Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 18.09.2025 13:57:20
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет химической технологии и биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ
Декан
_____ / А.С. Соколов /
« 27 » февраля 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Конструирование и расчет элементов оборудования

Направление подготовки/специальность
18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Профиль/специализация
Компьютерное моделирование энерго- и ресурсосберегающих технологий и производств

Квалификация
бакалавр

Формы обучения
очная

Москва, 2025 г.

Разработчик(и):

профессор каф. «Процессы и аппараты химической технологии»,
д.т.н., профессор  /Г.В. Божко/

Согласовано:
Зав. каф. «Процессы и аппараты химической технологии»,
к.х.н.  /П.С. Громовых/

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 4
3. Учебно-методическое и информационное обеспечение 10
4. Материально-техническое обеспечение 11
5. Методические рекомендации 12
6. Фонд оценочных средств 14

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К **основным целям** освоения дисциплины «Конструирование и расчет элементов оборудования» следует отнести:

– формирование системных знаний и рационального подхода к конструированию и расчету химических машин и аппаратов;

– подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой по направлению 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Конструирование и расчет элементов оборудования» следует отнести:

– приобретение теоретических знаний по основам расчета и конструирования химических аппаратов и машин;

– выработка навыков использования справочной, патентной и научно-технической литературы.

- формирование представлений о современных тенденциях развития химического машино- и аппаратостроения

Обучение по дисциплине «Конструирование и расчет элементов оборудования» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	ИУК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие ИУК-1.2. Осуществляет поиск, критически оценивает, обобщает, систематизирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи ИУК-1.3. Рассматривает и предлагает рациональные варианты решения поставленной задачи, используя системный подход, критически оценивает их достоинства и недостатки
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	ИУК-2.1.Формулирует совокупность задач в рамках поставленной цели проекта, решение которых обеспечивает ее достижение ИУК-2.2. Определяет связи между поставленными задачами, основными компонентами проекта и ожидаемыми результатами его реализации ИУК-2.3. Выбирает оптимальные способы планирования, распределения зон ответственности, решения задач, анализа результатов с учетом действующих правовых норм, имеющихся условий, ресурсов и ограничений, возможностей использования

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Конструирование и расчет элементов оборудования» относится к обязательной части блока дисциплин (Б.1) основной образовательной программы бакалавриат.

Дисциплина «Герметизация оборудования» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В базовой части цикла (Б1):

– физика;
– химия;
– инженерная и компьютерная графика;
– промышленная экология;
– процессы и аппараты химической технологии;
– расчет технологических процессов и оборудования.
– разработка и эксплуатация энерго- и ресурсосберегающих машин и аппаратов
– монтаж и ремонт оборудования отрасли

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 часа).

3.1. Виды учебной работы и трудоемкость
(по формам обучения)

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			5	
1	**Аудиторные занятия**	**72**	**72**	
	В том числе:			
1.1	Лекции	36	36	
1.2	Семинарские/практические занятия	36	36	
1.3	Лабораторные занятия			
2	**Самостоятельная работа**	**72**	**72**	
	В том числе:			
2.1	Курсовое проектирование			
2.2	Подготовка и выполнение промежуточных и итоговых тестов			
2.3	Подготовка к промежуточной аттестации			
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**Экзамен**	**Экзамен**	
	Итого	**144**	**144**	

2.1 Тематический план изучения дисциплины
(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час		
		се	Аудиторная работа	С а

