

Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых  
производств»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине

*«Б.1.2.17 Расчет и конструирование машин и аппаратов»*

*«15.03.02 «Технологические машины и оборудование»*

Профиль: «Оборудование химических и нефтегазовых производств»

форма обучения – заочная

курс – 4

семестр – 7

зачетных единиц – 5

часов в неделю – 5

всего часов – 180,

в том числе:

лекции – 8

практические занятия – 6

лабораторные занятия – 2

самостоятельная работа – 164

зачет – не предусмотрен

экзамен – 7 семестр

РГР – не предусмотрена

курсовая работа – не предусмотрена

курсовой проект – не предусмотрен

Рабочая программа обсуждена на заседании  
кафедры ТОХП

20.06.2022 года, протокол №10

Зав. кафедрой Левкина Н.Л.Левкина

Рабочая программа утверждена

на заседании УМКН направления

27.06.2022 года, протокол №5

Председатель УМКН Левкина Н.Л.Левкина

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Учебная дисциплина «Расчет и конструирование машин и аппаратов» реализует требования федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование».

Целью преподавания дисциплины «Б.1.2.17 Расчет и конструирование машин и аппаратов» является формирование у студентов системы научных, методологических и практических знаний, необходимых будущим бакалаврам техники и технологии для разработки нового или совершенствования действующего технологического оборудования, с учетом новых достижений науки и техники, зарубежного опыта, экологических проблем.

Задачи дисциплины направлены на:

1.1. формирование системы научных, методологических и практических знаний, необходимых будущим специалистам при изучении расчета и конструирования машин и аппаратов, для их совершенствования или создания новых;

1.2. формирование способности творческого мышления студента как будущего создателя высокоэффективного технологического оборудования;

1.3. развитие у студентов профессионального мышления, чтобы будущий бакалавр смог переносить общие методы научной работы в работу по специальности;

1.4. привитие студентам навыков в области конструирования и расчета на прочность и жесткость типовых элементов и узлов оборудования, используемого в различных отраслях химических и нефтегазовых производств;

1.5. развитие у студентов умения сочетать теорию с практикой.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП ВО**

Дисциплина «Расчет и конструирование машин и аппаратов» относится к блоку Б.1.2 Вариативная часть. Указанная дисциплина основывается на знаниях и умениях, полученных при изучении дисциплин Б.1.1.6 «Физика», Б.1.1.10 «Теоретическая механика», Б.1.1.14 «Основы проектирования», Б.1.1.15 «Материаловедение», Б.1.1.17 «Электротехника и электроника», Б.1.1.19. «История науки и техники», Б.1.2.16 «Теплотехника», а также параллельно изучаемой дисциплины – Б.1.3.5.1 Основы автоматизированного проектирования.

Необходимым условием для освоения дисциплины является владение целостной системой знаний, формирующих физическую картину окружающего нас материального мира.

Знания, приобретенные в курсе «Расчет и конструирование машин и аппаратов» могут быть использованы в дисциплинах Б.1.2.13 «Оборудование химических и нефтегазовых производств», Б.1.3.9.2 «Надежность машин и

аппаратов», а также в дальнейшем при выполнении программы подготовки, при научно-исследовательской работе, а также в профессиональной деятельности.

### **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

1. способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);
2. способность принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования (ПК-5).

Студент должен знать:

- принципиальное различие между машиной и аппаратом; основные требования, предъявляемые к конструкциям машин и аппаратов; стадии проектирования технологических аппаратов;

- основы методологии и общие принципы конструирования технологического оборудования;

- металлические и неметаллические конструкционные материалы, применяемые для изготовления отраслевого оборудования, свойства и общую характеристику этих материалов, динамику изменения свойств материалов при низких и высоких температурах, критерии выбора конструкционных материалов для изготовления машин и аппаратов;

- основы безмоментной теории расчета симметрично нагруженных тонкостенных оболочек вращения, условия существования без моментного напряженного состояния материала оболочек;

- нормативный расчет на прочность и устойчивость различных форм оболочек вращения, нагруженных внутренним или наружным давлением; условия потери продольной и поперечной устойчивости тонкостенными оболочками, пути их повышения; особенности расчета цилиндрических оболочек, подкрепленных кольцами жесткости; способы укрепления краев отверстий в тонкостенных оболочках, расчет укрепляющих элементов различных типов;

- особенности и характер краевых сил, деформаций и напряжений, причину и типовые случаи возникновения краевого эффекта; способ определения краевых силовых факторов; опасность краевого эффекта для различного рода конструкционных материалов; расчет узлов стыка оболочек с учетом краевого эффекта.

Студент должен уметь:

- выбирать конструкционный материал для изготовления отраслевого оборудования в зависимости от его технологических параметров (рабочей температуры, давления среды и ее физико-химических свойств);

- конструировать детали и узлы типового оборудования с учетом различных технологических условий его работы и в соответствии с действующими государственными стандартами, применяемыми при проектировании в области машин и аппаратов химических и нефтегазовых производств;

- выполнять расчеты на прочность, жесткость и устойчивость типовых элементов машин и аппаратов в соответствии с государственными стандартами, в том числе на ЭВМ с прикладными программными средствами.

