

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.1.1.30 «Расчет и конструирование машин и аппаратов»

направления подготовки

15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Профиль 2 «Оборудование химических и нефтегазовых производств»

Формы обучения: очная; заочная

Объем дисциплины:

в зачетных единицах: 5 з.е.

в академических часах: 180 ак.ч.

Рабочая программа по дисциплине «Расчет и конструирование машин и аппаратов» направления подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», утвержденным приказом Минобрнауки России от 9 августа 2021 г. № 728.

Рабочая программа:

**обсуждена и рекомендована** к утверждению решением кафедры Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых производств от «06» июня 2024 г., протокол № 13.

Заведующий кафедрой Левкина /Н.Л. Левкина/

**одобрена** на заседании УМКН от «14» июня 2024 г., 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 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 ОПОП ВО**

Дисциплина «Расчет и конструирование машин и аппаратов» относится к обязательной части учебного плана Блока 1 «Дисциплины (модули)».

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

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

ОПК-5 Способен работать с нормативно-технической документацией, связанной с профессиональной деятельностью, с учетом стандартов, норм и правил.

ОПК-9 Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции (составляющей компетенции)	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ОПК-5. Способен работать с нормативно-технической документацией, связанной с профессиональной деятельностью, с учетом стандартов, норм и правил	ИД-4 <sub>ОПК-5</sub> Способен использовать нормативно-техническую документацию для разработки нового или совершенствования действующего технологического оборудования, с учетом новых достижений науки и техники, зарубежного опыта, стандартов, норм и правил	<p><b>знать:</b> основы методологии и общие принципы конструирования технологического оборудования;</p> <p><b>уметь:</b> выбирать конструкционный материал для изготовления отраслевого оборудования в зависимости от его технологических параметров (рабочей температуры, давления среды и ее физико-химических свойств);</p> <p><b>владеть:</b> методами расчета на прочность, жесткость и устойчивость типовых элементов (узлов) технологического оборудования химических и нефтегазовых производств.</p>
ОПК-9. Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование	ИД-4 <sub>ОПК-9</sub> Способен разрабатывать новое или совершенствовать действующее технологическое оборудование, с учетом новых достижений науки и техники, зарубежного опыта	<p><b>знать:</b> основные требования, предъявляемые к конструкциям машин и аппаратов; стадии проектирования технологических аппаратов; 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</p>

Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции (составляющей компетенции)	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
		<p>продольной и поперечной устойчивости тонкостенными оболочками, пути их повышения; особенности расчета цилиндрических оболочек, подкреплённых 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><b>уметь:</b> 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><b>владеть:</b> практическими навыками конструирования типовых технологических машин и аппаратов с учетом условий их работ в соответствующих отраслевых производствах.</p>

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы очная форма обучения

Вид учебной деятельности	акад. часов	
	Всего	по семестрам
		7 сем.
1. Аудиторные занятия, часов всего, в том числе:	64	64
• занятия лекционного типа,	32	32
• занятия семинарского типа:		
практические занятия	32	32
лабораторные занятия		
в том числе занятия в форме практической подготовки		
2. Самостоятельная работа студентов, всего	116	116
– курсовая работа (проект)	–	–
3. Промежуточная аттестация: <i>экзамен, зачет с оценкой, зачет</i>		экзамен
Объем дисциплины в зачетных единицах	5	5
Объем дисциплины в акад. часах	180	180

#### заочная форма обучения

Вид учебной деятельности	акад. часов	
	Всего	по семестрам
		8 сем.
1. Аудиторные занятия, часов всего, в том числе:	16	16
• занятия лекционного типа,	8	8
• занятия семинарского типа:		
практические занятия	8	8
лабораторные занятия		
в том числе занятия в форме практической подготовки		
2. Самостоятельная работа студентов, всего	164	164
– курсовая работа (проект)	–	–
– контрольная работа	+	+
3. Промежуточная аттестация: <i>экзамен, зачет с оценкой, зачет</i>		экзамен
Объем дисциплины в зачетных единицах	5	5
Объем дисциплины в акад. часах	180	180

#### 5. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием количества академических часов и видов учебных занятий

##### 5.1. Содержание дисциплины

##### Тема 1. Вводная часть.

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.