			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	**Раздел 1. Проектирование оборудования**						
1.1	Этапы проектирования оборудования	32	2	2			4
1.2	Основные требования к конструированию оборудования		2	2			4
1.3.	Общие требования к конструированию оборудования		2	2			4
1.4	Влияние внешних факторов. Испытания оборудования		2	2			4
2	**Раздел 2. Проектирование и расчет тонкостенного оборудования**						
2.1	Безмоментная теория расчета тонкостенных обечаек	56	2	2			4
2.2	Потеря устойчивости формы		2	2			4
2.3.	Краевая задача		2	2			4
2.4	Расчет днищ		2	2			4
2.5	Расчет и конструирование присоединений для обслуживания и осмотра		2	2			4
2.6	Расчет и конструирование разъемных соединений		2	2			4
2.7	Расчет и конструирование фланцевых соединений		2	2			4
3	**Раздел 3. Проектирование и расчет теплообменного оборудования**						
3.1	Теплообменное оборудование	16	2	2			4
3.2	Расчет и проектирование кожухотрубчатых теплообменников		2	2			4
4	**Раздел 4. Проектирование и расчет массообменного оборудования**						
4.1	Колонная аппаратура	40	2	2			4
4.2	Перемешивающая аппаратура		2	2			4
4.3	Уплотнение вращающихся валов		2	2			4
4.4	Вращающиеся барабанные аппараты		2	2			4
4.5	Расчет и конструирование деталей вращающегося барабанного аппарата		2	2			4
Итого		**144**	36	36			72

2.2 Содержание дисциплины

Лекции

Раздел 1. Проектирование оборудования

Лекция 1.

Тема Этапы проектирования оборудования

Предмет и содержание курса «Расчет оборудования нефтехимических производств», его цели и задачи. Значение курса в знаниях бакалавра по направлению 18.03.02 «Энерго-

и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии».

Требования к конструированию оборудования. Стадии проектирования оборудования и производств. Исходные данные заказчика. Техническое задание, его необходимость. Технический проект и его содержание. Рабочий проект и его содержание.

Лекция 2

Тема Основные требования к конструированию оборудования

Основные требования конструирования оборудования. Выбор конструкционных материалов. Стандартизованные, нормализованные и унифицированные элементы и узлы оборудования. Учет возможности и удобства транспортирования, ремонта монтажа и демонтажа. Высокие эргономические показатели конструкции оборудования. Возможность соблюдения правил техники безопасности оборудования при монтаже и эксплуатации.

Лекция 3

Тема Общие требования к конструированию оборудования

Основные методы расчета деталей и узлов химических машин и аппаратов на прочность, жесткость, устойчивость формы, коррозионную и эрозионную стойкость. Методы расчета на прочность по допускаемым напряжениям и предельным нагрузкам. Коэффициенты прочности сварных швов. Прибавки к расчетным размерам деталей. Цикловые нагрузки

Лекция 4

Тема Влияние внешних факторов. Испытания оборудования

Общие сведения о конструировании, расчетах и испытаниях.Классификация деталей и узлов. Геометрия сосудов различной конструкции. Стандартизация типоразмеров – ряд емкостей, ряд диаметров, ряд условных давлений. Расчетное, рабочее и пробное давление, расчетная температура. Эксплуатация сосудов под давлением. Требования к конструкции: люки, лазы, днища, расположение сварных швов, отверстий. Виды испытаний сосудов.

Раздел 2. Проектирование и расчет тонкостенного оборудования

Лекция 5

Тема Безмоментная теория расчета тонкостенных обечаек

Тонкостенные обечайки, их признаки. Безмоментная (мембранная) теория расчета тонкостенных обечаек. Пределы применимости теории. Основные напряжения в цилиндрической и сферической обечайке под давлением. Толщина стенки.

Лекция 6

Тема Потеря устойчивости формы

Работа тонкостенной оболочки под внешним давлением. Критическое давление и потеря устойчивости формы оболочки. Длинные и короткие цилиндры. Формулы Мизеса и Саусвелла. Увеличение жесткости оболочки. Расчет на прочность колец жесткости.

Лекция 7

Тема Краевая задача

Виды неразъемных соединений. Углы сопряжения оболочек и пластин. Краевая задача. Причины появления краевых нагрузок. Определение краевых сил и моментов, уравнения совместных деформаций соединяемых деталей. Напряженное состояние в углах сопряжения деталей. Расчет деталей с учетом краевых нагрузок.

Лекция 8

Тема Расчет днищ

Расчет толщины стенки. Полусферические (полушаровые) днища. Эллиптические днища. Днища сферические неотбортованные. Конические днища и переходы. Плоские днища. Конструкции для повышения жесткости плоских днищ.

