

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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



УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета Небольсин В.А.
«31» августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины**

«Криогенная техника»

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 2021

Автор программы  /К.Г. Королев/

Заведующий кафедрой Физики твердого тела  /Ю.Е. Калинин/

Руководитель ОПОП  /О.В. Калядин/

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Подготовка 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

Формирование знаний технических систем, обеспечивающих получение криогенных температур, хранение и транспортирование сжиженных газов, а также их газификацию;

Формирование знаний и умений в области конструирования и использования криогенных систем, выбора конструкционных материалов, работающих при криогенных температурах

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Криогенная техника» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Криогенная техника» 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 способы разработки проектов узлов аппаратов с учетом сформулированных к ним требований
	уметь использовать в разработке технических проектов новые информационные технологии
	владеть способностью разрабатывать проекты узлов аппаратов с учетом сформулированных к ним требований, использовать в разработке технических проектов новые информационные технологии
ПК-1	знать методы прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик

	уметь прогнозировать количественные характеристики процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик
	владеть способностью участвовать в разработке методов прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Криогенная техника» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
Аудиторные занятия (всего)	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	24	24
Лабораторные работы (ЛР)	12	12
Самостоятельная работа	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	Области применения криогенных и низкотемпературных машин	Назначение криогенных и низкотемпературных машин.	4	2		3	11
2	Поршневые криогенные детандеры	Устройство, действие и классификация поршневых детандеров. Индикаторная диаграмма поршневого детандера. Энергетический баланс. Оценка эффективности поршневого детандера. Действительный цикл поршневого детандера. Влияние реальных свойств криоагента. Алгоритм теплового расчета адиабатного поршневого детандера. Динамические характери-	8	6	4	6	24

		стики поршневого детандера. Поршневое уплотнение. Механизм газораспределения. Основные конструктивные особенности воздушных, водородных и гелиевых поршневых детандеров.					
3	Криогенные турбодетандеры	Области применения турбодетандеров. Схема, основные понятия. Расчет процесса в турбодетандере. Оптимизация параметров турбинной ступени. Термодинамический расчет газовой турбины. Сопловые аппараты турбинной ступени. Профилирование элементов турбинной ступени. Конструкции турбодетандеров.	8	4		6	18
4	Криогенные газовые машины	Принцип действия и классификация. Принципиальные схемы КГМ. Циклы и особенности рабочего процесса. Гидродинамическая модель КГМ. Аппараты внешнего теплообмена. Конструкции и тепловой расчет регенераторов. Конструкции КГМ.	4	4	4	6	18
5	Безмашинные криогенераторы	Эжекторы. Вихревые трубы. Пульсационные криогенераторы. Магнитокалорические криогенераторы. Волновые криогенераторы. Медицинские криогенераторы и криоинструменты для хирургии.	4	2		6	12
6	Криогенные насосы	Криогенные центробежные насосы. Поршневые насосы. Насосы для жидкого гелия.	4	2		6	12
7	Криогенные газификаторы	Назначение и анализ схем газификационных установок. Компрессионные газификаторы. Теплые газификаторы. Холодные газификаторы. Газификаторы с насосом.	4	4	4	3	15
Итого			36	24	12	36	108

5.2 Перечень лабораторных работ

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

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 способы разработки проектов узлов аппаратов с учетом сформулированных к ним требований	<i>Активная работа на практических занятиях</i>	<i>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>	<i>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>
	уметь использовать в разработке технических проектов новые информационные технологии	<i>Решение стандартных практических задач</i>	<i>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>	<i>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>
	владеть способностью разрабатывать проекты узлов аппаратов с учетом сформулированных к ним требований, использовать в разработке технических проектов новые информационные технологии	<i>Решение прикладных задач в конкретной предметной области</i>	<i>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>	<i>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>
ПК-1	Знать методы прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик	<i>Активная работа на практических занятиях</i>	<i>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>	<i>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>
	Уметь прогнозировать количественные характеристики процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик	<i>Решение стандартных практических задач</i>	<i>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>	<i>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>
	Владеть способностью участвовать в разработке методов прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик	<i>Решение прикладных задач в конкретной предметной области</i>	<i>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>	<i>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 8 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 способы разработки проектов узлов аппаратов с учетом сформулированных к ним требований	<i>Тест</i>	<i>Выполнение теста не менее 80% правильных ответов</i>	<i>В тесте менее 80% правильных ответов</i>
	уметь использовать в разработке технических проектов новые информационные технологии	<i>Решение стандартных практических задач</i>	<i>Выполнение теста не менее 80% правильных ответов</i>	<i>В тесте менее 80% правильных ответов</i>
	владеть способностью разрабатывать проекты узлов аппаратов с учетом сформулированных к ним требований, использовать в разработке технических проектов новые информационные технологии	<i>Решение прикладных задач в конкретной предметной области</i>	<i>Выполнение теста не менее 80% правильных ответов</i>	<i>В тесте менее 80% правильных ответов</i>
ПК-1	Знать методы прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик	<i>Тест</i>	<i>Выполнение теста не менее 80% правильных ответов</i>	<i>В тесте менее 80% правильных ответов</i>
	Уметь прогнозировать количественные характеристики процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик	<i>Решение стандартных практических задач</i>	<i>Выполнение теста не менее 80% правильных ответов</i>	<i>В тесте менее 80% правильных ответов</i>
	Владеть способностью участвовать в разработке методов прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в кон-	<i>Решение прикладных задач в конкретной предметной области</i>	<i>Выполнение теста не менее 80% правильных ответов</i>	<i>В тесте менее 80% правильных ответов</i>

