}}{l_R} \sqrt{\frac{D_{вн}}{100(S-c)}} \right\}, \quad (11)$$

$$B_1 = 9,45 \cdot \frac{1,6}{3,2} \sqrt{\frac{1,6}{100(18 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})}} = 4,7$$

По \min принимаем $B_1 = 1,0$. Подставим полученное значение в формулу (10):

$$[p]_E = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^5}{2,4 \cdot 1,0} \cdot \frac{1,6}{3,2} \left(\frac{100(18 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})}{1,6} \right)^{2,5} = 0,89 \text{ МПа.}$$

Подставим полученные значения в уравнение (9):

$$[p] = \frac{2,61}{\sqrt{1 + \left(\frac{2,61}{0,89} \right)^2}} = 0,84 \text{ МПа.}$$

Проверим выполнение условия:

$$[p] \geq P_R,$$

Условие выполняется, т.к. $0,84 \geq 0,55$ МПа.

Ответ: исполнительная толщина стенки цилиндрической обечайки аппарата при действии наружного избыточного давления равна $S = 0,018$ м.

87

Задание: определить гидростатическое давление столба жидкости в вертикальном цилиндрическом аппарате по исходным данным:

внутренний диаметр обечайки $D_{вн} = 1800$ мм;

объем обечайки аппарата $V_{об} = 12$ м³;

среда в аппарате – азотная кислота.

Решение: Определим высоту обечайки по формуле:

$$H_{об} = V_{об} / (\pi \cdot D_{вн}^2); \quad (1)$$

где $V_{об}$ – объем обечайки, м³;

$D_{вн}$ – внутренний диаметр обечайки, м.

$$H_{об} = \frac{12}{3,14 \cdot 1,8^2} = 1,18 \text{ м.}$$

Определим гидростатическое давление аппарата по формуле:

$$P_{гидрост.} = \rho g H_{ж} \quad (2)$$

	<p>где ρ – плотность среды в аппарате при нормальных условиях, кг/м^3; g – ускорение свободного падения, м/с, $g = 9,81$; $H_{\text{ж}}$ – высота столба жидкости в обечайке, м. Высоту столба жидкости в аппарате определяем по формуле:</p> $H_{\text{ж}} = 0,8H_{\text{об}}, \quad (3)$ $H_{\text{ж}} = 0,8 \cdot 1,18 = 0,944 \text{ м.}$ <p>Подставив все значения в формулу (2) получим:</p> $P_{\text{гидрост}} = 1004 \cdot 9,81 \cdot 0,944 = 9297,68 \text{ МПа} \approx 0,009 \text{ МПа.}$ <p>Ответ: гидростатическое давление столба жидкости в вертикальном цилиндрическом аппарате $P_{\text{гидрост}} = 0,009 \text{ МПа}$.</p>
88	<p>Задание: определить гидростатическое давление столба жидкости в вертикальном цилиндрическом аппарате по исходным данным: внутренний диаметр обечайки $D_{\text{вн}} = 2000 \text{ мм}$; объем обечайки аппарата $V_{\text{об}} = 10 \text{ м}^3$; среда в аппарате – азотистая кислота. Решение: Определим высоту обечайки по формуле:</p> $H_{\text{об}} = V_{\text{об}} / (\pi \cdot D_{\text{вн}}^2); \quad (1)$ <p>где $V_{\text{об}}$ – объем обечайки, м^3; $D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр обечайки, м.</p> $H_{\text{об}} = \frac{10}{3,14 \cdot 2^2} = 0,796 \text{ м.}$ <p>Определим гидростатическое давление аппарата по формуле:</p> $P_{\text{гидрост}} = \rho g H_{\text{ж}} \quad (2)$ <p>где ρ – плотность среды в аппарате при нормальных условиях, кг/м^3; g – ускорение свободного падения, м/с, $g = 9,81$; $H_{\text{ж}}$ – высота столба жидкости в обечайке, м. Высоту столба жидкости в аппарате определяем по формуле:</p> $H_{\text{ж}} = 0,8H_{\text{об}}, \quad (3)$ $H_{\text{ж}} = 0,8 \cdot 0,796 = 0,64 \text{ м.}$ <p>Подставив все значения в формулу (2) получим:</p> $P_{\text{гидрост}} = 1685 \cdot 9,81 \cdot 0,64 = 10528,57 \text{ МПа} \approx 0,01 \text{ МПа.}$ <p>Ответ: гидростатическое давление столба жидкости в вертикальном цилиндрическом аппарате $P_{\text{гидрост}} = 0,01 \text{ МПа}$.</p>
89	<p>Задание: определить гидростатическое давление столба жидкости в вертикальном цилиндрическом аппарате по исходным данным: внутренний диаметр обечайки $D_{\text{вн}} = 2200 \text{ мм}$; объем обечайки аппарата $V_{\text{об}} = 15 \text{ м}^3$; среда в аппарате – серной кислоты. Решение: Определим высоту обечайки по формуле:</p> $H_{\text{об}} = V_{\text{об}} / (\pi \cdot D_{\text{вн}}^2); \quad (1)$ <p>где $V_{\text{об}}$ – объем обечайки, м^3; $D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр обечайки, м.</p> $H_{\text{об}} = \frac{15}{3,14 \cdot 2,2^2} = 0,987 \text{ м.}$

