

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ  
радиотехники и электроники  
Небольсин В.А.  
«31» августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины  
**«Криогенное оборудование»**

**Направление подготовки** 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

**Профиль** Техника и физика низких температур

**Квалификация выпускника** бакалавр

**Нормативный период обучения** 4 года

**Форма обучения** очная

**Год начала подготовки** 2019

Автор программы

/ О.В. Калядин /

Заведующий кафедрой  
физики твердого тела

/ Ю.Е. Калинин /

Руководитель ОПОП

/ О.В. Калядин /

Воронеж 2021

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

приобретение студентами теоретических знаний и представлений о методах и средствах получения и применения искусственного холода в области криогенных температур.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

- формирование у студентов приемов анализа криогенного оборудования раз-

личного температурного уровня.

- изучение особенностей устройства и технических требований к эксплуатации

криогенного оборудования.

- ознакомление с устройством и принципами работы: газификационных установок, технических материалов для криогенного оборудования, хранилищ для криогенных жидкостей.

- приобретение навыков проектирования криогенного оборудования с использованием информационных технологий;

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Криогенное оборудование» относится к дисциплинам вариативной части (дисциплина по выбору) блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Криогенное оборудование» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-4 - Способен разрабатывать проекты узлов аппаратов с учетом сформулированных к ним требований, использовать в разработке технических проектов новые информационные технологии

ПК-1 - Способен участвовать в разработке методов прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-4	Знать устройство, принцип действия, а также методики расчета узлов и аппаратов, входящих в состав криогенного оборудования
	Уметь разрабатывать с использованием новых информационных технологий проекты узлов и аппаратов криогенного оборудования с учетом сформулированных к ним требований
	Владеть навыками разработки, в том числе с использованием новых информационных техноло-

	гий, технических проектов узлов и аппаратов криогенного оборудования
ПК-1	Знать способы расчета количественных характеристик процессов, протекающих в детандерах, криогенных газовых машинах, криогенных емкостях и газификационных установках на основе существующих методик
	Уметь выполнять расчеты количественных характеристик процессов, протекающих в детандерах, криогенных газовых машинах, криогенных емкостях и газификационных установках на основе существующих методик
	Владеть навыками расчета количественных характеристик процессов, протекающих в детандерах, криогенных газовых машинах, криогенных емкостях и газификационных установках на основе существующих методик

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Криогенное оборудование» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	72	72
В том числе:		
Лекции	24	24
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	12	12
<b>Самостоятельная работа</b>	36	36
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	108	108
зач.ед.	3	3

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий**

**очная форма обучения**

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение в криогенику	История развития криогеники. Криогенные машины. Основные этапы развития. Назначение криогенных машин и их классификация	2	4		2	

2	Детандеры и криогенные насосы	Поршневые криогенные детандеры. Классификация. Устройство и принцип действия поршневого детандера. Теоретическая индикаторная и фазовая диаграмма поршневого детандера. Действительный рабочий процесс детандера. Регулирование холодопроизводительности поршневых детандеров. Криогенные турбодетандеры. Классификация. Активные и реактивные турбодетандеры. Типы направляющих аппаратов и рабочих колес. Техническая работа. Построение процесса расширения в I-S и T-S диаграммах. Процесс расширения и КПД проточной части радиального турбодетандера. Регулирование холодопроизводительности турбодетандеров. Криогенные насосы для перекачивания сжиженных криопродуктов. Основные требования, классификация, области применения и параметры криогенных насосов. Криогенные поршневые насосы. Криогенные лопаточные насосы. Обеспечение бескавитационной работы насосов. Малорасходные криогенные насосы.	6	8	4	8	
3	Криогенные газовые машины	Принцип действия и классификация криогенных газовых машин. Принципиальные схемы машин. Циклы и особенности рабочего процесса. Криогенная машина Стирлинга. Криогенная машина Гиффорда-Макмагона. Криогенная машина Воллме-Такониса. Конструкции.	2	4	4	8	
4	Хранение и транспортировка криогенных газов	Хранение и транспортирование несжиженных криогенных газов. Газгольдеры переменного объема (постоянного давления). Газгольдеры постоянного объема низкого давления. Газгольдеры постоянного объема высокого давления. Конструктивные особенности и характеристика газгольдеров. Баллоны и реципиенты. Низкотемпературная тепловая изоляция. Вспененные пенопластовые изоляции. Газонаполненные порошковые и волокнистые изоляции. Вакуумная изоляция. Вакуумно-порошковые и вакуумно-волокнистые изоляции. Отражающие порошковые изоляции. многослойные изоляции. Резервуары с охлаждаемыми экранами. Коллоквиум. Сосуды и емкости для хранения и транспортирования сжиженных криогенных газов. Основные элементы конструкции и схемы резервуаров. Эффективность хранения жидкости в зависимости от размеров и конструкции резервуаров. Способы хранения сжиженных газов без потерь. Стационарные резервуары (с традиционной изоляцией, с вакуумно-порошковой изоляцией, с вакуумно-многослойной изоляцией). Транспортные резервуары. Системы для транспортирования криогенных жидкостей. Неизолированные трубопроводы и трубопроводы с пористой изоляцией. трубопроводы с вакуумированными изоляциями. Соединения в трубопроводах с вакуумированными изоляциями. Криоventили. Процессы захлаживания и двухфазные потоки при передаче криогенных жидкостей по трубопроводам.	6	8		8	
5	Газификационные	Назначение и анализ схем газификационных установок. Компрессионные газификаторы. Теплые газификаторы. Холодные	4	4	4	4	