	кретных технических системах на основе существующих методик			
--	---	--	--	--

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) Какая характерная особенность криогенных газовых машин?
 - i) изменяющиеся объемы полостей расширения и сжатия гидравлически постоянно связаны с объемами теплообменных аппаратов
 - ii) изменяющиеся объемы полостей расширения и сжатия гидравлически не связаны с объемами теплообменных аппаратов
 - iii) неизменяющиеся объемы полостей расширения и сжатия гидравлически постоянно связаны с объемами теплообменных аппаратов
 - iv) 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
 - i) процесс 1-2 -> сжатие
 - ii) процесс 2-3 -> изохорное расширение
 - iii) процесс 3-4 -> расширение
 - iv) процесс 4-1 -> изохорное сжатие
- 3) Какое направление имеет рабочий процесс 1-4 криогенной газовой машины Стирлинга на PV-диаграмме?
 - i) цикл 1-4 направлен против часовой стрелки
 - ii) цикл 1-4 направлен по часовой стрелке
 - iii) цикл 1-4 направлен параболически вверх
 - iv) цикл 1-4 направлен параболически вниз
- 4) Какие типы элементарных узлов используются в КГМ?
 - i) независимый компрессорный узел
 - ii) поршневой компрессорный узел
 - iii) вытеснительный компрессорный узел
 - iv) комбинированный компрессорный узел
 - v) независимый детандерный узел
 - vi) поршневой детандерный узел
 - vii) вытеснительный детандерный узел
 - viii) комбинированный детандерный узел
- 5) Какие типы элементарных узлов используются в КГМ типа НП?
 - i) независимый компрессорный узел
 - ii) поршневой компрессорный узел
 - iii) вытеснительный компрессорный узел
 - iv) комбинированный компрессорный узел
 - v) независимый детандерный узел
 - vi) поршневой детандерный узел
 - vii) вытеснительный детандерный узел
 - viii) комбинированный детандерный узел
- 6) Какие типы элементарных узлов используются в КГМ типа НВ?
 - i) независимый компрессорный узел
 - ii) поршневой компрессорный узел
 - iii) вытеснительный компрессорный узел
 - iv) комбинированный компрессорный узел

- v) независимый детандерный узел
 - vi) поршневой детандерный узел
 - vii) вытеснительный детандерный узел
 - viii) комбинированный детандерный узел
- 7) Какие типы элементарных узлов используются в КГМ типа НК?
- i) независимый компрессорный узел
 - ii) поршневой компрессорный узел
 - iii) вытеснительный компрессорный узел
 - iv) комбинированный компрессорный узел
 - v) независимый детандерный узел
 - vi) поршневой детандерный узел
 - vii) вытеснительный детандерный узел
 - viii) комбинированный детандерный узел
- 8) Какие типы элементарных узлов используются в КГМ типа ПВ?
- i) независимый компрессорный узел
 - ii) поршневой компрессорный узел
 - iii) вытеснительный компрессорный узел
 - iv) комбинированный компрессорный узел
 - v) независимый детандерный узел
 - vi) поршневой детандерный узел
 - vii) вытеснительный детандерный узел
 - viii) комбинированный детандерный узел
- 9) Какая группа КГМ имеет самое высокое среднеиндикаторное давление детандерной полости на индикаторной диаграмме?
- i) группа Н
 - ii) группа П
 - iii) группа В
 - iv) группа К
- 10) Какая группа КГМ имеет самое низкое среднеиндикаторное давление детандерной полости на индикаторной диаграмме?
- i) группа Н
 - ii) группа П
 - iii) группа В
 - iv) группа К