##### Тема 2. Основы методологии и общие принципы конструирования технологического оборудования.

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.

### **Тема 3. Конструкционные материалы, применяемые для изготовления машин и аппаратов.**

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 красноломкости, ползучести, длительной прочности, 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.

Общая характеристика чугунов, цветных металлов, их сплавов, пластмасс и других неметаллических материалов, их применение в машино- и аппаратостроении.

### **Тема 4. Основы безмоментной теории расчета оболочек.**

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.

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.

### **Тема 5. Расчет тонкостенных оболочек, нагруженных внутренним давлением.**

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.

Определение величины допускаемых напряжений, учет влияния сварных швов. Виды швов, коэффициент прочности сварного шва. Конструкционная прибавка к толщине стенки оболочки, ее слагаемые.

Гидро – и пневмоиспытание аппаратов, их назначение. Пробное давление гидроиспытания. Расчет на прочность при гидроиспытании аппарата. Учет собственного веса при расчете горизонтально расположенного аппарата.

Типы крышек и днищ аппаратов, их применение. Нормативный (по ГОСТ 14249-89) расчет полушаровых, сферических, торосферических, тарельчатых, плоских и эллиптических днищ на прочность.

Конические днища и переходы. Конструктивные разновидности конических днищ, их нормативный расчет на прочность.

**Тема 6. Расчет тонкостенных оболочек, нагруженных наружным давлением.**

Особенности расчета сосудов, работающих под воздействием сжимающих нагрузок. Понятие об устойчивости оболочек. Критическое давление. Расчетная и критическая длина цилиндра.

Короткие и длинные цилиндры. Особенности потери устойчивости для длинных и коротких цилиндров. Определение критического давления для длинных и коротких цилиндров. Формулы Бресса и Мизеса.

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.

Учет добавочных нагрузок (сжимающих и изгибающих), действующих на вертикально расположенный аппарат. Устойчивость днищ различной формы.

**Тема 7. Расчет аппаратов с учетом краевого эффекта.**

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.

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.

Краевая задача. Примеры ее решения для основных форм оболочек вращения (цилиндр, сфера, конус). Напряжения при краевом эффекте, его опасность. Меры к снижению краевых напряжений.

## 5.2. Разделы, темы дисциплины и виды занятий

### *очная форма обучения*

№ п/п	Виды занятий, включая самостоятельную работу студентов (в акад. часах)	Код индикатора
-------	--	----------------



	Наименование раздела, темы дисциплины	занятия лекционного типа	занятия семинарского типа / из них в форме практической подготовки	самостоятельная работа	достижения компетенции
1.	Тема 1. Вводная часть.	2		2	ИД-4ОПК-5 ИД-4ОПК-9
2.	Тема 2. Основы методологии и общие принципы конструирования технологического оборудования.	4		20	ИД-4ОПК-5 ИД-4ОПК-9
3.	Тема 3. Конструкционные материалы, применяемые для изготовления машин и аппаратов.	6		12	ИД-4ОПК-5 ИД-4ОПК-9
4.	Тема 4. Основы безмоментной теории расчета оболочек.	4		16	ИД-4ОПК-5 ИД-4ОПК-9
5.	Тема 5. Расчет тонкостенных оболочек, нагруженных внутренним давлением.	6	12	36	ИД-4ОПК-5 ИД-4ОПК-9
6.	Тема 6. Расчет тонкостенных оболочек, нагруженных наружным давлением.	6	8	22	ИД-4ОПК-5 ИД-4ОПК-9
7.	Тема 7. Расчет аппаратов с учетом краевого эффекта.	4	12	8	ИД-4ОПК-5 ИД-4ОПК-9
	<b>Итого</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>116</b>	