	установки	газификаторы. Газификаторы с насосом.					
6	Стали и сплавы для криогенной техники	Стали и сплавы для криогенной техники. Механические свойства металлов и сплавов при низких температурах (углеродистые стали, низколегированные стали с улучшенной хладостойкостью, никелевые стали с повышенной хладостойкостью, стали аустенитного класса, медь и ее сплавы, алюминий и его сплавы). Влияние низких температур на свойства сварных швов. Механические свойства припоев и паяных соединений.	2	4		4	
7	КИП криогенной техники	Требования, предъявляемые к контрольно-измерительным приборам. Способы измерения основных параметров: давление, уровень, температура, расход. Определение состава газов.	2	4		2	
<b>Итого</b>			<b>24</b>	<b>36</b>	<b>12</b>	<b>36</b>	<b>108</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

- Изучение принципа действия и конструкции поршневого детандера;
- Изучение принципа действия и конструкции криогенной газовой машины ЗИФ-1000
- Изучение принципа действия и конструкции стационарной газификационной установки типа СГУ – 7КМ

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-4	Знать устройство, принцип действия, а также методики расчета узлов и аппаратов, входящих в состав криогенного оборудования	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь разрабатывать с использованием новых информационных технологий проекты узлов и аппаратов криогенного оборудования с учетом сформулированных к ним требований	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	Владеть навыками разработки, в том числе с использованием новых информационных технологий, технических проектов узлов и аппаратов криогенного оборудования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-1	Знать способы расчета количественных характеристик процессов, протекающих в детандерах, криогенных газовых машинах, криогенных емкостях и газификационных установках на основе существующих методик	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь выполнять расчеты количественных характеристик процессов, протекающих в детандерах, криогенных газовых машинах, криогенных емкостях и газификационных установках на основе существующих методик	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками расчета количественных характеристик процессов, протекающих в детандерах, криогенных газовых машинах, криогенных емкостях и газификационных установках на основе существующих методик	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 6 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-4	Знать устройство, принцип действия, а также методики расчета узлов и аппаратов, входящих в состав криогенного оборудования	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов
	Уметь разрабатывать с использованием новых информационных технологий проекты узлов и аппаратов криогенного оборудования с учетом сформулированных к ним требований	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов
	Владеть навыками разработки, в том числе с использованием новых информационных технологий, технических проектов узлов и аппаратов криогенного оборудования	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов
ПК-1	Знать способы расчета количественных характеристик процессов, протека-	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов

	ющих в детандерах, криогенных газовых машинах, криогенных емкостях и газификационных установках на основе существующих методик			
	Уметь выполнять расчеты количественных характеристик процессов, протекающих в детандерах, криогенных газовых машинах, криогенных емкостях и газификационных установках на основе существующих методик	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов
	Владеть навыками расчета количественных характеристик процессов, протекающих в детандерах, криогенных газовых машинах, криогенных емкостях и газификационных установках на основе существующих методик	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов

## **7.2 Примерный перечень оценочных средств ( типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

### **7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию**

1. Как соотносится плотность криогенного продукта в жидком и газообразном состояниях при нормальных условиях?

=жидкость имеет величину плотности выше, чем газ

~жидкость имеет величину плотности ниже, чем газ

~газ имеет величину плотности выше, чем жидкость

~газ и жидкость имеют одинаковую плотность при нормальных условиях

2. Что такое газификаторы?