Лекция 9

Тема Расчет и конструирование присоединений для обслуживания и осмотра

Зона напряженного состояние оболочек у отверстий. Укрепление отверстий. Штуцера, бобышки – назначение, выбор условного прохода. Люки-лазы – назначение и применение, конструкции с откидывающимися крышками болтами. Смотровые окна. Цапфы, ушки и крюки. Опоры вертикальных и горизонтальных аппаратов. Расчет на прочность обечайки аппарата в месте крепления опор и строповых устройств.

Лекция10

Тема Расчет и конструирование разъемных соединений

Виды разъемных соединений и требования к ним. Конструкции и область применения фланцевых соединений. Основные типы фланцев и прокладок, а также способов размещения прокладок между фланцами. Материал и конструкции прокладок, их назначение. Расчет фланцевых соединений на плотность и прочность.

Лекция 11

Тема Расчет и конструирование фланцевых соединений

Конструирование и расчет фланцев. Конструкции фланцев. Расчет цельных фланцев. Расчет приварных фланцев. Шаг размещения болтов. Конус давления гайки. Выбор оптимальной ширины прокладки.

Раздел 3. Проектирование и расчет теплообменного оборудования

Лекция 12

Тема Теплообменное оборудование

Кожухотрубчатый теплообменник. Температурные напряжения в деталях и узлах. Расчет величины температурных усилий и деформаций. Учет температурных деформаций. Расчет линзовых компенсаторов, их количества и толщины стенки.

Лекция 13

Тема Расчет и проектирование кожухотрубчатых теплообменников

Способы компенсации температурных напряжений. Конструкции кожухотрубчатых теплообменников. Силовые нагрузки на корпус, трубки и трубные доски. Назначение и конструкции трубных досок. Расчет толщины трубной доски. Крепление труб в трубных досках, разные способы. Расчет нагрузок на соединение труб с трубной доской.

Раздел 4. Проектирование и расчет массообменного оборудования

Лекция 14

Тема Колонная аппаратура

Конструкции корпусов колонных аппаратов. Расчет усилий на колонные аппараты от ветровой нагрузки по регионам. Конструкции опор колонных аппаратов. Расчет опорных обечаек, фундаментных колец и болтов на прочность.

Лекция 15

Тема Перемешивающая аппаратура

Мешалки. Быстроходные и тихоходные мешалки. Конструкции мешалок: лопастные, турбинные, винтовые, якорные и рамные. Расчет мешалок. Расчет лопасти на прочность. Расчет пусковой мощности. Расчет вала мешалки.

Лекция 16

Тема Уплотнение вращающихся валов

Типы уплотнений валов: гидростатические, гидродинамические, с мягкими и твердыми уплотняющими элементами. Конструкции сальников с мягкой набивкой. Расчет сальников и усилий затяжки болтов сальникового уплотнения. Конструкции торцовых соединений.

Лекция 17

Тема Вращающиеся барабанные аппараты

Конструкции вращающихся барабанов. Основные детали, узлы и сборочные единицы. Основные элементы барабанов. Расчет барабанов на прочность и жесткость.

Лекция 18

Тема Расчет и конструирование деталей вращающегося барабанного аппарата

Конструкции бандажей. Конструкции опорных и упорных роликов Расчет размеров опорных роликов. Назначение упорного ролика. Расчет элементов упорного ролика.

Практические занятия

ПЗ 1.

Технологический процесс в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии и показатели качества продукта. Влияние состояния оборудования на качественные и экономические показатели производства. Причины ухудшения качественных показателей производства, связанные с несовершенством конструкции, износом оборудования, некачественным его изготовлением. Проблема герметичности разъемных соединений, особенно для оборудования, работающего под давлением среды. Пути решения проблем ухудшения качественных показателей производства, связанных с оборудованием.

ПЗ 2.

Расчет колонных аппаратов, установленных на открытых площадках на колебания и ветровую нагрузку.

ПЗ 3.

Расчет колонных аппаратов, установленных на открытых площадках на колебания и ветровую нагрузку.

ПЗ 4.