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

- 1) Какое максимальное давление газа при наполнении баллонов в газификационная установка СГУ-7КМ?
- i) 5 МПа
 - ii) 10 МПа
 - iii) 15 МПа
 - iv) 20 МПа
- 2) Какой объем газообразного кислорода способна производить газификационная установка СГУ-7КМ при заполнении емкостей за 1 ч?
- i) 280 м³/ч
 - ii) 275 м³/ч
 - iii) 230 м³/ч
 - iv) 200 м³/ч
- 3) Какой объем газообразного аргона способна производить газификационная установка СГУ-7КМ при заполнении емкостей за 1 ч?
- i) 280 м³/ч

- ii) 275 м3/ч
 - iii) 230 м3/ч
 - iv) 200 м3/ч
- 4) Какой объем газообразного азота способна производить газификационная установка СГУ-7КМ при заполнении емкостей за 1 ч?
- i) 280 м3/ч
 - ii) 275 м3/ч
 - iii) 230 м3/ч
 - iv) 200 м3/ч
- 5) Какое максимально допустимое количество жидкого кислорода, заливаемого в сосуд резервуара газификационной установки СГУ-7КМ?
- i) 1990 кг
 - ii) 1430 кг
 - iii) 2400 кг
 - iv) 2130 кг
- 6) Какое максимально допустимое количество жидкого азота, заливаемого в сосуд резервуара газификационной установки СГУ-7КМ?
- i) 1990 кг
 - ii) 1430 кг
 - iii) 2400 кг
 - iv) 2130 кг
- 7) Какое максимально допустимое количество жидкого аргона, заливаемого в сосуд резервуара газификационной установки СГУ-7КМ?
- i) 1990 кг
 - ii) 1430 кг
 - iii) 2400 кг
 - iv) 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.?
- i) от 700 до 800 г
 - ii) от 100 до 200 г
 - iii) от 400 до 500 г
 - iv) от 1000 до 1100 г
- 9) При каких температурах окружающего воздуха допускается к эксплуатации резервуар газификационной установки СГУ-7КМ в условиях умеренного климата?
- i) от минус 50 до 50 градусов Цельсия
 - ii) от минус 40 до 40 градусов Цельсия
 - iii) от минус 70 до 70 градусов Цельсия
 - iv) от минус 70 до 40 градусов Цельсия
- 10) С какой максимальной скоростью может двигаться автомобиль, который транспортирует заполненный резервуар газификационной установки СГУ-7КМ?
- i) 20 км/ч
 - ii) 40 км/ч
 - iii) 60 км/ч
 - iv) нет ограничений
- 11) С какой максимальной скоростью может двигаться автомобиль, который транспортирует порожний резервуар газификационной установки СГУ-7КМ?
- i) 20 км/ч
 - ii) 40 км/ч
 - iii) 60 км/ч

iv) нет ограничений

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

- 1) Укажите правильную последовательность расчета поршневого детандера
 - i) 1 действие -> Конструктивный расчет
 - ii) 2 действие -> Поверочный расчет
 - iii) 3 действие -> Динамический расчет
 - iv) 4 действие -> Прочностной расчет
- 2) Укажите соответствие процессов теоретической индикаторной диаграммы поршневого детандера?
 - i) процесс 1-2 -> Процесс наполнения
 - ii) процесс 2-3 -> Изоэнтропный процесс расширения
 - iii) процесс 3-4 -> Процесс выпуска
 - iv) процесс 4-5 -> Процесс выталкивания
 - v) процесс 5-6 -> Изоэнтропный процесс обратного сжатия
 - vi) процесс 6-1 -> Процесс впуска
- 3) В какой точке индикаторной диаграммы 1-6 закрывается впускной клапан?
 - i) в точке 1
 - ii) в точке 2
 - iii) в точке 3
 - iv) в точке 4
 - v) в точке 5
 - vi) в точке 6
- 4) В какой точке индикаторной диаграммы 1-6 закрывается выпускной клапан?
 - i) в точке 1
 - ii) в точке 2
 - iii) в точке 3
 - iv) в точке 4
 - v) в точке 5
 - vi) в точке 6
- 5) В какой точке индикаторной диаграммы 1-6 открывается впускной клапан?
 - i) в точке 1
 - ii) в точке 2
 - iii) в точке 3
 - iv) в точке 4
 - v) в точке 5
 - vi) в точке 6
- 6) В какой точке индикаторной диаграммы 1-6 открывается выпускной клапан?
 - i) в точке 1
 - ii) в точке 2
 - iii) в точке 3
 - iv) в точке 4
 - v) в точке 5
 - vi) в точке 6
- 7) Какие процессы учитывает индикаторная диаграмма идеального поршневого детандера (при $a_0 > 0$)?
 - i) Процесс наполнения
 - ii) Изоэнтропный процесс расширения
 - iii) Процесс выпуска
 - iv) Процесс выталкивания
 - v) Изоэнтропный процесс обратного сжатия