=установки, предназначенные для перевода жидких криогенных продуктов в газообразное состояние

~установки, предназначенные для перевода газообразных криогенных продуктов в жидкое состояние

~установки, предназначенные для заполнения баллонов газообразным криогенным продуктом

~установки, предназначенные для транспортирования газообразных криогенных продуктов

3. Какие допущения принимаются при составлении идеализированной модели КГМ?

= теплообмен газа со стенками цилиндров отсутствует

= температура газа в аппаратах не изменяется во времени, а является функцией только одной координаты

= температура газа, вытекающего из АВТ в полость, постоянна

~теплообмен газа со стенками цилиндров постоянный

~температура газа в аппаратах изменяется во времени и является функцией только

одной координаты

~температура газа, вытекающего из АВТ в полость, изменяется

4. Какие допущения принимаются при составлении идеальной модели КГМ?

= рабочее тело - идеальный газ

= гидравлические сопротивления отсутствуют

= потери на трение отсутствуют

= обратимость процессов теплообмена

~гидравлические сопротивления максимальны и постоянны во времени

~потери на трение максимальны и постоянны во времени

~необратимость процессов теплообмена

5. Какой адсорбент используется для поглощения газовых примесей из технического водорода перед подачей его в ожижительный цикл

А. активированный уголь

Б. силикагель

В. алюмогель

Г. цеолит NaX

6. Где размещаются реакторы в модернизированном ожижителе ВОС-3 для получения параводорода

~В азотной ванне

=В сборнике водорода

=В блоке адсорбционной очистки

~В основном теплообменнике

7. С помощью какого адсорбента после компрессора в водородном ожижителе удаляется масло

=активированный уголь

~силикагель

~алюмогель

~цеолит NaX

8. С помощью какого адсорбента в водородном ожижителе из технического водорода удаляются водяные пары

~активированный уголь

=силикагель

~алюмогель

~цеолит NaX

9. Проявлением какого эффекта является периодическое колебание концентраций сверхтекучей и нормальной компонент, сопровождаемое температурными изменениями

~эффект ползущей пленки

~термомеханический эффект

~механокалорический эффект

=эффект второго звука

10. За счет чего переносится тепло в гелии II

= за счет движения нормальной компоненты

~ за счет движения сверхтекучей компонентой

~ за счет движения нормальной и сверхтекучей компоненты

~ за счет ползущей пленки



## 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. По какой формуле оценивается доля сжиженного газа в цикле высокого давления с дросселированием и предварительным охлаждением

$$=x = \frac{\Delta i_T + q_{\text{доп}} - q_{\text{нед}} - q_{\text{из}}}{q_{\text{ож}} - q_{\text{нед}}}$$

$$\sim x = \frac{\Delta i_T - q_{\text{доп}} - q_{\text{нед}} - q_{\text{из}}}{q_{\text{ож}} + q_{\text{нед}}}$$

$$\sim x = \frac{\Delta i_T - q_{\text{нед}} - q_{\text{из}}}{q_{\text{ож}} + q_{\text{доп}}}$$

$$\sim x = \frac{\Delta i_T + q_{\text{доп}} + \Delta i_{\text{дет}} - q_{\text{нед}} - q_{\text{из}}}{q_{\text{ож}} - q_{\text{нед}}}$$

2. Как изменяется доля воздуха, отводимого в детандер, в цикле Клода при увеличении давления прямого потока от 2 до 20 МПа

А. увеличивается

**Б. уменьшается**

В. не зависит от давления в данном диапазоне

Г. сначала возрастает потом уменьшается

3. Как изменяется температура воздуха перед детандером в цикле Клода при увеличении давления прямого потока от 2 до 20 МПа