Студент должен владеть:

- методами расчета на прочность, жесткость и устойчивость типовых элементов (узлов) технологического оборудования химических и нефтегазовых производств;

- практическими навыками конструирования типовых технологических машин и аппаратов с учетом условий их работ в соответствующих отраслевых производствах.

#### **4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий**

№ Модуля	№ Недел	№ Темы	Наименование темы	Часы					
				Всего	Лекции	Коллоквиумы	Лабораторные	Практические	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7 семестр									
1	1	1	Вводная часть	3	1	-	-	-	2
1	1-3	2	Основы методологии и общие принципы конструирования технологического оборудования.	27	1	-	-	-	26
1	3-4	3	Конструкционные материалы, применяемые для изготовления машин и аппаратов.	23	1	-	-	-	22
2	5	4	Основы безмоментной теории расчета оболочек.	27	1	-	-	-	26

3	6-10	5	Расчет тонкостенных оболочек, нагруженных внутренним давлением.	48	2	-	2	4	40
4	10-14	6	Расчет тонкостенных оболочек, нагруженных наружным давлением.	25	1	-	-	-	24
5	14-16	7	Расчет аппаратов с учетом краевого эффекта	27	1	-	-	2	24
Всего:				180	8	-	2	6	164

## 5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учено-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	1	1	<i>Вводная часть.</i> Предмет курса, его значение, связь с другими дисциплинами. Терминология: машина и аппарат, машинный и аппаратный процессы. Стадии расчета аппаратов. Требования к машинам и аппаратам. Литература по дисциплине.	[1, 2, 3, 4, 5]
2	1	1	<i>Основы методологии и общие принципы конструирования технологического оборудования.</i> Общие принципы конструирования оборудования. Методы прогнозирования конструкций машин и аппаратов. Вопросы оптимизации при конструировании. Критерии оптимизации. Системный анализ. САПР. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Виды изделий и их структура. Виды конструкторских документов. Стадии разработки конструкторской документации. Вопросы унификации и нормализации элементов машин и аппаратов, Ряды диаметров, номинальных объемов, условных давлений, Рекомендации начинающему конструктору. Вибростойкость и виброзащита машин.	[1, 2, 5, 6]
3	1	2	<i>Конструкционные материалы, применяемые для изготовления машин и аппаратов.</i> Требования, предъявляемые к конструкционным материалам. Изменение физико-механических свойств материалов с увеличением (понижением) температуры. Особенности выбора конструкционных материалов для оборудования, работающего при минусовых температурах Хладоломкость сталей. Особенности выбора конструкционных материалов для оборудования, работающего при высоких температурах. Понятия синеломкости и краснеломкости, ползучести, длительной прочности,	[1, 2, 5, 6]

			<p>релаксации напряжений. Случаи отрицательного проявления релаксации напряжений, меры к ее снижению. Общая характеристика сталей и их применение в машино- и аппаратостроении: углеродистая сталь обыкновенного качества, качественная (конструкционная) сталь, листовой и сортовой прокат, двуслойный прокат (биметалл), низко-, средне- и высоколегированные стали.</p> <p>Общая характеристика чугунов, цветных металлов, их сплавов, пластмасс и других неметаллических материалов, их применение в машино- и аппаратостроении.</p>	
4	1	2	<p><i>Основы безмоментной теории расчета оболочек.</i></p> <p>Тонкостенные оболочки. Область их применения. Внутренние силы и моменты, возникающие в тонкостенных оболочках под воздействием избыточного давления. Оболочки вращения. Основные понятия, определения и соотношения. Допущения Лява - Кирхгофа. Уравнения равновесия оболочек вращения. Уравнение равновесия элемента оболочки (уравнение Лапласа) и уравнение равновесия зоны оболочки. Напряжения и напряженное состояние материала тонкостенной оболочки при ее осесимметричном нагружении. Условия существования безмоментного напряженного состояния материала оболочек.</p> <p>Деформации и перемещения в оболочках вращения. Правила знаков для внутренних силовых факторов, линейных и угловых перемещений. Общие основные уравнения безмоментной теории тонкостенных оболочек. Примеры приложения уравнений безмоментной теории к основным формам оболочек вращения (цилиндр, конус, сфера), нагруженным газовым или гидростатическим давлением жидкости.</p>	[1, 2, 4, 5]
5	2	3	<p><i>Расчет тонкостенных оболочек, нагруженных внутренним давлением.</i></p> <p>Теории прочности, их практическое применение. Условия прочности. Общие подходы к определению толщины стенки тонкостенных оболочек. Расчет цилиндрических оболочек на прочность по ГОСТ 14249-89 "Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность". Рабочее и расчетное давление.</p> <p>Определение величины допускаемых напряжений, учет влияния сварных швов. Виды швов, коэффициент прочности сварного шва. Конструкционная прибавка к толщине стенки оболочки, ее слагаемые.</p> <p>Гидро – и пневмоиспытание аппаратов, их назначение. Пробное давление гидроиспытания. Расчет на прочность при гидроиспытании аппарата.</p>	[1, 2, 4, 5, 6]