	<p>Определим гидростатическое давление аппарата по формуле:</p> $P_{\text{гидрост.}} = \rho g H_{\text{ж}} \quad (2)$ <p>где ρ – плотность среды в аппарате при нормальных условиях, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с, $g = 9,81$; $H_{\text{ж}}$ – высота столба жидкости в обечайке, м. Высоту столба жидкости в аппарате определяем по формуле:</p> $H_{\text{ж}} = 0,8 H_{\text{об}}, \quad (3)$ $H_{\text{ж}} = 0,8 \cdot 0,987 = 0,79 \text{ м.}$ <p>Подставив все значения в формулу (2) получим:</p> $P_{\text{гидрост}} = 1836 \cdot 9,81 \cdot 0,79 = 14221,58 \text{ МПа} \approx 0,014 \text{ МПа.}$ <p>Ответ: гидростатическое давление столба жидкости в вертикальном цилиндрическом аппарате $P_{\text{гидрост}} = 0,014 \text{ МПа.}$</p>
90	<p>Задание: определить гидростатическое давление столба жидкости в вертикальном цилиндрическом аппарате по исходным данным: внутренний диаметр обечайки $D_{\text{вн}} = 2400 \text{ мм}$; объем обечайки аппарата $V_{\text{об}} = 18 \text{ м}^3$; среда в аппарате – серной кислоты. Решение: Определим высоту обечайки по формуле:</p> $H_{\text{об}} = V_{\text{об}} / (\pi \cdot D_{\text{вн}}^2); \quad (1)$ <p>где $V_{\text{об}}$ – объем обечайки, м³; $D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр обечайки, м.</p> $H_{\text{об}} = \frac{18}{3,14 \cdot 2,4^2} = 0,995 \text{ м.}$ <p>Определим гидростатическое давление аппарата по формуле:</p> $P_{\text{гидрост.}} = \rho g H_{\text{ж}} \quad (2)$ <p>где ρ – плотность среды в аппарате при нормальных условиях, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с, $g = 9,81$; $H_{\text{ж}}$ – высота столба жидкости в обечайке, м. Высоту столба жидкости в аппарате определяем по формуле:</p> $H_{\text{ж}} = 0,8 H_{\text{об}}, \quad (3)$ $H_{\text{ж}} = 0,8 \cdot 0,995 = 0,796 \text{ м.}$ <p>Подставив все значения в формулу (2) получим:</p> $P_{\text{гидрост}} = 1836 \cdot 9,81 \cdot 0,796 = 14340,09 \text{ МПа} \approx 0,014 \text{ МПа.}$ <p>Ответ: гидростатическое давление столба жидкости в вертикальном цилиндрическом аппарате $P_{\text{гидрост}} = 0,014 \text{ МПа.}$</p>
91	<p>Задание: определить гидростатическое давление столба жидкости в вертикальном цилиндрическом аппарате по исходным данным: внутренний диаметр обечайки $D_{\text{вн}} = 2500 \text{ мм}$; объем обечайки аппарата $V_{\text{об}} = 20 \text{ м}^3$; среда в аппарате – 10% раствор гидроксид натрия. Решение: Определим высоту обечайки по формуле:</p> $H_{\text{об}} = V_{\text{об}} / (\pi \cdot D_{\text{вн}}^2); \quad (1)$ <p>где $V_{\text{об}}$ – объем обечайки, м³;</p>

