

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан ФРТЭ В. А. Небольсин
«21» декабря 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«Криогенное оборудование»

Направление подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль Компоненты микро- и наносистемной техники

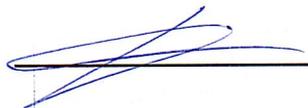
Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2022

Автор программы

 /Ситников А.В./

И.о. заведующего кафедрой
Физики твердого тела

 /Калинин Ю.Е./

Руководитель ОПОП

 /Стогней О.В./

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Подготовка будущих бакалавров к решению основных задач профессиональной деятельности в области криогенной техники. Формирование знаний конструкций и принципов работы криогенных машин, понимания особенностей хранения и транспортирования криогенных жидкостей, умений проводить расчеты основных параметров криогенного оборудования

1.2. Задачи освоения дисциплины

Ознакомить студентов с техническими системами, обеспечивающими получение криогенных температур, хранение и транспортирование сжиженных газов, а также их газификацию. Обеспечить приобретение студентами теоретических и практических знаний в области конструирования и использования криогенных систем, выбора конструкционных материалов, работающих при криогенных температурах. Научить студентов правильному выбору схем, оборудования, контрольно-измерительных приборов криогенной техники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Криогенное оборудование» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (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 участвовать в реализации технологических процессов в рамках планарной технологии, обеспечивающих создание монолитных интегральных схем

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-4	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none">-Классификацию криогенных машин. Их основные особенности и области применения- Принцип действия, конструкции и основы расчета криогенных турбодетандеров- Особенности работы и конструкцию контрольно-измерительных приборов криогенной техники- Принцип действия, конструкции и основы расчета криогенных насосов;- Основные типы криогенной теплоизоляции. Критерии выбора и особенности монтажа.-Классификацию и устройство криогенных систем для хранения и транспортирования несжиженных газов, а также установко для газификации криопродуктов.

	О влиянии криогенных температур на механические свойства конструкционных материалов.
	Уметь - Выбирать конструкционные материалы для проектирования основных узлов криогенных систем; - Производить эксплуатацию криогенных установок.
	Владеть - Основами эксплуатации криогенных машин.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Криогенное оборудование» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		4
Аудиторные занятия (всего)	90	90
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	54	54
Курсовой проект	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	180 5	180 5

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	История развития криогеники. Криогенные машины. Основные этапы развития. Назначение криогенных машин и их классификация.	2	2			4
2	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.	4	4	4	4	16

3	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.	2	2		5	9
4	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.	4	4	4	5	17
5	Криогенные газовые машины	Принцип действия и классификация машин. Принципиальные схемы машин. Циклы и особенности рабочего процесса. Криогенная машина Стирлинга. Криогенная машина Гиффорда-Макмагона. Криогенная машина Волюмье-Такониса. Конструкции.	2	2		5	9
6	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.	4	4		5	13
7	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	2	2		5	9
8	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.	4	4	4	5	17
9	Системы для транспортирования криогенных жидкостей.	Неизолированные трубопроводы и трубопроводы с пористой изоляцией. трубопроводы с вакуумированными изоляциями. Соединения в трубопроводах с вакуумированными изоляциями. Криовентили. Процессы захлаживания и двухфазные потоки при передаче криогенных жидкостей по трубопроводам.	2	2		5	9
10	Газификационные установки	Назначение и анализ схем	4	4	4	5	17

		газификационных установок. Компрессионные газификаторы. Теплые газификаторы. Холодные газификаторы. Газификаторы с насосом.					
11	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	2		5	9
12	Контрольно-измерительные приборы криогенной техники	Требования, предъявляемые к контрольно-измерительным приборам. Способы измерения основных параметров: давление, уровень, температура, расход. Определение состава газов.	4	4	2	5	15
Итого			36	36	18	54	144

5.2 Перечень лабораторных работ

- Криогенная газовая машина ЗИФ – 1000.
- Гелиевая ожижительная установка Г-8.
- Изучение стационарной газификационной установки типа СГУ – 7КМ.
- Изучение криостата.

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 4 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Расчет теплового экрана криогенного устройства»

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- сформировать блок входных данных для расчёта процесса тепловых потоков;
- рассчитать временные зависимости захолаживания исходя из сформированных входных данных;
- дать оценку временным захолаживания установки о ее применимости к технологическим условиям работы на производстве;
- выработать рекомендации к правомерности использования данных технических решений.