**заочная форма обучения**

№ п/п	Наименование раздела, темы дисциплины	Виды занятий, включая самостоятельную работу студентов (в акад. часах)			Код индикатора достижения компетенции
		занятия лекционного типа	занятия семинарского типа / из них в форме практической подготовки	самостоятельная работа	
1.	Тема 1. Вводная часть.	1		2	ИД-4 <sub>ОПК-5</sub> ИД-4 <sub>ОПК-9</sub>
2.	Тема 2. Основы методологии и общие принципы конструирования технологического оборудования.	1		26	ИД-4 <sub>ОПК-5</sub> ИД-4 <sub>ОПК-9</sub>
3.	Тема 3. Конструкционные материалы, применяемые для изготовления машин и аппаратов.	1		22	ИД-4 <sub>ОПК-5</sub> ИД-4 <sub>ОПК-9</sub>
4.	Тема 4. Основы безмоментной теории расчета оболочек.	1		26	ИД-4 <sub>ОПК-5</sub> ИД-4 <sub>ОПК-9</sub>
5.	Тема 5. Расчет тонкостенных оболочек, нагруженных внутренним давлением.	2	5	40	ИД-4 <sub>ОПК-5</sub> ИД-4 <sub>ОПК-9</sub>
6.	Тема 6. Расчет тонкостенных оболочек, нагруженных наружным давлением.	1		24	ИД-4 <sub>ОПК-5</sub> ИД-4 <sub>ОПК-9</sub>
7.	Тема 7. Расчет аппаратов с учетом краевого эффекта.	1	3	24	ИД-4 <sub>ОПК-5</sub> ИД-4 <sub>ОПК-9</sub>
	<b>Итого</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>164</b>	

### 5.3. Перечень практических занятий

№ п/п	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание практических занятий	Объем дисциплины в акад. часах	
			очная форма обучения	заочная форма обучения
5.	Тема 5. Расчет тонкостенных оболочек, нагруженных внутренним давлением.	<p>Определение толщины стенки цилиндрической, сферической, конической оболочки и плоского днища.</p> <p>Необходимость укрепления краев отверстий в тонкостенных оболочках. Изучение методики расчета укрепления отверстий.</p> <p>Способы укрепления краев отверстий. Основные типовые конструкции узлов укрепления отверстий. Числовые параметры укрепляющих элементов.</p> <p>Численный расчет элементов укрепления отверстия с помощью ЭВМ.</p> <p>Расчет симметрично нагруженных круглых пластин: ознакомление с расчетом пластин методом начальных параметров; численный расчет сплошных и кольцевых пластин с заданием студенту ее конструктивных параметров и нагрузки.</p>	12	5
6.	Тема 6. Расчет тонкостенных оболочек, нагруженных наружным давлением.	<p>Расчет вертикальных аппаратов колонного типа на ветровую нагрузку: задачи, стоящие перед расчетом аппаратов на ветровую нагрузку; ознакомление с методикой расчета аппарата на ветровую нагрузку; решение примера на определение ветрового изгибающего момента с использованием современных информационных технологий.</p>	8	
7.	Тема 7. Расчет аппаратов с учетом краевого эффекта.	<p>Отработка методики составления эквивалентной расчетной схемы узла сопряжения оболочек вращения, на конкретных практических примерах. Численный расчет краевых силовых факторов.</p>	12	3
	<b>Итого</b>		<b>32</b>	<b>8</b>

### 5.4. Перечень лабораторных работ

*Лабораторные занятия не предусмотрены.*

### 5.5. Задания для самостоятельной работы студентов

№ п/п	Наименование раздела, темы дисциплины	Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания)	Объем дисциплины в акад. часах	
			очная форма обучения	заочная форма обучения
1.	Тема 1. Вводная часть.	Цели, задачи, взаимосвязь с дисциплинами.	2	2
2.	Тема 2. Основы методологии и общие принципы конструирования технологического оборудования.	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.	20	26
3.	Тема 3. Конструкционные материалы, применяемые для изготовления машин и аппаратов.	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.	12	22
4.	Тема 4. Основы безмоментной теории расчета оболочек.	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.	16	26
5.	Тема 5. Расчет тонкостенных оболочек,	Пластинки и быстровращающиеся диски: понятие о пластинках и дисках. Их форма, нагрузка. Напряжение и	36	40