<p>$D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр обечайки, м.</p> $H_{\text{об}} = \frac{20}{3,14 \cdot 2,5^2} = 1,019 \text{ м.}$ <p>Определим гидростатическое давление аппарата по формуле:</p> $P_{\text{гидрост.}} = \rho g H_{\text{ж}} \quad (2)$ <p>где ρ – плотность среды в аппарате при нормальных условиях, кг/м^3; g – ускорение свободного падения, м/с^2, $g = 9,81$; $H_{\text{ж}}$ – высота столба жидкости в обечайке, м. Высоту столба жидкости в аппарате определяем по формуле:</p> $H_{\text{ж}} = 0,8 H_{\text{об}}, \quad (3)$ $H_{\text{ж}} = 0,8 \cdot 1,019 = 0,815 \text{ м.}$ <p>Подставив все значения в формулу (2) получим:</p> $P_{\text{гидрост}} = 1109 \cdot 9,81 \cdot 0,815 = 8869,74 \text{ МПа} \approx 0,009 \text{ МПа.}$ <p>Ответ: гидростатическое давление столба жидкости в вертикальном цилиндрическом аппарате $P_{\text{гидрост}} = 0,009 \text{ МПа.}$</p>

3.3. Собеседование (вопросы к экзамену, вопросы к зачету, текущему опросу на практических занятиях)

УК-1 - способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач;

УК-2 – способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений;

ПКв-4 – способен участвовать в совершенствовании технологических процессов и разработке нового оборудования в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;

ПКв-5 – способен проектировать отдельные стадии технологических процессов и отдельные узлы (аппараты) с использованием современных информационных технологий в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;

ПКв-8 - способен к анализу и проектированию отдельных стадий ОКР в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

№ вопроса	Текст вопроса
92	Основные требования к машинам и аппаратам химических производств.
93	Основные параметры для подбора и расчета конструктивных элементов технологического оборудования.
94	Нормативная документация для проектирования, расчетов и эксплуатации оборудования.
95	Материалы, применяемые в химическом машиностроении.
96	Расчет тонкостенных обечаек, нагруженных внутренним давлением.
97	Расчет тонкостенных обечаек, нагруженных наружным давлением.
98	Днища химических аппаратов, их конструкции и способы изготовления.
99	Крышки химических аппаратов, их конструкции и способы изготовления.
100	Расчет днищ, нагруженных внутренним и наружным давлением.
101	Расчет крышек, нагруженных внутренним и наружным давлением.
102	Фланцевые соединения, назначение и конструкция узла. Типы фланцев.
103	Уплотнения фланцев. Подбор фланцев по ОСТАм.
104	Методика расчета фланцевых соединений.
105	Устройства для присоединения трубопроводов и осмотров аппаратов
106	Методика расчета укрепления вырезов в стенках элементов технологического оборудования.
107	Конструкции опор технологического оборудования. Устройства для строповки.
108	Устройства для строповки.
109	Расчет опор вертикальных аппаратов.