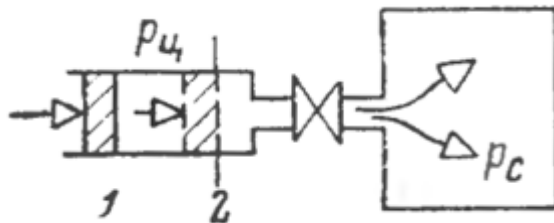
**А. увеличивается**

Б. уменьшается

В. не зависит от давления в данном диапазоне

Г. сначала возрастает потом уменьшается

4. При впуске газа из цилиндра в сосуд температура газа в сосуде



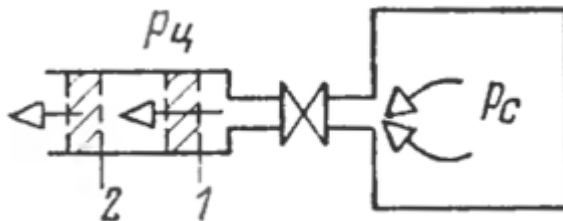
=растет

~уменьшается

~не изменяется

~зависит от начального состояния газа в сосуде и цилиндре

5. При выпуске газа из сосуда в цилиндр температура газа в цилиндре



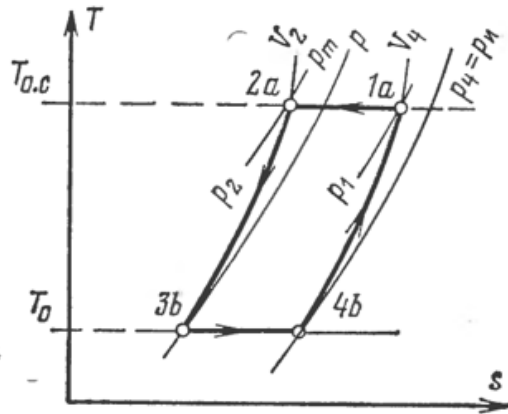
~растет

=уменьшается

~не изменяется

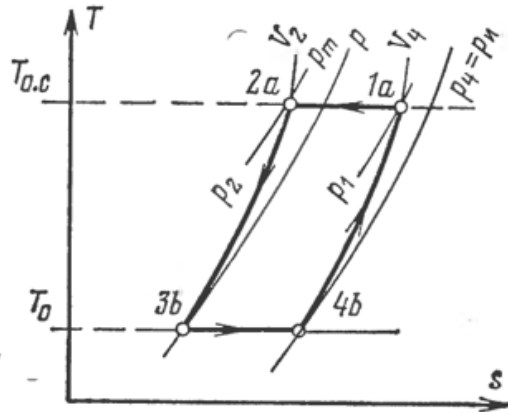
~зависит от начального состояния газа в сосуде и цилиндре

6. В каких точках цикла Стирлинга вытеснитель находится в крайнем верхнем положении



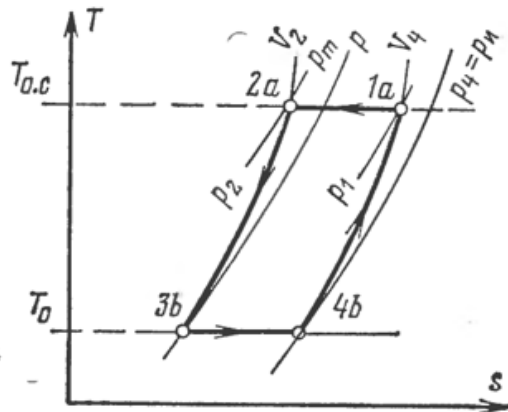
- ~1a
- ~2a
- =3b
- =4b

7. В каких точках цикла Стирлинга поршень находится в крайнем верхнем положении



- =1a
- ~2a
- ~3b
- =4b

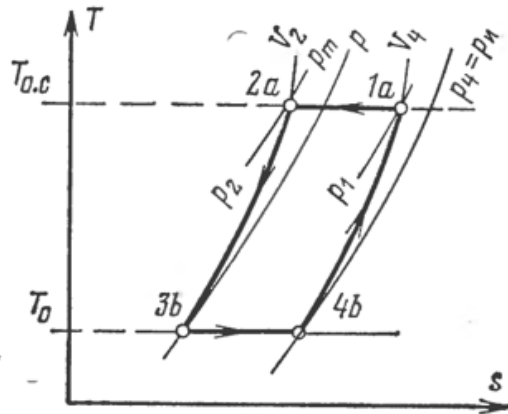
8. В каких точках цикла Стирлинга поршень находится в крайнем нижнем положении



- ~1a
- =2a
- =3b

~4b

9. В каких точках цикла Стирлинга вытеснитель находится в крайнем нижнем положении



=1a

=2a

~3b

~4b

10. Какой катализатор является наиболее активным для осуществления орто-параперехода

=Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+NiO

~Cr(OH)<sub>3</sub>

~Mn(OH)<sub>4</sub>

~Fe(OH)<sub>3</sub>

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных за-

дач

1. При каком давлении находится пространство между внутренним сосудом и наружным кожухом в порожнем резервуаре газификационной установки СГУ-7КМ?