			<p>Учет собственного веса при расчете горизонтально расположенного аппарата.</p> <p>Типы крышек и днищ аппаратов, их применение.</p> <p>Нормативный (по ГОСТ 14249-89) расчет полушаровых, сферических, торосферических, тарельчатых, плоских и эллиптических днищ на прочность.</p> <p>Конические днища и переходы. Конструктивные разновидности конических днищ, их нормативный расчет на прочность.</p>	
6	1	4	<p><i>Расчет тонкостенных оболочек, нагруженных наружным давлением.</i></p> <p>Особенности расчета сосудов, работающих под воздействием сжимающих нагрузок. Понятие об устойчивости оболочек. Критическое давление. Расчетная и критическая длина цилиндра.</p> <p>Короткие и длинные цилиндры. Особенности потери устойчивости для длинных и коротких цилиндров. Определение критического давления для длинных и коротких цилиндров. Формулы Бресса и Мизеса.</p> <p>Коэффициент запаса устойчивости; факторы, влияющие на его величину. Кольца жесткости, их назначение, конструкции' и расчет на прочность. Методика расчета тонкостенных цилиндров, нагруженных наружным давлением по ГОСТ 14249-89.</p> <p>Учет добавочных нагрузок (сжимающих и изгибающих), действующих на вертикально расположенный аппарат. Устойчивость днищ различной формы.</p>	[1, 2, 4, 5, 6]
7	1	4	<p><i>Расчет аппаратов с учетом краевого эффекта.</i></p> <p>Краевой эффект. Физический смысл, причина и типовые случаи возникновения краевого эффекта. Распорная сила. Особенности краевых напряжений. Правила знаков для краевых силовых факторов, радиальных и угловых перемещений.</p> <p>Определение краевых силовых факторов. Уравнения совместности радиальных и угловых перемещений (деформаций) краев сопрягаемых элементов, их частные упрощения. Действительная и эквивалентная ей расчетная схема узла стыка сопрягаемых элементов.</p> <p>Краевая задача. Примеры ее решения для основных форм оболочек вращения (цилиндр, сфера, конус). Напряжения при краевом эффекте , его опасность. Меры к снижению краевых напряжений.</p>	[1, 2, 4, 5, 6]

## 6. Содержание коллоквиумов

Коллоквиумы программой и учебным планом не предусмотрены.

## 7. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	№ занятия	Тема практического занятия. Задания, вопросы, отработываемые на практическом занятии	Учено-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
5	4	1, 2	Определение толщины стенки цилиндрической, сферической, конической оболочки и плоского днища. Необходимость укрепления краев отверстий в тонкостенных оболочках. Изучение методики расчета укрепления отверстий. Способы укрепления краев отверстий. Основные типовые конструкции узлов укрепления отверстий. Числовые параметры укрепляющих элементов. Численный расчет элементов укрепления отверстия с помощью ЭВМ.	[1, 2, 3, 5, 6, 9]
7	2	3	Отработка методики составления эквивалентной расчетной схемы узла сопряжения оболочек вращения, на конкретных практических примерах. Численный расчет краевых силовых факторов.	[1, 2, 3, 4, 5, 6]

## 8. Перечень лабораторных работ

№ темы	Всего часов	Наименование лабораторной работы. Задания, вопросы, отработываемые на лабораторном занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
5	2	Исследование напряжений в цилиндрическом сосуде с коническим днищем и плоской крышкой, нагруженном внутренним давлением (виртуальная УИЛР): ознакомление студентов со схемой лабораторной установки и методикой выполнения работы; сравнение полученных экспериментальных и теоретических данных по величинам деформаций стенки сосуда и вызвавшим их напряжениям; подготовка выводов по итогам выполнения лабораторной работы.	[11]

## 9. Задания для самостоятельной работы студентов

Текущая самостоятельная работа студентов (СРС) по дисциплине «Расчет и конструирование машин и аппаратов», направленная на углубление и закрепление знаний студента, на развитие практических умений, включает в себя следующие виды работ:

- работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по темам, вынесенным на



- самостоятельную проработку;
- подготовка к практическим, лабораторным занятиям и экзамену.