110	Назначение и область применения Правил Госгортехнадзора.
111	Требования к проектированию сосудов, работающих под давлением.
112	Требования к материалам сосудов.
113	Требование к изготовлению сосудов.
114	Сварка и контроль сварных соединений по Правилам Госгортехнадзора.
115	Арматура сосудов, работающих под давлением.
116	Манометры и требования к ним.
117	Предохранительные устройства сосудов.
118	Предохранительные мембраны.
119	Регистрация сосудов, работающих под давлением. Документация.
120	Техническое освидетельствование сосудов, работающих под давлением.
121	Содержание и обслуживание сосудов работающих под давлением.
122	Аварийная остановка сосудов, работающих под давлением.
123	Классификация теплообменных аппаратов.
124	Типы кожухотрубных теплообменников, их основные узлы.
125	Тепловой расчет теплообменных аппаратов.
126	Методика определения усилий и напряжений от разницы температур. Выбор типа конструкции аппарата.
127	Определение усилий и напряжений от давления.
128	Выбор способа крепления трубок.
129	Расчет трубных решеток.
130	Назначение и конструкции колонных и башенных аппаратов.
131	Тарельчатые колонны. Требования и типы конструкций тарелок.
132	Способы крепления тарелок в колонне.
133	Насадочные колонны. Типы насадок и требования к ним.
134	Оросительные устройства колонных аппаратов. Требования к оросителям.
135	Методика расчета колонных аппаратов на действие ветровых и сейсмических нагрузок.
136	Методика расчета опасных сечений на устойчивость.
137	Методика подбора опор колонн и их расчет.
138	Классификация технологического оборудования для обработки твердых и пастообразных продуктов.
139	Вращающиеся барабанные аппараты, их конструктивные узлы. Расчет элементов конструкции.
140	Аппараты с псевдоожиженным слоем.
141	Аппараты с перемешивающими лопастями.
142	Назначение и виды перемешивания. Типы конструкций мешалок. Способы крепления мешалок к валу.
143	Уплотнения вращающихся валов, типы конструкций и их выбор.
144	Приводы мешалок, их типы и конструкции.
145	Методика расчета лопастных мешалок.
146	Назначение и классификация центрифуг.
147	Центрифуга ФГН их основные узлы и принцип действия.
148	Центрифуга ФМБ их основные узлы и принцип действия.
149	Центрифуга ОГШ их основные узлы и принцип действия.
150	Расчет роторов центрифуг.
151	Назначение и классификация фильтров.
152	Барабанные вакуум-фильтры, их конструкция и принцип действия.
153	Назначение и классификация арматуры, ее условное обозначение. Запорная арматура.
154	Краны, принцип их работы, особенности конструкции, достоинства и недостатки.
155	Вентили и задвижки, принцип их работы, особенности конструкции, достоинства и недостатки.
156	Регулирующая арматура, ее конструкции и применение.
157	Предохранительные мембраны, их применение и классификация.
158	Классификация емкостной аппаратуры. Конструкция вертикальных цилиндрических аппаратов.
159	Горизонтальные цилиндрические резервуары. Шаровые и каплевидные резервуары. Прямоугольные резервуары.
160	Назначение аппаратов высокого давления, требования к их конструкции. Способы изготовления корпусов.
161	Конструктивные особенности затворов аппаратов высокого давления.
162	Расчет конструктивных элементов аппаратов высокого давления.
163	Трубы, их назначение и материалы. Расчет труб.
164	Принципы организации ремонтной службы на предприятии
165	Основными направлениями развития и совершенствования организации ремонтной службы на предприятиях
166	Задачи Системы ТОиР
167	Техническое обслуживание по Системе ТОиР
168	Виды ремонтов и их объем по Системе ТОиР

169	Основные направления совершенствования системы ТОиР
170	Документация ремонта
171	Финансирование ремонтов
172	Планирование ремонтов
173	Ремонтные операции. Разборка машины или аппарата на сборочные единицы и детали
174	Ремонтные операции. Очистка и мойка сборочных единиц и деталей
175	Ремонтные операции. Контроль, дефектация и сортировка деталей
176	Ремонтные операции. Восстановление изношенных или замена дефектных сборочных единиц (узлов) и деталей
177	Ремонтные операции. Сборка машины или аппарата
178	Ремонтные операции. Обкатка и испытание
179	Ремонт и монтаж валов
180	Ремонт теплообменной аппаратуры
181	Ремонт колонных аппаратов

3.4 Темы курсовых работ

УК-1 - способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач;

УК-2 – способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений;

ПКв-4 – способен участвовать в совершенствовании технологических процессов и разработке нового оборудования в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;

ПКв-5 – способен проектировать отдельные стадии технологических процессов и отдельные узлы (аппараты) с использованием современных информационных технологий в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;

ПКв-8 – способен к анализу и проектированию отдельных стадий ОКР в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

№ задания	Тема проекта
182	Расчет и проектирование горизонтального цельносварного аппарата с эллиптическими днищами
183	Расчет и проектирование горизонтального цельносварного аппарата с эллиптическими днищами и трубным пучком
184	Расчет и проектирование вертикального цельносварного аппарата с эллиптическими днищами (условное давление в аппарата 0,6 МПа)
185	Расчет и проектирование вертикального цельносварного аппарата с эллиптическими днищами (условное давление в аппарата 1 МПа)
186	Расчет и проектирование вертикального цельносварного аппарата с эллиптическими днищами (условное давление в аппарата 1,6 МПа)
187	Расчет и проектирование вертикального цельносварного аппарата с эллиптическими днищами и рубашкой
188	Расчет и проектирование вертикального аппарата с эллиптическим днищем и крышкой
189	Расчет и проектирование вертикального аппарата с эллиптическим днищем и крышкой и рубашкой
190	Расчет и проектирование вертикального цельносварного аппарата с нижним коническим (90°) отбортованным и верхним эллиптическим днищем
191	Расчет и проектирование вертикального цельносварного аппарата с нижним коническим (90°) отбортованным и верхним эллиптическим днищами и рубашкой
192	Расчет и проектирование вертикального аппарата с коническим (90°) отбортованным днищем и эллиптической крышкой
193	Расчет и проектирование вертикального аппарата с коническим (90°) отбортованным днищем и эллиптической крышкой, с рубашкой