=не более 133,3 Па

~не более 133,3 кПа

~не более 1,333 Па

~не более 0,1333 Па

2. Из чего изготавливается мембрана, которая используется в качестве предохранительного устройства на случай возникновения давления в кожухе от проникновения рабочей жидкости из внутреннего сосуда в межстенное пространство?

=медная фольга

~алюминиевая фольга

~фторопластовая пластина

~стальная пластина

3. Для чего предназначен насосный агрегат 12НСГ в газификационной установке СГУ-7КМ?

=для подачи криогенной жидкости под давлением в испаритель

~для перекачки газообразного криогенного продукта в испаритель

~для вакуумирования пространства в резервуаре

~для изменения агрегатного состояния газа из жидкого состояния в газообразное

4. Для чего предназначен производственный испаритель в газификационной установке СГУ-7КМ?

- ~для подачи криогенной жидкости под давлением в испаритель
- ~для перекачки газообразного криогенного продукта в испаритель
- ~для вакуумирования пространства в резервуаре
- =для изменения агрегатного состояния газа из жидкого состояния в газообразное

5. При какой температуре находится газообразный продукт на выходе из производственного испарителя газификационной установки СГУ-7КМ?

- =283-303 К
- ~180-197 К
- ~203-233 К
- ~273 К

6. Какой способ слива криогенной жидкости используется в газификационной установке СГУ-7КМ?

- ~самотек
- =передавливание
- ~откачка насосом

7. Какое максимальное давление газа при наполнении баллонов в газификационная установка СГУ-7КМ?

- ~5 МПа
- ~10 МПа
- =15 МПа
- ~20 МПа

8. Какой объем газообразного кислорода способна производить газификационная установка СГУ-7КМ при заполнении емкостей за 1 ч?

- =280 м<sup>3</sup>/ч
- ~275 м<sup>3</sup>/ч
- ~230 м<sup>3</sup>/ч
- ~200 м<sup>3</sup>/ч

9. Какое максимально допустимое количество жидкого кислорода, заливаемого в сосуд резервуара газификационной установки СГУ-7КМ?

- =1990 кг
- ~1430 кг
- ~2400 кг
- ~2130 кг

10. Какое максимальное количество жидкого продукта (кислорода, азота или аргона) испарится за 1 ч при температуре окружающей среды 293 К и давлении 760 мм рт. ст.?

- =от 700 до 800 г
- ~от 100 до 200 г
- ~от 400 до 500 г
- ~от 1000 до 1100 г

#### **7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

1. История развития криогеники.
2. Криогенные машины. Основные этапы развития.
3. Назначение криогенных машин и их классификация.

4. Устройство и принцип действия поршневого детандера.
5. Теоретическая индикаторная и фазовая диаграмма поршневого детандера.
6. Действительный рабочий процесс детандера.
7. Регулирование холодопроизводительности поршневых детандеров.
8. Активные и реактивные турбодетандеры.
9. Типы направляющих аппаратов и рабочих колес. Техническая работа.
10. Построение процесса расширения в I-S и T-S диаграммах.
11. Процесс расширения и КПД проточной части радиального турбодетандера.
12. Регулирование холодопроизводительности турбодетандеров
13. Основные требования, классификация, области применения и параметры криогенных насосов.
14. Криогенные поршневые насосы.
15. Криогенные лопаточные насосы.
16. Обеспечение бескавитационной работы насосов.
17. Малорасходные криогенные насосы.
18. Принцип действия и классификация машин.
19. Принципиальные схемы машин.
20. Циклы и особенности рабочего процесса.
21. Криогенная машина Стирлинга.
22. Криогенная машина Гиффорда-Макмагона.
23. Криогенная машина Волюмье-Такониса. Конструкции.
24. Газгольдеры переменного объема (постоянного давления).
25. Газгольдеры постоянного объема низкого давления.
26. Газгольдеры постоянного объема высокого давления.
27. Конструктивные особенности и характеристика газгольдеров. Баллоны и реципиенты.
28. Вспученные пенопластовые изоляции.
29. Газонаполненные порошковые и волокнистые изоляции.
30. Вакуумная изоляция.
31. Вакуумно-порошковые и вакуумно-волокнистые изоляции.
32. Отражающие порошковые изоляции. многослойные изоляции.
33. Резервуары с охлаждаемыми экранами.
34. Основные элементы конструкции и схемы резервуаров.
35. Эффективность хранения жидкости в зависимости от размеров и конструкции резервуаров.
36. Способы хранения сжиженных газов без потерь.
37. Стационарные резервуары (с традиционной изоляцией, с вакуумно-порошковой изоляцией, с вакуумно-многослойной изоляцией).
38. Транспортные резервуары.
39. Неизолированные трубопроводы и трубопроводы с пористой изоляцией.
40. Трубопроводы с вакуумированными изоляциями.