Курсовой проект включают в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

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	<p>знать</p> <ul style="list-style-type: none"> -Классификацию криогенных машин. Их основные особенности и области применения - Принцип действия, конструкции и основы расчета криогенных турбодетандеров - Особенности работы и конструкцию контрольно-измерительных приборов криогенной техники - Принцип действия, конструкции и основы расчета криогенных насосов; - Основные типы криогенной теплоизоляции. Критерии выбора и особенности монтажа. -Классификацию и устройство криогенных систем для хранения и транспортирования несжиженных газов, а также установок для газификации криопродуктов. <p>О влиянии криогенных температур на механические свойства конструкционных материалов.</p>	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<p>уметь</p> <ul style="list-style-type: none"> - Выбирать конструкционные материалы для проектирования основных узлов криогенных систем; - Производить эксплуатацию криогенных установок. 	Доклады на семинарах, написание тестов, выполнение лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<p>владеть</p> <ul style="list-style-type: none"> - Основами эксплуатации криогенных машин. 	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение лабораторных работ	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 4 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.

ПК-4	<p>Знать.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Классификацию криогенных машин. Их основные особенности и области применения - Принцип действия, конструкции и основы расчета криогенных турбодетандеров - Особенности работы и конструкцию контрольно-измерительных приборов криогенной техники - Принцип действия, конструкции и основы расчета криогенных насосов; - Основные типы криогенной теплоизоляции. Критерии выбора и особенности монтажа. -Классификацию и устройство криогенных систем для хранения и транспортирования несжиженных газов, а также установок для газификации криопродуктов. О влиянии криогенных температур на механические свойства конструкционных материалов. 	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	<p>Уметь.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Выбирать конструкционные материалы для проектирования основных узлов криогенных систем; - Производить эксплуатацию криогенных установок. 	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	<p>Владеть.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Основами эксплуатации криогенных машин. 	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типичные 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. Какая характерная особенность криогенных газовых машин?

1. Изменяющиеся объемы полостей расширения и сжатия гидравлически постоянно связаны с объемами теплообменных аппаратов.
2. Изменяющиеся объемы полостей расширения и сжатия гидравлически не связаны с объемами теплообменных аппаратов.
3. Неизменяющиеся объемы полостей расширения и сжатия гидравлически постоянно

связаны с объемами теплообменных аппаратов.

4. Неизменяющиеся объемы полостей расширения и сжатия гидравлически не связаны с объемами теплообменных аппаратов.

2. Соотнесите правильно процессы, протекающие на PV-диаграмме в рабочем цикле КГМ

1. Процесс 1-2 -> сжатие
2. Процесс 2-3 -> изохорное расширение
3. Процесс 3-4 -> расширение
4. Процесс 4-1 -> изохорное сжатие

3. Какое направление имеет рабочий процесс 1-4 криогенной газовой машины Стирлинга на PV-диаграмме?

1. Цикл 1-4 направлен против часовой стрелки
2. Цикл 1-4 направлен по часовой стрелке
3. Цикл 1-4 направлен параболически вверх
4. Цикл 1-4 направлен параболически вниз

4. Какие типы элементарных узлов используются в КГМ? (найти не правильный ответ)

1. Независимый компрессорный узел
2. Поршневой компрессорный узел
3. Вытеснительный компрессорный узел
4. Комбинированный компрессорный узел
5. Независимый детандерный узел
6. Поршневой детандерный узел
7. Вытеснительный детандерный узел
8. Комбинированный детандерный узел

5. Какие типы элементарных узлов используются в КГМ типа НП?

1. Поршневой компрессорный узел
2. Вытеснительный компрессорный узел
3. Комбинированный компрессорный узел
4. Независимый детандерный узел
5. Поршневой детандерный узел
6. Вытеснительный детандерный узел
7. Комбинированный детандерный узел
8. Независимый компрессорный узел

6. Какие типы элементарных узлов используются в КГМ типа НВ?

1. Поршневой компрессорный узел
2. Вытеснительный компрессорный узел
3. Комбинированный компрессорный узел
4. Независимый детандерный узел
5. Поршневой детандерный узел
6. Вытеснительный детандерный узел
7. Комбинированный детандерный узел
8. Независимый компрессорный узел

7. Какие типы элементарных узлов используются в КГМ типа НК?

1. Независимый компрессорный узел
2. Поршневой компрессорный узел
3. Вытеснительный компрессорный узел
4. Комбинированный компрессорный узел
5. Независимый детандерный узел
6. Поршневой детандерный узел
7. Вытеснительный детандерный узел
8. Комбинированный детандерный узел

8. Какие типы элементарных узлов используются в КГМ типа ПВ?