Стадии проектирования оборудования для технологических процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии. Выбор конструкционных материалов. Учет проблем транспортировки, ремонтопригодности, эргономичности, соблюдения правил техники безопасности, стандартизации, нормализации и унификации.

ПЗ 5.

Прочность, жесткость, устойчивость формы, коррозионную и эрозионную стойкость. Допускаемые напряжения и предел прочности. Расчеты в пределах упругости и за пределом текучести. Коэффициенты прочности сварных швов. Учет коррозии, эрозии, отклонения формы заготовки. Цикловые нагрузки.

ПЗ 6. Контрольная работа № 1

Расчет колонных аппаратов, установленных на открытых площадках на колебания и ветровую нагрузку.

ПЗ 7.

Безмоментная (мембранная) теория расчета тонкостенных обечаек. Расчет основных напряжений и толщины стенки в цилиндрической и сферической обечайке под давлением.

ПЗ 8.

Работа тонкостенной оболочки под внешним давлением. Критическое давление и потеря устойчивости формы оболочки. Критическое напряжение. Формулы для определения критического давления и напряжения для длинных и коротких обечаек.

ПЗ 9.

Причины появления краевых нагрузок и их определение. Уравнения совместных деформаций соединяемых деталей. Напряженное состояние в углах сопряжения деталей. Расчет деталей с учетом краевых наг

ПЗ 10.

Расчет толщины стенки полусферических и эллиптических днищ. Днища сферические неотбортованные. Расчет толщины стенки конических днищ и переходов. Конструирование и расчет плоских днищ.

ПЗ 11.

Расчет укрепления отверстий для штуцеров, люков-лазов, смотровых окон. Разработка конструкций люков с откидывающимися крышками и болтами. Расчет опор вертикальных и горизонтальных аппаратов. Расчет на прочность обечайки аппарата в месте крепления опор и строповых устройств.

ПЗ 12.

Расчет элементов сварного сосуда.

ПЗ 13.

Расчет элементов сварного сосуда.

ПЗ 14. Контрольная работа № 2

Расчет элементов сварного сосуда.

ПЗ 15.

Расчет кожухотрубчатого теплообменника.

ПЗ 16.

Расчет кожухотрубчатого теплообменника.

ПЗ 17. Контрольная работа № 3

Расчет кожухотрубчатого теплообменника.

ПЗ 18.

Расчет сальникового уплотнения и усилий затяжки болтов сальникового уплотнения с мягкой набивкой для уплотнения выходного вала перемешивающего устройства.

3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрено

3. Учебно-методическое и информационное обеспечение

3.1 Нормативные документы и ГОСТы

ГОСТ 34233.1— 2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования. ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», Москва, 2017. www.gostinfo.ru

ГОСТ 34233.2— 2017 Сосуды и аппараты. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», Москва, 2017. www.gostinfo.ru

3.ГОСТ 34233.3— 2017 Сосуды и аппараты. Сосуды и аппараты. Расчет на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер. ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», Москва, 2017. www.gostinfo.ru

ГОСТ 34233.4— 2017 Сосуды и аппараты Расчет на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», Москва, 2017. www.gostinfo.ru

ГОСТ 55430-2013 Соединения трубопроводов разъемные. Оценка технического состояния и методы испытаний. Безопасность эксплуатации. ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», Москва, 2015. www.gostinfo.ru

3.2 Основная литература

1. Тимонин А.С. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки: учебник для ВУЗов / А.С. Тимонин, Г.В. Божко, В.Я. Борщев и др./под общей редакцией А.С. Тимонина. – Калуга: Издательство «Ноосфера, 2017. – 948 с.
2. Машины и аппараты химических производств. Учебник для студентов вузов/ И.И. Поникаров, О.А. Перелыгин, В.Н. Доронин. М.Г. Гайнуллин. -М.: Машиностроение, 1989. -368 с.