194	Расчет и проектирование вертикального цельносварного аппарата с нижним коническим (90°) неотбортованным и верхним плоским днищами
195	Расчет и проектирование вертикального цельносварного аппарата с нижним коническим (90°) неотбортованным и верхним плоским днищами, со змеевиком
196	Расчет и проектирование вертикального цельносварного аппарата с нижним коническим (60°) отбортованным и верхним эллиптическим днищем
197	Расчет и проектирование вертикального цельносварного аппарата с нижним коническим (60°) отбортованным и верхним эллиптическим днищами и рубашкой
198	Расчет и проектирование вертикального аппарата с коническим (60°) отбортованным днищем и эллиптической крышкой
199	Расчет и проектирование вертикального аппарата с коническим (60°) отбортованным днищем и эллиптической крышкой, с рубашкой
200	Расчет и проектирование вертикального цельносварного аппарата с нижним коническим (60°) неотбортованным и верхним плоским днищами
201	Расчет и проектирование вертикального цельносварного аппарата с нижним коническим (60°) неотбортованным и верхним плоским днищами, со змеевиком

3. _ Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Процедуры оценивания в ходе изучения дисциплины знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, регламентируются положениями:

- П ВГУТ 2.4.03 - Положение о курсовых, экзаменах и зачетах;
- П ВГУИТ 4.1.02 - Положение о рейтинговой оценке текущей успеваемости.

Для оценки знаний, умений, навыков студентов по дисциплине **«Конструирование и расчет оборудования отрасли»** применяется балльно-рейтинговая система.

Рейтинговая система оценки осуществляется в течение всего семестра при проведении аудиторных занятий, показателем ФОС является текущий опрос в виде собеседования, сдачи тестов за каждый правильный ответ студент получает 5 баллов (зачтено - 5, незачтено - 0). Максимальное число баллов по результатам текущей работы в семестре 50.

Бальная система служит для получения экзамена по дисциплине. Максимальное число баллов за семестр - 100.

Максимальное число баллов по результатам текущей работы в семестре - 50.

Максимальное число баллов на экзамене и/или зачете - 50.

Минимальное число баллов за текущую работу в семестре - 30.

Обучающийся, набравший в семестре менее 30 баллов, может заработать дополнительные баллы, отработав соответствующие разделы дисциплины или выполнив обязательные задания, для того, чтобы быть допущенным до экзамена и/или зачета.

Обучающийся, набравший за текущую работу менее 30 баллов, т.к. не выполнил всю работу в семестре по объективным причинам (болезнь, официальное освобождение и т.п.) допускается до экзамена и/или зачета, однако ему дополнительно задаются вопросы на собеседовании по разделам, выносимым на экзамен и/или зачет.

В случае неудовлетворительной сдачи зачета обучающемуся предоставляется право повторной сдачи в срок, установленный для ликвидации академической задолженности по итогам соответствующей сессии. При повторной сдаче зачета количество набранных обучающимся баллов на предыдущем зачете не учитывается.

Для получения оценки «зачтено» суммарная балльно-рейтинговая оценка студента по результатам работы в семестре и на зачете должна быть не менее 60 баллов.