	нагруженных внутренним давлением.	<p>напряженное состояние материала в пластинках и дисках. Расчет симметрично нагруженных круглых пластин.</p> <p>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. Составление расчета фланцевых соединений с применением ЭВМ.</p> <p>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.</p>		
6.	Тема 6. Расчет тонкостенных оболочек, нагруженных наружным давлением.	<p>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</p>	22	24

		дополнительных нагрузок (снимающих и изгибающих).		
7.	Тема 7. Расчет аппаратов с учетом краевого эффекта.	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.	8	24
	<b>Итого</b>		<b>116</b>	<b>164</b>

## **6. Расчетно-графическая работа**

*Расчетно-графическая работа не предусмотрена.*

## **7. Курсовая работа**

*Курсовая работа не предусмотрена.*

## **8. Курсовой проект**

*Курсовой проект не предусмотрен.*

## **9. Контрольная работа**

*Контрольная работа предусмотрена по заочной форме обучения.*

<http://techn.sstu.ru/new/SubjectFGOS/Default.aspx?kod=352&tip=26>

## **10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации**

Оценивание результатов обучения по дисциплине и уровня сформированности компетенций (части компетенции) осуществляется в рамках текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации в соответствии с Фондом оценочных средств.

### **Перечень вопросов к зачёту:**

Зачет не предусмотрен учебным планом.

### **Перечень вопросов к экзамену:**

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 ( $\gamma$ ). 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 обечеек 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.

**Примеры контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, а также для контроля самостоятельной работы обучающегося по отдельным разделам дисциплин:**

Модуль 1

Темы: Вводная часть; Методология конструирования;  
Конструкционные материалы

№	Вопросы	Оценоч. баллы	ОТВЕТЫ			
			1	2	3	4
1	Укажите строку, содержащую наименования одних только аппаратов	1	Теплообменник, Отстойник Шнек	Испаритель Автоклав Монжус	Бункер Ректиф. колонна Насос	Конденсатор Сушилка Центрифуга

## Модуль 2

### Темы: Безмоментная теория оболочек

№	Вопросы	Оценоч. баллы	ОТВЕТЫ			
			1	2	3	4
1	Укажите условие, на котором основывается вывод формул для тонкостенных сосудов	1	$\frac{\delta}{R} = 0$	$\frac{\delta}{R} < 0$	$\frac{\delta}{R} \rightarrow 1$	$\frac{\delta}{R} \rightarrow 0$

## Модуль 3

### Темы: Расчет аппаратов на $P_{вн}$ ; Укрепление отверстий

№	Вопросы	Оцен. баллы	ОТВЕТЫ			
			1	2	3	4
1	В формуле $[\sigma]^* = \min \left\{ \frac{\sigma_T}{n_T}; \frac{\sigma_{дл}}{n_{дл}}; \text{или} \frac{\sigma_{пл}}{n_{пл}} \right\}$ , определяющей величину нормативного допуск. напряжения для материала работающего при высокой $t^0$ , укажите значение коэфф. запаса прочности $n_{дл}$		1,0	1,5	2,4	2,6

## Модуль 4

### Темы: Расчет аппаратов на $P_{нар}$ ; Расчет аппаратов на ветровую нагрузку

№	Вопросы	Оценоч. баллы	ОТВЕТЫ			
			1	2	3	4
1	От каких характеристик конструкционного материала зависит величина критического давления?	1	От прочностных ( $\sigma_{в}$ ; $\sigma_{т}$ )	От упругих ( $E$ ; $\mu$ )	От пластических ( $\varepsilon$ ; $\psi$ )	От упругих и пластических
	Чему равна по ГОСТ 14249-89	1	1,2	1,5	2,4	4,6

2	величина коэф. запаса устойчивости для цилиндрических оболочек (при условии $\sigma_{кр} < \sigma_T$ )					
---	--	--	--	--	--	--