3.3 Дополнительная литература

1. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи: Учеб. пособие для студентов вузов М.Ф. Михалев, Н.П. Третьяков, А.И. Мильченко, В.В. Зобин. Под обш. ред. Михалева Н.Ф. -Л.: Машиностроение, 1984. -493 с.
2. Продан В.Д. Сальниковые уплотнения с мягкой набивкой: учебное пособие /В.Д. Продан, Г.В. Божко. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – 124 с.
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя в трех томах. - 6-е изд. перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1999.-559 с.
4. Продан В.Д. Герметичность разъемных соединений оборудования, эксплуатируемого под давлением рабочей среды: учебное пособие /В.Д. Продан – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2012. – 280 с.
5. Вихман Г.Л., Круглов С.А. Основы конструирования аппаратов и машин нефтеперерабатывающих заводов. Учебник для студентов вузов. Машиностроение, 1978.-328 с.

3.4 Электронные образовательные ресурсы

В процессе создания.

3.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Не предусмотрено.

3.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. ИСС Гарант https://www.garant.ru/

4. Материально-техническое обеспечение

Проведение лекций и практических занятий осуществляется в общеуниверситетских аудиториях, где предусмотрена демонстрация фильмов, слайдов или использование раздаточных материалов.

5. Методические рекомендации

5.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий, проблемно-диалоговый подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Основная форма изучения и закрепления знаний по этой дисциплине – лекционная, лабораторная и практическая. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Основу учебных занятий по дисциплине составляют лекции. В процессе обучения студентов используются различные виды учебных занятий (аудиторных и внеаудиторных): лекции, семинарские занятия, лабораторные работы консультации и т.д. На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям по курсу необходимо продумать план его проведения, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия, определить средства материально-технического обеспечения лекционного занятия и порядок их использования в ходе чтения лекции. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены. В основной части лекции следует раскрыть содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам по вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических и лабораторных занятий – обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа.

Преподаватель, принимающий зачёт или экзамен, лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

5.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Работа студента направлена на:

- изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям, лабораторных занятиям и выполнение практических работ и лабораторных работ.
- подготовка и выполнение тестирования с использованием общеобразовательного портала.

Самостоятельная работа студентов представляет собой важнейшее звено учебного процесса, без правильной организации которого обучающийся не может быть высококвалифицированным выпускником.

Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого семестра и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Не следует откладывать работу из-за нерабочего настроения или отсутствия вдохновения. Настроение нужно создавать самому. Понимание необходимости выполнения работы, знание цели, осмысление перспективы благоприятно влияют на настроение.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Важно полнее учесть обстоятельства своей работы, уяснить, что является главным на данном этапе, какую последовательность работы выбрать, чтобы выполнить ее лучше и с наименьшими затратами времени и энергии.

Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час (или два) следует делать перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Студент должен помнить, что в процессе обучения важнейшую роль играет самостоятельная работа с книгой. Научиться работать с книгой – важнейшая задача студента. Без этого навыка будет чрезвычайно трудно изучать программный материал, и много времени будет потрачено нерационально. Работа с книгой складывается из умения

подобрать необходимые книги, разобраться в них, законспектировать, выбрать главное, усвоить и применить на практике.

6. Фонд оценочных средств

6.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

До даты проведения промежуточной аттестации студент должен выполнить все работы, предусмотренные настоящей рабочей программой дисциплины. Перечень обязательных работ и форма отчетности представлены в таблице.

Перечень обязательных работ, выполняемых в течение семестра по дисциплине «Герметизация оборудования»

Вид работы	Форма отчетности и текущего контроля
Контрольная работа	Оформленная в соответствии с требованиями по расчету варианта задачи. Защита контрольной работы с получением зачета в соответствии со шкалой в пункте 7.2.1..

6.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

7.2.1. Шкала оценивания курсового проекта

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Сделаны все расчеты с получением верных ответов по стадиям методики. Даны правильные ответы на дополнительные ответы по теме контрольной работы. Хорошо владеет материалом.
Незачтено	Плохо выполнены расчеты, получены неверные результаты. Слабые ответы на дополнительные вопросы. Плохо владеет материалом.