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание

Результаты обучения по этапам формирования компетенций	Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	Шкала оценивания	
				Академическая оценка или баллы	Уровень освоения компетенции
УК-1 - способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач					
Знать:	Тест	Результат тестирования	Количество правильных ответов менее 90-100 %	Отлично	Освоена (повышенный)
			Количество правильных ответов 75-89 %	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Количество правильных ответов 60-74,9 %	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Количество правильных ответов менее 60 %	Неудовлетворительно	Не освоена
	Собеседование (зачет)	знание механизмов и методики поиска, анализа и синтеза информации, включающие системный подход в области образования	Обучающийся активно участвует в собеседовании, подготовил аргументы в пользу решения, предложил альтернативы	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			обучающийся выполнял роль наблюдателя, не внес вклада в собеседование и обсуждение	Не зачтено	Не освоена
	Собеседование (защита практической работы)	знание методики постановки цели и способы ее достижения, научное представление о результатах обработки информации	Обучающийся активно участвовал в выполнении работы, получил и обработал результаты эксперимента, проанализировал их, допустил не более 3 ошибок в ответах на вопросы при защите практической работы	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			Обучающийся выполнял роль наблюдателя при выполнении работы, не внес вклада в обработку результатов эксперимента, не защитил практическую работу	Не зачтено	Не освоена
Уметь:	Тест	Результат тестирования	Количество правильных ответов менее 90-100 %	Отлично	Освоена (повышенный)
			Количество правильных ответов 75-89 %	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Количество правильных ответов 60-74,9 %	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Количество правильных ответов менее 60 %	Неудовлетворительно	Не освоена
	Собеседование (защита практической работы)	умение анализировать задачу, выделять ее базовые составляющие, осуществлять декомпозицию задачи; находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи; рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	Обучающийся активно участвовал в выполнении работы, получил и обработал результаты эксперимента, проанализировал их, допустил не более 3 ошибок в ответах на вопросы при защите практической работы	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			Обучающийся выполнял роль наблюдателя при выполнении работы, не внес вклада в обработку результатов эксперимента, не защитил практическую работу	Не зачтено	Не освоена

Владеть:	Собеседование (защита практической работы)	владение методами установления причинно-следственных связей и определения наиболее значимых среди них; механизмами поиска информации, в том числе с применением современных информационных и коммуникационных технологий	Обучающийся активно участвовал в выполнении работы, получил и обработал результаты эксперимента, проанализировал их, допустил не более 3 ошибок в ответах на вопросы при защите практической работы	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			Обучающийся выполнял роль наблюдателя при выполнении работы, не внес вклада в обработку результатов эксперимента, не защитил практическую работу	Не зачтено	Не освоена

УК-2 – способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений

Знать:	Тест	Результат тестирования	Количество правильных ответов менее 90-100 %	Отлично	Освоена (повышенный)
			Количество правильных ответов 75-89 %	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Количество правильных ответов 60-74,9 %	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Количество правильных ответов менее 60 %	Неудовлетворительно	Не освоена
	Собеседование (зачет)	знание действующие правовые нормы и ограничения, оказывающие регулирующее воздействие на проектную деятельность	Обучающийся активно участвует в собеседовании, подготовил аргументы в пользу решения, предложил альтернативы	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			обучающийся выполнял роль наблюдателя, не внес вклада в собеседование и обсуждение	Не зачтено	Не освоена
	Собеседование (защита практической работы)	знание необходимые для осуществления профессиональной деятельности правовые нормы	Обучающийся активно участвовал в выполнении работы, получил и обработал результаты эксперимента, проанализировал их, допустил не более 3 ошибок в ответах на вопросы при защите практической работы	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			Обучающийся выполнял роль наблюдателя при выполнении работы, не внес вклада в обработку результатов эксперимента, не защитил практическую работу	Не зачтено	Не освоена
Уметь:	Тест	Результат тестирования	Количество правильных ответов менее 90-100 %	Отлично	Освоена (повышенный)
			Количество правильных ответов 75-89 %	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Количество правильных ответов 60-74,9 %	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Количество правильных ответов менее 60 %	Неудовлетворительно	Не освоена
	Собеседование (защита практической работы)	умение определять круг задач в рамках избранных видов профессиональной деятельности; планировать собственную деятельность исходя из	Обучающийся активно участвовал в выполнении работы, получил и обработал результаты эксперимента, проанализировал их, допустил не более 3 ошибок в ответах на вопросы при защите практической работы	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			Обучающийся выполнял роль наблюдателя при выполнении работы, не внес вклада в обработку результатов эксперимента, не защитил практическую работу	Не зачтено	Не освоена