№ темы	Всего Часов	Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания)	Учено-методическое обеспечение
1	2	3	4
1, 2	28	Подготовка к рубежному контролю по теме №1,2 Ознакомление с ГОСТами на конструкторскую документацию: ГОСТ 2.101-2016 на виды изделий и их структуру; ГОСТ 2.102-2016 на виды конструкторских документов; ГОСТ 2.103-2016 на стадии разработки конструкторской документации.	[1, 2, 3, 4]
3	22	Подготовка к рубежному контролю по теме №3 Ознакомление с ГОСТами на конструкционные материалы: ГОСТ 380-2005 на углеродистые стали обыкновенного качества; ГОСТ 1050-2013 на углеродистые качественные стали; ГОСТ 19283-73 на низколегированные стали; ГОСТ 5632-2014 на высоколегированные стали; ГОСТ 10885-85 на двухслойный листовой прокат; ГОСТ 1412-85 на серые чугуны.	[1, 2, 5, 6]
4	26	Подготовка к рубежному контролю по теме № 4: Усвоение основных понятий и определений безмоментной теории оболочек, метода получения уравнений равновесия оболочек вращения, а также уравнений, описывающих деформации и перемещения точек (сечений) оболочек под воздействием нагрузки. Изучение примеров приложения уравнений безмоментной теории к основным формам оболочек вращения.	[1, 2, 5, 6, 9, 10]
5	10	Пластинки и быстровращающиеся диски: понятие о пластинках и дисках. Их форма, нагрузка. Напряжение и напряженное состояние материала в пластинках и дисках. Расчет симметрично нагруженных круглых пластин.	[1, 2, 5, 6, 12]
5	10	Разъемные соединения в аппаратостроении: фланцевые соединения, требования к ним. Условный проход и условное давление, присоединительные размеры фланца. Классификация фланцев: цельные и свободные фланцы, формы привалочных поверхностей фланцев. Прокладки и прокладочные материалы, требования к ним. Теоретические основы расчета фланцев. Бесфланцевые разъемные соединения, их конструкции и применение.	[1, 2, 3, 5, 6]
5	10	Составление расчета фланцевых соединений с	[1, 2, 3, 5, 6]

		применением ЭВМ.	
5	10	Подготовка к рубежному контролю по теме № 5. Ознакомление с ГОСТ 14249-89 "Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность" в части расчета оболочек, нагруженных внутренним давлением: выбор величины коэффициента прочности сварного шва, определение допускаемых напряжений, в том числе - для материалов не указанных в таблицах ГОСТ 14249-89, усвоение нормативных методов расчета основных форм оболочек, работающих под внутренним давлением. Усвоение методика расчета узлов укрепления краев отверстий в тонкостенных оболочках.	[1, 2, 3, 4, 5, 6, 9]
6	26	Подготовка к рубежному контролю по теме № 6. Ознакомление с ГОСТ 14249-89 "Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность" в части расчета оболочек, нагруженных наружным давлением: усвоение понятия "Расчетная длина аппарата", ознакомление с расчетом допускаемого давления, исходя из условия прочности и условия обеспечения устойчивости цилиндрической обечайки, расчетом гладких аппаратов и аппаратов, подкрепленных кольцами жесткости, а также с расчетом оболочек на критическое состояние при действии дополнительных нагрузок (снимающих и изгибающих).	[1, 2, 3, 4, 5, 6, 8]
7	26	Подготовка к рубежному контролю по теме № "7: Усвоение понятия "краевой эффект", его причины и следствие, типовых "случаев" возникновения краевого эффекта. Ознакомление с методом определения краевых силовых факторов, со способом составления эквивалентных расчетных схем узла стыка сопрягаемых элементов, а также с результатами решения краевой задачи для основных форм оболочек вращения (цилиндр, сфера, конус). Усвоение мер к снижению краевых напряжений.	[1, 2, 4, 5, 6]

### **10. Расчетно-графическая работа**

Расчетно-графическая работа не предусмотрена учебным планом.

### **11. Курсовая работа**

Курсовая работа не предусмотрена учебным планом.

### **12. Курсовой проект**

Курсовой проект не предусмотрен учебным планом.

### 13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В процессе освоения образовательной программы у обучающегося в ходе изучения дисциплины «Расчет и конструирование машин и аппаратов» должны быть сформированы общекультурная и профессиональная компетенции ОК-7, ПК-5.

#### Уровни освоения компетенции

Индекс ОК-7	Формулировка: Способность к самоорганизации и самообразованию		
Ступени уровней освоения компетенции	Отличительные признаки	Технологии формирования	Средства и технологии оценки
Пороговый (удовлетворительный)	<p>Знает: принципиальное различие между машиной и аппаратом; основные требования, предъявляемые к конструкциям машин и аппаратов; стадии проектирования технологических аппаратов.</p> <p>Умеет: выбирать конструкционный материал для изготовления отраслевого оборудования в зависимости от его технологических параметров (рабочей температуры, давления среды и ее физико-химических свойств).</p> <p>Владеет: с пробелами методами расчета на прочность, жесткость и устойчивость типовых элементов (узлов) технологического оборудования химических и нефтегазовых производств.</p>	Лекции, практические занятия, лабораторные работы	<p>Практические и лабораторные работы выполнены с небольшими замечаниями, имелись затруднения при ответе на дополнительные вопросы;</p> <p>не вполне законченные выводы в ответе на вопросы на экзамене</p>