7.2.2. Шкала оценивания промежуточной аттестации

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине «Конструирование и расчет элементов оборудования» проводится преподавателем, ведущим занятия по этой дисциплине методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Конструирование и расчет элементов оборудования» - зачтены ответы на семинарских занятиях по дисциплине и контрольные работы.

Шкала оценивания	*Описание*
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7.3. Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Контрольная работа № 1:
Рассчитать аппарат на ветровую нагрузку.

Контрольная работа № 2:

Выполнить все необходимые расчеты по определению геометрических параметров элементов вертикального аппарата.

ДАНО:
Высота аппарата от нулевой отметки $H = H_{юбки} + H_{аппарата}$ =
Внутренний и наружный диаметр аппарата $Д_в$ = $Д_н$ =
Масса аппарата: – при монтаже $G_м$ = тонн
– при эксплуатации $G_э$ = тонн
Аппарат установлен в районе – Категория
Коэффициент упругого сжатия грунта $C_ф$ =
Аппарат имеет:
– коническое днище с углом конуса $\alpha = 30^0$ и патрубком d_1
– эллиптическую отъемную крышку с патрубком d_2 под углом к оси φ =
Диаметры патрубков: – на днище d_1 = м, – на крышке d_2 = м.
Материал оболочки – сталь 16ГС (Г – марганец, С – кремний), $\sigma_т = 280$ МПа (при 20^0С).
Давление рабочей среды – P = МПа
Температура рабочей среды – t = °С

№ вар.	$H_а$ м	$H_ю$, м	$Д_в$, м	$Д_н$, м	$G_м$, т	$G_э$, т	Категория	$C_ф$, МН/м^3	d_1, м	d_2, м	φ град	P, МПа	t, °С
1	15	1,5	1,5	1,52	15	25	III	60	0,1	0,12	0	0,3	50
2	17	1,7	1,9	1,92	27	30	IV	80	0,1	0,12	10	0,4	70
3	20	1,9	2	2,02	19	35	V	70	0,15	0,18	20	0,5	90
4	25	2	2,2	2,22	20	35	III	60	0,2	0,25	30	0,6	100
5	40	2	2,5	2,53	23	40	IV	70	0,25	0,3	40	0,7	50
6	30	1,9	2,1	2,12	20	37	V	80	0,2	0,25	50	0,8	70
7	35	1,7	2,1	2,12	17	30	II	60	0,2	0,25	0	0,9	90
8	20	1,5	1,7	1,72	17	30	IV	70	0,1	0,12	10	1,0	100
9	45	1,7	2,2	2,23	25	42	V	80	0,2	0,25	20	0,5	50
10	27	1,7	1,4	1,42	20	35	III	60	0,1	0,12	30	0,6	70
11	32	1,9	1,5	1,52	25	37	IV	70	0,1	0,12	40	0,7	90
12	37	2	1,7	1,72	27	40	V	80	0,1	0,12	0	0,8	100
13	42	2	1,9	1,92	30	45	III	60	0,1	0,12	20	0,9	50
14	47	2,3	2	2,02	35	47	IV	70	0,15	0,18	30	1,0	70
15	52	2,3	2,1	2,12	37	52	V	80	0,15	0,2	40	0,5	90

Контрольная работа № 3. Расчет кожухотрубного теплообменника.

ДАНО:
Горизонтальный кожухотрубный теплообменник жесткого типа. Диаметр теплоотводящих трубок 16 х1,5 мм, их длина L = м, поверхность теплообмена F = м^2. Теплообменник предназначен для подогрева G = т/час рабочей среды от t = 20, до t = °С насыщенным паром. Давление среды (в трубках) $P_т$ = 0,2 МПа, давление насыщенного пара $P_п$ = МПа.

Выполнить расчёты на прочность его основных элементов (трубных решеток, кожуха, фланцев, крышек, опорных элементов, линзового компенсатора) и определить

геометрические параметры элементов горизонтального кожухотрубного теплообменника жесткого типа.