1. Независимый компрессорный узел
2. Поршневой компрессорный узел
3. Вытеснительный компрессорный узел
4. Комбинированный компрессорный узел
5. Независимый детандерный узел
6. Поршневой детандерный узел
7. Вытеснительный детандерный узел
8. комбинированный детандерный узел

9. Какая группа КГМ имеет самое высокое среднеиндикаторное давление детандерной полости на индикаторной диаграмме?

1. группа Н
2. группа П
3. группа В
4. группа К

10. Какая группа КГМ имеет самое низкое среднеиндикаторное давление детандерной полости на индикаторной диаграмме?

1. группа Н
2. группа П
3. группа В
4. группа К

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Какие допущения принимаются при составлении идеализированной модели КГМ?

1. Теплообмен газа со стенками цилиндров отсутствует
2. Температура газа в аппаратах не изменяется во времени, а является функцией только одной координаты
3. Температура газа, вытекающего из АВТ в полость, постоянна
4. Теплообмен газа со стенками цилиндров постоянный
5. Температура газа в аппаратах изменяется во времени и является функцией только одной координаты
6. Температура газа, вытекающего из АВТ в полость, изменяется

2. Какие допущения принимаются при составлении идеализированной модели КГМ?

1. Рабочее тело - идеальный газ
2. Идеальные процессы теплообмена в регенераторе и АВТ
3. Температуры стенок АВТ постоянны
4. Гидравлические сопротивления отсутствуют

5. Механические потери отсутствуют
6. Утечки и перетечки газа через зазоры отсутствуют
7. Теплообмен газа со стенками в рабочих полостях с переменным объемом отсутствует

3. Какие допущения принимаются при составлении идеальной модели КГМ?

1. Рабочее тело - идеальный газ
2. Гидравлические сопротивления отсутствуют
3. Потери на трение отсутствуют
4. Обратимость процессов теплообмена
5. Гидравлические сопротивления максимальны и постоянны во времени
6. Потери на трение максимальны и постоянны во времени
необратимость процессов теплообмена

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

1. Жидкость имеет величину плотности выше, чем газ
2. Жидкость имеет величину плотности ниже, чем газ
3. Газ имеет величину плотности выше, чем жидкость
4. Газ и жидкость имеют одинаковую плотность при нормальных условиях

5. Что такое газификаторы?

1. Установки, предназначенные для перевода жидких криогенных продуктов в газообразное состояние
2. Установки, предназначенные для перевода газообразных криогенных продуктов в жидкое состояние
3. Установки, предназначенные для заполнения баллонов газообразным криогенным продуктом
4. Установки, предназначенные для транспортирования газообразных криогенных продуктов

6. Какие существуют типы газификационных установок?

1. Компрессорные газификаторы
2. Теплые газификаторы
3. Холодные газификаторы
4. Газификаторы с насосом

**7. К какому типу газификационных установок относится СГУ-7КМ?
компрессорные газификаторы**

1. Теплые газификаторы
2. холодные газификаторы
3. Газификаторы с насосом

8. Из каких унифицированных блоков состоят газификационные установки?

1. Цистерна
2. Насос
3. Испаритель подъема давления
4. Испаритель производственный
5. Узел выдачи продукта
6. Щит управления

9. При каком давлении находится криогенная жидкость в режиме хранения в газификационной установке СГУ-7КМ?

1. 101,325 кПа
2. 133,3 Па
3. 133,3 МПа
4. 101325 кПа

10. С какой максимальной скоростью может двигаться автомобиль, который транспортирует порожний резервуар газификационной установки СГУ-7КМ?

1. 20 км/ч
2. 40 км/ч
3. 60 км/ч
4. нет ограничений

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Какое максимальное давление газа при наполнении баллонов в газификационной установке СГУ-7КМ?

1. 5 МПа
2. 10 МПа
3. 15 МПа
4. 20 МПа

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

1. 280 м³/ч
2. 275 м³/ч
3. 230 м³/ч
4. 200 м³/ч

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

1. 280 м³/ч
2. 275 м³/ч
3. 230 м³/ч
4. 200 м³/ч

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

1. 280 м³/ч
2. 275 м³/ч
3. 230 м³/ч
4. 200 м³/ч

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

1. 1990 кг
2. 1430 кг
3. 2400 кг
4. 2130 кг

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

1. 1990 кг
2. 1430 кг
3. 2400 кг
4. 2130 кг

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

1. 1990 кг
2. 1430 кг
3. 2400 кг
4. 2130 кг

8. 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.?