<p>Продвинутый (хорошо)</p>	<p>Знает: принципиальное различие между машиной и аппаратом; основные требования, предъявляемые к конструкциям машин и аппаратов; стадии проектирования технологических аппаратов; основы методологии и общие принципы конструирования технологического оборудования.</p> <p>Умеет: выбирать конструкционный материал для изготовления отраслевого оборудования в зависимости от его технологических параметров (рабочей температуры, давления среды и ее физико-химических свойств).</p> <p>Владеет: методами расчета на прочность, жесткость и устойчивость типовых элементов (узлов) технологического оборудования химических и нефтегазовых производств.</p>		<p>Практические и лабораторные работы выполнены с небольшими замечаниями, имелись небольшие неточности при ответе на дополнительные вопросы; имеются негрубые ошибки или неточности при ответе на вопросы на экзамене</p>
<p>Высокий (отлично)</p>	<p>Знает: принципиальное различие между машиной и аппаратом; основные требования, предъявляемые к конструкциям машин и аппаратов; стадии проектирования технологических аппаратов; основы методологии и общие принципы конструирования технологического оборудования;</p>		<p>Практические и лабораторные работы выполнены без замечаний, студент свободно отвечает на дополнительные вопросы; студент умеет оперировать специальными терминами, использует в ответе дополнительный материал,</p>

	<p>металлические и неметаллические конструкционные материалы, применяемые для изготовления отраслевого оборудования, свойства и общую характеристику этих материалов, динамику изменения свойств материалов при низких и высоких температурах, критерии выбора конструкционных материалов для изготовления машин и аппаратов.</p> <p>Умеет: выбирать конструкционный материал для изготовления отраслевого оборудования в зависимости от его технологических параметров (рабочей температуры, давления среды и ее физико-химических свойств).</p> <p>Владеет: в полной мере методами расчета на прочность, жесткость и устойчивость типовых элементов (узлов) технологического оборудования химических и нефтегазовых производств.</p>		<p>иллюстрирует теоретические положения практическими примерами при ответе на вопросы на экзамене</p>
--	--	--	---

<p>Индекс ПК-5</p>	<p>Формулировка: Способность принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования</p>
--------------------	---

<p>Ступени уровней освоения компетенции</p>	<p>Отличительные признаки</p>	<p>Технологии формирования</p>	<p>Средства и технологии оценки</p>
<p>Пороговый</p>	<p>Знает: основы</p>	<p>Лекции,</p>	<p>Практические и</p>

(удовлетворительный)	<p>безмоментной теории расчета симметрично нагруженных тонкостенных оболочек вращения, условия существования без моментного напряженного состояния материала оболочек.</p> <p>Умеет: выполнять расчеты на прочность, жесткость и устойчивость типовых элементов машин и аппаратов в соответствии государственными стандартами, в том числе на ЭВМ с прикладными программными средствами.</p> <p>Владеет: с пробелами практическими навыками конструирования типовых технологических машин и аппаратов с учетом условий их работ в соответствующих отраслевых производствах.</p>	<p>практические занятия, лабораторные работы</p>	<p>лабораторные работы выполнены с небольшими замечаниями, имелись затруднения при ответе на дополнительные вопросы; не вполне законченные выводы в ответе на вопросы на экзамене</p>
Продвинутый (хорошо)	<p>Знает: основы безмоментной теории расчета симметрично нагруженных тонкостенных оболочек вращения, условия существования без моментного напряженного состояния материала оболочек; нормативный расчет на прочность и устойчивость различных форм оболочек вращения, нагруженных внутренним или наружным давлением; условия потери продольной и поперечной устойчивости тонкостенными</p>		<p>Практические и лабораторные работы выполнены с небольшими замечаниями, имелись небольшие неточности при ответе на дополнительные вопросы; имеются негрубые ошибки или неточности при ответе на вопросы на экзамене</p>

	<p>оболочками, пути их повышения; особенности расчета цилиндрических оболочек, подкрепленных кольцами жесткости; способы укрепления краев отверстий в тонкостенных оболочках, расчет укрепляющих элементов различных типов.</p> <p>Умеет: конструировать детали и узлы типового оборудования с учетом различных технологических условий его работы и в соответствии с действующими государственными стандартами, применяемыми при проектировании в области машин и аппаратов химических и нефтегазовых производств; выполнять расчеты на прочность, жесткость и устойчивость типовых элементов машин и аппаратов в соответствии государственными стандартами, в том числе на ЭВМ с прикладными программными средствами.</p> <p>Владеет: практическими навыками конструирования типовых технологических машин и аппаратов с учетом условий их работ в соответствующих отраслевых производствах.</p>		
<p>Высокий (отлично)</p>	<p>Знает: основы безмоментной теории расчета симметрично нагруженных</p>		<p>Практические и лабораторные работы выполнены без замечаний,</p>