№ вар.	**L, м**	**F , м^2**	**G , т/час**	**t, °C**	**$P_п$, МПа**
1	40	200	300	70	0,12
2	42	200	300	70	0,12
3	46	260	300	70	0,14
4	48	260	300	70	0,14
5	50	260	400	80	0,14
6	52	280	400	80	0,16
7	56	280	400	80	0,16
8	58	280	500	80	0,16
9	60	300	500	90	0,18
10	62	300	500	90	0,18
11	66	320	500	90	0,2
12	68	320	500	90	0,2
13	100	1500	1,2	0,3	0,25
14	105	1500	1,2	0,3	0,25
15	110	1500	1,2	0,3	0,25

7.3.2. Промежуточная аттестация

7.3.2.1. Вопросы для подготовки к экзамену

1. Конструирование и расчет узлов укрепления отверстий в стенках сосудов.
2. Определение числа волн длинной цилиндрической оболочки при превышении критического давления.
3. Вывод выражения для расчета толщины стенки аппарата, работающего под давлением.

Дать характеристику параметрам, входящим в выражение.

4. Физический смысл коэффициента сварного шва. Почему он не может быть больше 1? 5. Конструкции кожухотрубчатых теплообменников. Расчет температурных напряжений и деформаций корпуса и труб.
6. Как проводятся испытания и что принимается за расчетное давление в аппарате в случае наличия в нем газового давления и столба жидкости.
7. Типы уплотнений валов аппаратов, работающих под давлением.
8. Температурное напряжения в деталях и узлах теплообменников. Способы решения.
9. Напряженное состояние и расчет плоских крышек, нагруженных давлением.
10. Напряженное состояние аппарата, работающего под давлением при разрыве оболочки. По какой линии произойдет разрыв - по продольной или поперечной и почему.
11. Напряженное состояние и расчет цилиндрических обечаек, нагруженных давлением.
12. Напряженное состояние аппарата сферической формы, работающего под давлением.

13. Конструирование опор колонных аппаратов.

14. Виды неразъемных соединений и их применение.

15. Конструкции фланцевых соединений. Напряженное состояние и расчет накидных фланцев.

16. Напряженное состояние аппарата, работающего под давлением. Какая форма аппарата, работающего под давлением является наиболее конструктивной и почему.

17. Конструкции фланцевых соединений. Напряженное состояние и расчет приварных фланцев.

18. Основные стадии конструирования оборудования.

19. Конструкции фланцевых соединений. Расчет усилий, действующих во фланцах.

20. Напряженное состояние оборудования, работающего под давлением.

21. Конструкции фланцевых соединений. Расчет усилий, действующих в крепежных элементах, определение размеров болтов.

22. Напряженное состояние в месте сопряжения цилиндрической и конической обечаек аппарата. работающего под давлением.

23. Конструкции фланцевых соединений. Расчет усилий, действующих на прокладку.

24. Критическое давление. Расчет критического давления для длинных обечаек.

25. Напряженное состояние и расчет конических обечаек, нагруженных давлением.

26. Напряженное состояние в месте соединения сферической крышки и цилиндрического корпуса. Распорная сила и ее определение.

27. Конструирование и расчет сальников.

28. Уравнения совместных деформаций соединяемых обечайки и конического днища работающих под давлением.

29. Конструирование и расчет торцовых уплотнений валов.

30. Раскрыть понятие «Краевой эффект».

31. Расчет цилиндрического аппарата на колебания при воздействии ветровой нагрузки.

Природа их происхождения и чем они опасны.

32. Выбор материалов при изготовлении оборудования химической промышленности.

33. Конструирование и расчет валов аппаратов с мешалками.

34. Рабочее, расчетное и пробное давление в аппарате.

35. Напряженное состояние и расчет эллиптических крышек, нагруженных давлением.

36. Выбор конструкционных материалов при конструировании нефтехимической аппаратуры. Говорят «материал не должен быть дорогим». Всегда ли это оправдано?

37. Безмоментная теория расчета обечаек.

38. Работа разъемных соединений при повышенных температурах. Чем это опасно. Как учитывать при расчетах.

39. Принципы и порядок расчета колонных аппаратов на ветровую нагрузку.

40. Виды испытаний сосудов, работающих под давлением.