		имеющихся ресурсов; формировать план-график реализации			
Владеть:	Собеседование (защита практической работы)	владение навыками по публичному представлению результатов решения конкретной задачи проекта	Обучающийся активно участвовал в выполнении работы, получил и обработал результаты эксперимента, проанализировал их, допустил не более 3 ошибок в ответах на вопросы при защите практической работы	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			Обучающийся выполнял роль наблюдателя при выполнении работы, не внес вклада в обработку результатов эксперимента, не защитил практическую работу	Не зачтено	Не освоена
ПКв-4 – способен участвовать в совершенствовании технологических процессов и разработке нового оборудования в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии					
Знать:	Тест	Результат тестирования	Количество правильных ответов менее 90-100 %	Отлично	Освоена (повышенный)
			Количество правильных ответов 75-89 %	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Количество правильных ответов 60-74,9 %	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Количество правильных ответов менее 60 %	Неудовлетворительно	Не освоена
	Собеседование (зачет)	знание основ теории процессов в химическом реакторе; знает принципы интенсификации химико-технологических процессов и принцип действия основных нетрадиционных химических аппаратов	Обучающийся активно участвует в собеседовании, подготовил аргументы в пользу решения, предложил альтернативы	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			обучающийся выполнял роль наблюдателя, не внес вклада в собеседование и обсуждение	Не зачтено	Не освоена
	Собеседование (защита практической работы)	знание основных энерго-и ресурсосберегающих аппаратов и систем	Обучающийся активно участвовал в выполнении работы, получил и обработал результаты эксперимента, проанализировал их, допустил не более 3 ошибок в ответах на вопросы при защите практической работы	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			Обучающийся выполнял роль наблюдателя при выполнении работы, не внес вклада в обработку результатов эксперимента, не защитил практическую работу	Не зачтено	Не освоена
Уметь:	Тест	Результат тестирования	Количество правильных ответов менее 90-100 %	Отлично	Освоена (повышенный)
			Количество правильных ответов 75-89 %	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Количество правильных ответов 60-74,9 %	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Количество правильных ответов менее 60 %	Неудовлетворительно	Не освоена
	Собеседование (защита практической работы)	умение применять химическую термодинамику и кинетику для расчета скорости и теплового эффекта химической	Обучающийся активно участвовал в выполнении работы, получил и обработал результаты эксперимента, проанализировал их, допустил не более 3 ошибок в ответах на вопросы при защите практической работы	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			Обучающийся выполнял роль наблюдателя при выполнении работы, не внес вклада в обработку результатов эксперимента, не защитил практическую работу	Не зачтено	Не освоена

Владеть:	Собеседование (защита практической работы)	реакции владение расчётами очистных сооружений водоотведения с учетом наилучших доступных технологий	Обучающийся активно участвовал в выполнении работы, получил и обработал результаты эксперимента, проанализировал их, допустил не более 3 ошибок в ответах на вопросы при защите практической работы	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			Обучающийся выполнял роль наблюдателя при выполнении работы, не внес вклада в обработку результатов эксперимента, не защитил практическую работу	Не зачтено	Не освоена
ПКв-5 – способен проектировать отдельные стадии технологических процессов и отдельные узлы (аппараты) с использованием современных информационных технологий в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии					
Знать:	Тест	Результат тестирования	Количество правильных ответов менее 90-100 %	Отлично	Освоена (повышенный)
			Количество правильных ответов 75-89 %	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Количество правильных ответов 60-74,9 %	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Количество правильных ответов менее 60 %	Неудовлетворительно	Не освоена
	Собеседование (зачет)	знание общих принципов конструирования машин и аппаратов отрасли; понятия квалиметрии, систему показателей качества машины основные понятия и показатели теории надежности, общих зависимостей теории надежности	Обучающийся активно участвует в собеседовании, подготовил аргументы в пользу решения, предложил альтернативы	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			обучающийся выполнял роль наблюдателя, не внес вклада в собеседование и обсуждение	Не зачтено	Не освоена
Собеседование (защита практической работы)	знание стандартных методов расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения	Обучающийся активно участвовал в выполнении работы, получил и обработал результаты эксперимента, проанализировал их, допустил не более 3 ошибок в ответах на вопросы при защите практической работы	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)	
		Обучающийся выполнял роль наблюдателя при выполнении работы, не внес вклада в обработку результатов эксперимента, не защитил практическую работу	Не зачтено	Не освоена	
Уметь:	Тест	Результат тестирования	Количество правильных ответов менее 90-100 %	Отлично	Освоена (повышенный)
			Количество правильных ответов 75-89 %	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Количество правильных ответов 60-74,9 %	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Количество правильных ответов менее 60 %	Неудовлетворительно	Не освоена
	Собеседование (защита практической работы)	умение оформлять конструкторскую документацию с учетом требований ЕСКД, выполнять эскизы чертежи разрабатываемых конструкций с использованием электронно-вычислительной техники при конструировании машин и аппаратов	Обучающийся активно участвовал в выполнении работы, получил и обработал результаты эксперимента, проанализировал их, допустил не более 3 ошибок в ответах на вопросы при защите практической работы	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			Обучающийся выполнял роль наблюдателя при выполнении работы, не внес вклада в обработку результатов эксперимента, не защитил практическую работу	Не зачтено	Не освоена
Владеть:	Собеседование (защита	владение методами расчета и проектирования,	Обучающийся активно участвовал в выполнении работы, получил и обработал результаты эксперимента, проанализировал их, допустил не	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)