	<p>тонкостенных оболочек вращения, условия существования без моментного напряженного состояния материала оболочек; нормативный расчет на прочность и устойчивость различных форм оболочек вращения, нагруженных внутренним или наружным давлением; условия потери продольной и поперечной устойчивости тонкостенными оболочками, пути их повышения; особенности расчета цилиндрических оболочек, подкрепленных кольцами жесткости; способы укрепления краев отверстий в тонкостенных оболочках, расчет укрепляющих элементов различных типов; особенности и характер краевых сил, деформаций и напряжений, причину и типовые случаи возникновения краевого эффекта; способ определения краевых силовых факторов; опасность краевого эффекта для различного рода конструкционных материалов; расчет узлов стыка оболочек с учетом краевого эффекта.</p> <p>Умеет: конструировать детали и узлы типового оборудования с учетом различных технологических условий его работы и в соответствии с</p>	<p>студент свободно отвечает на дополнительные вопросы; студент умеет оперировать специальными терминами, использует в ответе дополнительный материал, иллюстрирует теоретические положения практическими примерами при ответе на вопросы на экзамене</p>
--	--	---



	<p>действующими государственными стандартами, применяемыми при проектировании в области машин и аппаратов химических и нефтегазовых производств; выполнять расчеты на прочность, жесткость и устойчивость типовых элементов машин и аппаратов в соответствии с государственными стандартами, в том числе на ЭВМ с прикладными программными средствами.</p> <p>Владеет: в полной мере практическими навыками конструирования типовых технологических машин и аппаратов с учетом условий их работ в соответствующих отраслевых производствах.</p>		
--	---	--	--

Практические и лабораторные работы считаются успешно выполненными в случае предоставления в конце занятий, отведенных на выполнение этой работы, отчета, включающего тему, ход работы, соответствующие расчеты, рисунки и подписи (при наличии), и ответе на вопросы (защите) по теме работы. Шкала оценивания – «зачтено» / «не зачтено». «Зачтено» за практическую/лабораторную работу ставится в случае, если она полностью и правильно выполнена, и при этом обучающимся показано свободное владение материалом по дисциплине. «Не зачтено» ставится в случае, если работа выполнена неверно и/или не полностью, и она возвращается студенту на доработку, а затем вновь сдаётся на проверку преподавателю.

Самостоятельная работа считается успешно выполненной в случае предоставления отчета по каждой теме. Задание для отчета соответствует пункту 9 рабочей программы. Оценивание отчетов проводится по принципу «зачтено» / «не зачтено». «Зачтено» выставляется в случае, если отчет оформлен в соответствии с критериями:

- правильность оформления отчета (титульная страница, оглавление и оформление источников);
- уровень раскрытия темы отчета / проработанность темы;

- структурированность материала;
- количество использованных литературных источников.

В случае если какой-либо из критериев не выполнен, отчет возвращается на доработку.

К экзамену по дисциплине обучающиеся допускаются при:

- предоставлении и защите отчетов по всем практическим занятиям;
- предоставлении и защите отчетов по всем лабораторным работам.

Экзамен сдается по билетам, в которых представлено 2 теоретических вопроса из перечня «Вопросы для экзамена». Оценивание проводится по принципу «отлично» / «хорошо» / «удовлетворительно» / «неудовлетворительно».

«Отлично» ставится при правильном, полном и логично построенном ответе, умении оперировать специальными терминами, использовании в ответе дополнительного материала, иллюстрировании теоретического положения практическим материалом. «Хорошо» ставится, если при ответе имеются негрубые ошибки или неточности. В случае затруднения в использовании практического материала и не вполне законченных выводов или обобщений в ответе, ставится оценка «удовлетворительно».

«Неудовлетворительно» ставится при схематичном неполном ответе и неумении оперировать специальными терминами или их незнании.

### **Вопросы для зачета**

Зачет не предусмотрен учебным планом.

### **Вопросы для экзамена**

1. Машина, аппарат. Принципиальное различие между ними. Машинный и аппаратный технологические процессы. Примеры машин и аппаратов.

2. Стадии расчета аппаратов. Основные задачи, решаемые на каждой стадии.

3. Основные требования, предъявляемые к машинам и аппаратам. Нормализация и унификация узлов машин и аппаратов.

4. Основные требования, предъявляемые к конструкционным материалам, используемым для изготовления технологического оборудования.

5. Особенности выбора конструкционных материалов, используемых в оборудовании, работающем при минусовых температурах.

6. Особенности выбора конструкционных материалов, используемых в оборудовании, работающем при высоких температурах.

7. Общая характеристика металлических конструкционных материалов (сталей, чугунов, цветных металлов). Примеры их использования в технологическом оборудовании.

8. Общая характеристика неметаллических конструкционных материалов. Примеры их использования в технологическом оборудовании.