1. от 700 до 800 г
2. от 100 до 200 г
3. от 400 до 500 г
4. от 1000 до 1100 г

9. При каких температурах окружающего воздуха допускается к эксплуатации резервуар газификационной установки СГУ-7КМ в условиях умеренного климата?

1. от минус 50 до 50 градусов Цельсия
2. от минус 40 до 40 градусов Цельсия
3. от минус 70 до 70 градусов Цельсия
4. от минус 70 до 40 градусов Цельсия

10. С какой максимальной скоростью может двигаться автомобиль, который транспортирует заполненный резервуар газификационной установки СГУ-7КМ?

1. 20 км/ч
2. 40 км/ч
3. 60 км/ч
4. нет ограничений

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

Вопросы к экзамену:

1. Классификация. Устройство и принцип действия поршневого детандера. Теоретическая индикаторная и фазовая диаграмма поршневого детандера. Действительный рабочий процесс детандера. Регулирование холодопроизводительности поршневых детандеров.
2. 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.
3. Основные требования, классификация, области применения и параметры криогенных насосов. Криогенные поршневые насосы. Криогенные лопаточные насосы. Обеспечение бескавитационной работы насосов. Малорасходные криогенные насосы.

4. Принцип действия и классификация машин. Принципиальные схемы машин. Циклы и особенности рабочего процесса. Криогенная машина Стирлинга. Криогенная машина Гиффорда-Макмагона. Криогенная машина Волюмье-Такониса.
5. Конструкции. Газгольдеры переменного объема (постоянного давления). Газгольдеры постоянного объема низкого давления. Газгольдеры постоянного объема высокого давления. Конструктивные особенности и характеристика газгольдеров.
6. Баллоны и реципиенты. Вспученные пенопластовые изоляции. Газонаполненные порошковые и волокнистые изоляции. Вакуумная изоляция. Вакуумно-порошковые и вакуумно-волокнистые изоляции. Отражающие порошковые изоляции. многослойные изоляции.
7. Резервуары с охлаждаемыми экранами. 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.
8. Неизолированные трубопроводы и трубопроводы с пористой изоляцией. трубопроводы с вакуумированными изоляциями. Соединения в трубопроводах с вакуумированными изоляциями. Криовентили.
9. Процессы захолаживания и двухфазные потоки при передаче криогенных жидкостей по трубопроводам.
10. Назначение и анализ схем газификационных установок. Компрессионные газификаторы. Теплые газификаторы. Холодные газификаторы. Газификаторы с насосом.
11. 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.

Требования, предъявляемые к контрольно-измерительным приборам. Способы измерения основных параметров: давление, уровень, температура, расход. Определение состава газов.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

(Например: Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из

которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Поршневые криогенные детандеры	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Криогенные турбодетандеры	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	Криогенные насосы для перекачивания сжиженных криопродуктов	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Криогенные газовые машины	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Хранение и транспортирование несжиженных криогенных газов	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
7	Низкотемпературная тепловая изоляция	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

			проекту....
8	Сосуды и емкости для хранения и транспортирования сжиженных криогенных газов.	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
9	Системы для транспортирования криогенных жидкостей.	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
10	Газификационные установки	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
11	Стали и сплавы для криогенной техники	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
12	Контрольно-измерительные приборы криогенной техники	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

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.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного

студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Буткевич И.К. Криогенные установки и системы: учебное пособие//«Лань», 2008, с.350
2. Усюкин И.П. Установки, машины и аппараты криогенной техники//М.:, 2006, с.230
3. Фастовский В.Г. Криогенная техника / Фастовский В.Г., Петровский Ю.В., Ровинский А.Е.// М.:, 1974, с.230
4. Соколов Е.Я. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения/ Соколов Е.Я., Бродянский В.М.// М.:, 1981, с.430
5. Калядин О.В. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Криогенная техника»//Воронеж, 2015 (магнитный носитель)
6. Калядин О.В. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Холодильные машины и установки»// Воронеж, 2015 (магнитный носитель)

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:

Microsoft Word, Microsoft Excel, Internet Explorer

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

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

Учебная лаборатория криогенной техники, включающая:

- Стенды для выполнения лабораторных работ.
- Оборудование, инструменты, материалы необходимые для осуществления операции развития практических навыков.
- Криогенная газовая машина ЗИФ - 1000.
- Воздухоразделительная установка АжА – 0,04.
- Гелиевый ожижитель Г – 8.

Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума.

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

По дисциплине «Криогенное оборудование» .

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 криогенных установок и устройств. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, 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.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения;

	<ul style="list-style-type: none"> - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	<p>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 экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>