- vi) Процесс впуска
- 8) Какие фазы работы клапана реализуются в процессе впуска в поршневом детандере?
 - i) Надкритический впуск
 - ii) Подкритический впуск
 - iii) Наполнение
 - iv) Надкритический выпуск
 - v) Подкритический выпуск
 - vi) Выталкивание
- 9) Какие фазы работы клапана реализуются в процессе выпуска в поршневом детандере?
 - i) Надкритический впуск
 - ii) Подкритический впуск
 - iii) Наполнение
 - iv) Надкритический выпуск
 - v) Подкритический выпуск
 - vi) Выталкивание
- 10) Как называется положение поршня, наиболее близкое к валу?
 - i) Верхняя мертвая точка
 - ii) Нижняя мертвая точка
 - iii) Точка невозврата
 - iv) Нулевая точка

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Назначение криогенных и низкотемпературных машин.

Устройство, действие и классификация поршневых детандеров. Индикаторная диаграмма поршневого детандера. Энергетический баланс. Оценка эффективности поршневого детандера. Действительный цикл поршневого детандера. Влияние реальных свойств криоагента. Алгоритм теплового расчета адиабатного поршневого детандера. Динамические характеристики поршневого детандера. Поршневое уплотнение. Механизм газораспределения. Основные конструктивные особенности воздушных, водородных и гелиевых поршневых детандеров.

Области применения турбодетандеров. Схема, основные понятия. Расчет процесса в турбодетандере. Оптимизация параметров турбинной ступени. Термодинамический расчет газовой турбины. Сопловые аппараты турбинной ступени. Профилирование элементов турбинной ступени. Конструкции турбодетандеров.

Принцип действия и классификация. Принципиальные схемы КГМ. Циклы и особенности рабочего процесса. Гидродинамическая модель КГМ. Аппараты внешнего теплообмена. Конструкции и тепловой расчет регенераторов. Конструкции КГМ.

Эжсекторы. Вихревые трубы. Пульсационные криогенераторы. Магнитокалорические криогенераторы. Волновые криогенераторы. Медицинские криогенераторы и криоинструменты для хирургии.

Криогенные центробежные насосы. Поршневые насосы. Насосы для жидкого гелия.

Назначение и анализ схем газификационных установок. Компрессионные газификаторы. Теплые газификаторы.

Холодные газификаторы. Газификаторы с насосом.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 20 вопросов. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 80 %

2. Оценка «Зачтено» ставится, если студент набрал не менее 80 %

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Области применения криогенных и низкотемпературных машин	ПК-4, ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Поршневые криогенные детандеры	ПК-4, ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Криогенные турбодетандеры	ПК-4, ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	Криогенные газовые машины	ПК-4, ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Безмашинные криогенераторы	ПК-4, ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Криогенные насосы	ПК-4, ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
7	Криогенные газификаторы	ПК-4, ПК-1	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.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Милошенко, В.Е. *Криофизика: Учеб. пособие.* - Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2009. - 207 с. 77-00.

2. Бродянский, В.М., *Термодинамические основы криогенной техники.* Москва: Энергия, 1980. - 448 с. - 3-10.

3. *Теория, расчёт и конструирование поршневых компрессоров : конспект лекций / В. Л. Юша, С. С. Бусаров, В. К. Васильев, И. П. Аустов.* — Омск : Омский государственный технический университет, 2017. — 204 с. — ISBN 978-5-8149-2494-0. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://ipr-smart.ru/78480.html>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

4. *Коротков, В. А. Расчет осевого холодильного детандера : учебно-методическое пособие / В. А. Коротков, Ю. В. Татаренко, М. М. Данилов.* — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2015. — 31 с. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://ipr-smart.ru/68089.html>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

5. *Машины низкотемпературной техники. Криогенные машины и инструменты : учебник для вузов / А. Н. Антонов, А. М. Архаров, И. А. Архаров [и др.] ; под редакцией А. М. Архарова, И. К. Буткевича.* — 2-е изд. — Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2015. — 536 с. — ISBN 978-5-7038-3931-7. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://ipr-smart.ru/94148.html>. — Режим до-

студента: для авторизир. Пользователей

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:

- 1) MS Word
- 2) SMath Studio
- 3) <https://elibrary.ru>
- 4) <https://cchgeu.ru>
- 5) <https://www.iprbookshop.ru>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных, лабораторных и практических занятий необходима аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой, персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет.

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

По дисциплине «Криогенная техника» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

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 устройств криогенной техники. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

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

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить 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: <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
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 три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.