9. Пути снижения расхода конструкционных материалов.
10. Вопросы оптимизации при конструировании. Критерии оптимальности. САПР.
11. Конструкторская документация. ЕСКД. Виды конструкторских документов. Виды изделий, их структура.
12. Стадии разработки конструкторской документации (техническое задание – техническое предложение – эскизный проект – технический проект – рабочий проект).
13. Тонкостенные и толстостенные оболочки, примеры их применения. Условие тонкостенности оболочки. Мембрана. Напряжения и напряженное состояние материала в тонкостенных и толстостенных оболочках.
14. Оболочки вращения. Основные понятия, определения и соотношения.
15. Схема сил и моментов, действующих на элемент тонкостенной оболочки. Направления их действия, правила знаков.
16. Общие принципы составления уравнений равновесия безмоментной теории оболочек. Гипотезы Лява – Кирхгофа. Уравнения равновесия элемента оболочки (Лапласа) и зоны оболочки.
17. Безмоментная оболочка. Условия существования безмоментного напряженного состояния.
18. Деформации элемента оболочки. Правила знаков для линейных и угловых перемещений. Меридиональные и кольцевые удлинения элемента.
19. Меридиональная и кольцевая кривизны оболочки. Гауссова кривизна поверхности оболочки. Классификация форм и поверхностей оболочки.
20. Применение общих уравнений безмоментной теории к определению сил  $S$  и  $T$  и перемещений  $\Delta$  и  $\Theta$  в цилиндрической оболочке, нагруженной газовым давлением.
21. Теории прочности, их практическое применение. Условия прочности.
22. Коэффициент прочности сварного шва ( $Y$ ). Виды сварных швов. Разделка кромок под сварку.
23. Конструкционная прибавка ( $C$ ), её слагаемое, их определение.
24. Нормативный расчёт тонкостенных цилиндров нагруженных внутренним давлением.
25. Расчетное и рабочее давление. Гидро- и пневмоиспытания аппаратов. Условие прочности при гидроиспытании.
26. Расчет напряжений изгиба от действия собственного веса в горизонтально расположенных аппаратах. Расчетная схема, опоры изгибающих моментов.
27. Расчет выпуклых днищ (полушаровых, торосферических, эллиптических). Их применение.
28. Конструктивные разновидности конических днищ. Конфузоры и диффузоры (конические переходы). Их применение и расчет.
29. Расчет плоских и тарельчатых днищ. Их применение.

30. Ослабление оболочек отверстиями. Способы укрепления краёв отверстий. Основные типовые конструкции узлов укрепления.
31. Общие принципы расчёта узлов укрепления отверстий.
32. Цель и последовательность расчета вертикальных аппаратов колонного типа на ветровую нагрузку. Расчётная схема. Ветровой изгибающий момент.
33. Понятие об устойчивости тонкостенных оболочек. Критическое давление. Практические примеры необходимости расчета оболочек на устойчивость.
34. Расчет длинных цилиндров на устойчивость. Формула Бресса, условия её применения.
35. Расчет коротких цилиндров на устойчивость. Формула Мизеса, условия её применения.
36. Критическая и расчетная длина цилиндров.
37. Конструкции и расчет колец жесткости. Требования к ним.
38. Основы нормативного метода расчета цилиндрических обечаек на устойчивость.
39. Влияние добавочных нагрузок (изгибающих, осевых сжимающих) на устойчивость аппарата.
40. Краевой эффект. Причина и типовые случаи его возникновения. Распорная сила.
41. Характерные особенности краевых напряжений.
42. Определение краевых силовых факторов  $P_o$  и  $M_o$  (действительная и эквивалентная расчетные схемы, уравнения совместности радиальных и угловых деформаций). Правила знаков для сил и деформаций. Частные упрощения уравнений совместности деформаций.
43. Напряжения при краевом эффекте, его опасность, меры к снижению негативного воздействия краевого эффекта.
44. Пластины и диски. Формы пластин и дисков. Их сходства и различия. Примеры пластин и дисков. Напряжения и напряженное состояние материала пластин и дисков.
45. Классификация фланцев. Их конструкции и применение. Присоединительные размеры фланца. Понятия условного прохода и условного давления.
46. Требования к фланцевым соединениям. Основные формы привалочных поверхностей фланцев, их применение.
47. Прокладки и прокладочные материалы для фланцевых соединений, их применение.
48. Бесфланцевые разъемные соединения, их практическое применение.

#### **14. Образовательные технологии**

Реализация компетентного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм

проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

В учебном процессе при изучении дисциплины используются следующие формы проведения занятий:

- лекции с изложением определений основных понятий, изучаемых в рамках дисциплины, подробным описанием и доказательством наиболее важных свойств этих понятий и их взаимосвязей друг с другом;
- практические и лабораторные занятия с подробным изучением основных свойств понятий, изучаемых в рамках дисциплины, выяснением их взаимосвязей друг с другом в примерах и практических задачах;
- индивидуальные и коллективные консультации с активным участием обучающихся по наиболее сложным частям теоретического материала дисциплины;
- самостоятельная работа по выполнению заданий по основным разделам дисциплины.