	практической работы)	оценки эффективности химических аппаратов и машин; методами определения остаточного ресурса технологического оборудования, методами прогнозирования уровня надежности функционирования оборудования; методами расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения	более 3 ошибок в ответах на вопросы при защите практической работы			
			Обучающийся выполнял роль наблюдателя при выполнении работы, не внес вклада в обработку результатов эксперимента, не защитил практическую работу	Не зачтено	Не освоена	
ПКв-8 – способен к анализу и проектированию отдельных стадий ОКР в области энего- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии						
Знать:	Тест	Результат тестирования	Количество правильных ответов менее 90-100 %	Отлично	Освоена (повышенный)	
			Количество правильных ответов 75-89 %	Хорошо	Освоена (повышенный)	
			Количество правильных ответов 60-74,9 %	Удовлетворительно	Освоена (базовый)	
			Количество правильных ответов менее 60 %	Неудовлетворительно	Не освоена	
	Собеседование (зачет)	знание основных принципов организации процессов химической технологии нефтехимии и биотехнологии	Обучающийся активно участвует в собеседовании, подготовил аргументы в пользу решения, предложил альтернативы	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)	
			обучающийся выполнял роль наблюдателя, не внес вклада в собеседование и обсуждение	Не зачтено	Не освоена	
	Собеседование (защита практической работы)	знание методов оценки эффективности этих производств и их воздействия на окружающую среду	Обучающийся активно участвовал в выполнении работы, получил и обработал результаты эксперимента, проанализировал их, допустил не более 3 ошибок в ответах на вопросы при защите практической работы	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)	
			Обучающийся выполнял роль наблюдателя при выполнении работы, не внес вклада в обработку результатов эксперимента, не защитил практическую работу	Не зачтено	Не освоена	
Уметь:	Тест	Результат тестирования	Количество правильных ответов менее 90-100 %	Отлично	Освоена (повышенный)	
			Количество правильных ответов 75-89 %	Хорошо	Освоена (повышенный)	
			Количество правильных ответов 60-74,9 %	Удовлетворительно	Освоена (базовый)	
			Количество правильных ответов менее 60 %	Неудовлетворительно	Не освоена	
	Собеседование (защита практической работы)	умение производить выбор аппарата и рассчитывать технологические параметры процесса с учетом реализации задач энерго- и ресурсосбережения на окружающую среду	Обучающийся активно участвовал в выполнении работы, получил и обработал результаты эксперимента, проанализировал их, допустил не более 3 ошибок в ответах на вопросы при защите практической работы	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)	
			Обучающийся выполнял роль наблюдателя при выполнении работы, не внес вклада в обработку результатов эксперимента, не защитил практическую работу	Не зачтено	Не освоена	
	Владеть:	Собеседование (защита	владение методами	Обучающийся активно участвовал в выполнении работы, получил и обработал результаты эксперимента, проанализировал их, допустил не	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)

		анализа и расчета процессов в промышленных аппаратах, выбора их конструкции, определение технологических и экономических показателей работы аппаратов	более 3 ошибок в ответах на вопросы при защите практической работы		
	практической работы)		Обучающийся выполнял роль наблюдателя при выполнении работы, не внес вклада в обработку результатов эксперимента, не защитил практическую работу	Не зачтено	Не освоена