41. Соединения в трубопроводах с вакуумированными изоляциями.
42. Криовентили.
43. Процессы захлаживания и двухфазные потоки при передаче криогенных жидкостей по трубопроводам.
44. Назначение и анализ схем газификационных установок.
45. Компрессионные газификаторы.
46. Теплые газификаторы.
47. Холодные газификаторы.
48. Газификаторы с насосом.
49. Механические свойства металлов и сплавов при низких температурах ,углеродистые стали, низколегированные стали с улучшенной хладостойкостью.
50. Никелевые стали с повышенной хладостойкостью,
51. Стали аустенитного класса, медь и ее сплавы, алюминий и его сплавы.
52. Влияние низких температур на свойства сварных швов.
53. Механические свойства припоев и паяных соединений.
54. Требования, предъявляемые к контрольно-измерительным приборам.
55. Способы измерения основных параметров: давление, уровень, температура, расход.
56. Определение состава газов.

#### **7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену** Не предусмотрено учебным планом

#### **7.2.6. Методика выставления зачета при проведении промежуточной аттестации**

*Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов, 5 стандартных задач и 5 прикладных задач. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, правильно решенная задача оценивается в 2 балла. Максимальное количество набранных баллов – 30.*

1. Зачет ставится в случае, если студент набрал от 18 до 30 баллов.
2. Незачет ставится, если студент набрал менее 18 баллов.

#### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение в криогенику	ПК-4, ПК-1	Тест, устный опрос, зачет
2	Детандеры и криогенные насосы	ПК-4, ПК-1	Тест, устный опрос, защита лабораторных работ, зачет
3	Криогенные газовые машины	ПК-4, ПК-1	Тест, устный опрос, защита лабораторных работ, зачет
4	Хранение и транспортировка крио-	ПК-4, ПК-1	Тест, устный опрос, зачет

	генных газов		
5	Газификационные установки	ПК-4, ПК-1	Тест, устный опрос, защита лабораторных работ, зачет
6	Стали и сплавы для криогенной техники	ПК-4, ПК-1	Тест, устный опрос, зачет
7	КИП криогенной техники	ПК-4, ПК-1	Тест, устный опрос, зачет

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Голев И.М. Конспект лекций по курсу "Установки и системы низкотемпературной техники" [Электронный ресурс]: учеб. пособие. - Электрон. текстовые, граф. дан. (3,5 Мбайт). - Воронеж: ВГТУ, 2004

2. Голев, И.М. Теоретические основы работы трансформаторов тепла: учеб. пособие. - Воронеж: ВГТУ, 2003. - 143 с.

3. Милошенко, В.Е. Криофизика: Учеб. пособие. - Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2009. - 207 с.

4. Соколов Е.Я., Бродянский В.М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения Учеб. пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. — М.: Энергоиздат, 1981. — 320 с

5. Баррон Р. Криогенные системы / Пер. с англ. С. П. Сидорова; Под ред. А. К. Городова. - Москва: Энергоатомиздат, 1989. - 406 с.

6. Беляков В.П. Криогенная техника и технология. - Москва: Энергоиздат, 1982. - 271 с.

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

- SMath Studio
- Mathcad
- Advanced Grapher
- Microsoft Windows 10
- Microsoft Office 2013/2007
- Компас 3D LT
- Refprop 8.0
- <https://elibrary.ru>
- <https://cchgeu.ru>

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой

Азотное отделение криогенной лаборатории для проведения лабораторных работ, в которой размещаются:

- воздухоразделительная установка АЖА-0,04
- криогенная газовая машина ЗИФ-1000
- установка, для получения жидкого азота ЗИФ-1002
- гелиевый ожижитель Г-8

Гелиевое отделение криогенной лаборатории для проведения лабораторных работ, в которой размещаются:

- установки для получения жидкого гелия Г-45, КГУ

Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Криогенное оборудование» читаются лекции, проводятся практические занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета криогенного оборудования. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулиров-



	ки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.