## **15. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств. Практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.Н. Остриков [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2014.— 200 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47446>

2. Мефодьев М.Н. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов перерабатывающих производств: курс лекций / Мефодьев М.Н., Мезенов А.А. — Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2011. — 109 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/64755.html>

3. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств. Практикум: учебное пособие/ А.Н. Остриков [и др.]. — Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2014. — 200 с. — ISBN 978-5-00032-052-5. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/47446.html>

4. <http://techn.sstu.ru/new/SubjectFGOS/Default.aspx?kod=352>

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

5. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств. Учебник для вузов. / под ред. Острикова А.Н.– 2-е изд. перераб. И доп. – СПб.: Изд. РАПП, 2009. – 408с. Экземпляры всего:4

6. Виноградов, С.Н., Таранцев, К.В. Конструирование и расчет элементов тонкостенных сосудов: Учебное пособие. - Пенза: Изд-во ПГУ, 2004. - 136 с. Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/878/36878/files/stup104.pdf>

7. ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. – М.: Изд. Стандартов, 1989. Введ. 01.07.89. – 62с. Режим доступа: [http://standartgost.ru/g/ГОСТ\\_14249-89](http://standartgost.ru/g/ГОСТ_14249-89)

8. ГОСТ Р 51273-99. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Определение расчетных усилий для аппаратов колонного типа от ветровых нагрузок и сейсмических воздействий– М.: Госстандарт России, 1999. Введ. 06.05.99. – 11с. Режим доступа: [http://standartgost.ru/g/ГОСТ\\_P\\_51273-99](http://standartgost.ru/g/ГОСТ_P_51273-99)

9. ГОСТ Р 51274-99. Сосуды и аппараты. Аппараты колонного типа. Нормы и методы расчета на прочность.– М.: Госстандарт России, 1999. Введ. 06.05.99. – 11с. Режим доступа: [http://standartgost.ru/g/ГОСТ\\_P\\_51274-99](http://standartgost.ru/g/ГОСТ_P_51274-99)

10. ГОСТ 24755-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность укрепления отверстий.– М.: Изд. Стандартов, 1989. Введ. 01.01.90. – 33с. Режим доступа: [http://standartgost.ru/g/ГОСТ\\_24755-89](http://standartgost.ru/g/ГОСТ_24755-89)

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

11. Никитин А.И., Забрудский В.Т., Шнайдер М.Г. «Лабораторный практикум»: Методические указания к лабораторным работам по курсу «Расчет и конструирование машин и аппаратов» для студентов направлений 15.03.02 Технологические машины и оборудование и 21.03.01 Нефтегазовое дело. - Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2021. – 36 с. Экземпляры всего:30

12. Никитин А.И., Шнайдер М.Г. «Расчет круглых сплошных и кольцевых пластин, нагруженных симметрично». Методические указания к выполнению практической работы. - Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2021. – 11 с. Режим доступа: <http://techn.sstu.ru/new/SubjectFGOS/InsertStatistika.aspx?IdResurs=24118&rashirenie=pdf>

## ПРОГРАМНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Институт имеет операционные системы Windows, стандартные офисные программы, электронные версии учебников, пособий, методических разработок, указаний и рекомендаций по всем видам учебной работы, предусмотренных рабочей программой, находящиеся в свободном доступе для студентов, обучающихся в вузе.

Комплект мультимедийных приложений к лекциям.

Виртуальная лабораторная работа «Исследование напряжений в цилиндрическом сосуде с коническим днищем и плоской крышкой, нагруженном внутренним давлением».

На кафедре разработан пакет программного обеспечения расчета силовых факторов и конструктивных элементов на ЭВМ, который включает:

1. Расчет изгибающих ветровых моментов.
2. Расчет укрепления краев одиночных отверстий.
3. Расчет краевых сил и моментов в узлах сопряжения элементов тонкостенных сосудов, нагруженных газовым давлением.
4. Расчет устойчивости цилиндрических оболочек, нагруженных внешним давлением.
5. Расчет критических скоростей вала ротора центрифуги.
6. Расчет цельных фланцевых соединений.

## ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

Единое окно доступа к образовательным ресурсам <http://window.edu.ru/>

Сайт компании АСКОН <http://www.ascon.ru>

Форум пользователей ПО АСКОН <http://forum.ascon.ru/>

Сайт научно-технического центра АПМ <http://www.apm.ru/rus/>

Система трехмерного моделирования КОМПАС-3D <http://kompas.ru/>

## ИСТОЧНИКИ ИОС

<http://techn.sstu.ru>

### 16. Материально-техническое обеспечение

#### **Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа**

Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 10 столов, 20 стульев; рабочее место преподавателя; доска для написания мелом

Мобильная мультимедийная аппаратура (ноутбук, проектор, экран), раздаточный материал: карты, схемы, таблицы

**Учебная аудитория для проведения занятий лабораторного и практического типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций.**

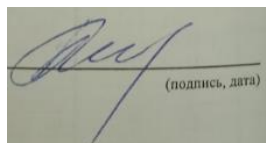
Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 10 столов, 20 стульев; рабочее место преподавателя; доска для написания мелом

Укомплектована лабораторными стендами для выполнения лабораторных работ:

- Определение показателя адиабаты для воздуха;

- Теплоотдача горизонтальной трубы при свободном движении воздуха;
- Определение теплоемкости воздуха;
- Исследование работы воздушного компрессора;
- Исследование работы холодильной машины;
- Изучение параметров влажного воздуха.

Рабочую программу составил



(подпись, дата)

/ М.Г. Шнайдер/



Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /В.Н. Целуйкин/

Внесенные изменения утверждены на заседании

УМКС/УМКН

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_

Председатель УМКН \_\_\_\_\_ / В.Н. Целуйкин /