## Модуль 5

### Темы: Расчет аппаратов с учетом краевого эффекта

№	Вопросы	Оценоч. баллы	ОТВЕТЫ			
			1	2	3	4
1	<p>Укажите причину возникновения краевого эффекта в сечениях 0-0 корпуса аппарата</p> 	1	<p>Соединение конструктивных элементов в стыковом сечении и под углом друг к другу</p> 	<p>Различный материал конструктивных элементов</p>	<p>Различная жесткость корпуса аппарата в сечении 0-0 по сравнению с другими сечениями</p>	<p>Действие внутреннего давления</p>

## 11. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 11.1. Рекомендованная 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. Сариллов М.Ю. Теоретические основы расчета машин и аппаратов переработки нефти и газа : учебное пособие / Сариллов М.Ю., Рубцова К.Л.. — Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2019. — 61 с. — ISBN 978-5-7765-1410-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/102103.html>

4. 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

5. 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>

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

7. 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. – 11 с. Режим доступа: <http://standartgost.ru/g/ГОСТ Р 51273-99>

8. 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 Р 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. – 33 с. Режим доступа: [http://standartgost.ru/g/ГОСТ\\_24755-89](http://standartgost.ru/g/ГОСТ_24755-89)

### **11.2. Периодические издания**

*не используются*

### **11.3. Нормативно-правовые акты и иные правовые документы**

*не используются*

### **11.4 Перечень электронно-образовательных ресурсов**

1. Учебно-методические материалы по дисциплине Расчет и конструирование машин и аппаратов (электронный образовательный ресурс размещен в ИОС ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А. <http://techn.sstu.ru/new/SubjectFGOS/Default.aspx?kod=352/>)

2. Сайт ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А. <http://techn.sstu.ru/>

### **11.5 Электронно-библиотечные системы**

1. «ЭБС IPRbooks»,

2. «ЭБС eLibrary»

3. ЭБС «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА»

### **11.6. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

- 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/>;

- ЭБС «Университетская научно-техническая библиотека» (<http://lib.sstu.ru>);

- ЭБС «Единое окно» (<http://window.edu.ru>);

- ЭБ диссертаций Российской государственной библиотеки (<https://dvs.rsl.ru>);

- международная реферативная база данных Scopus (<https://www.scopus.com>);

- международная реферативная база данных Web of Science (<http://apps.webofknowledge.com>) и др.

*Источники ИОС ЭТИ СГТУ (<http://techn.sstu.ru/new/SubjectFGOS/SpisokPredmetow.aspx>)*

### **11.7. Печатные и электронные образовательные ресурсы в формах, адаптированных для студентов с ограниченными возможностями здоровья (для групп и потоков с такими студентами)**

1. Адаптированная версия НЭБ, для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья

### **12. Информационно-справочные системы и профессиональные базы данных**

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ), в том числе в случае применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий, к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

#### **12.1 Перечень информационно-справочных систем**

*не используются*

#### **12.2 Перечень профессиональных баз данных**

<https://www.rst.gov.ru/portal/gost/> Сайт – Росстандарт (Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии)

#### **12.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения**

Образовательный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (подлежит обновлению при необходимости).

1) Лицензионное программное обеспечение

Microsoft Windows 7, Microsoft Office 2010 (Word, Excel, PowerPoint), GoogleChrome

2) Свободно распространяемое программное обеспечение

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечивается индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечной системе и электронной информационно-образовательной среде.

### **13. Материально-техническое обеспечение**

*Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа*

Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 12 столов, 24 стула; рабочее место преподавателя; доска для написания фломастером; проектор BENQ 631, рулонный проекционный экран, ноутбук с подключением к сети с выходом в Интернет и доступом в информационно-образовательную среду ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по рабочей программе дисциплины.

*Учебная аудитория для проведения занятий практического типа*

Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 12 столов, 24 стула; рабочее место преподавателя; доска для написания фломастером; проектор BENQ 631, рулонный проекционный экран, ноутбук с подключением в сеть с выходом в Интернет и доступом в информационно-образовательную среду ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по рабочей программе дисциплины.

Рабочую программу составил  \_\_\_\_\_ /Шнайдер М.Г./

#### 14. Дополнения и изменения в рабочей программе

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Внесенные изменения утверждены на заседании УМКС/УМКН

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

Председатель УМКН \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /