

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

Декан факультета  УТВЕРЖДАЮ
В.А. Небольсин

«30» августа 2017 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 2017

Автор программы

Зав. кафедрой физики твердого тела

Руководитель ОПОП



/К.Г. Королев/

/Ю.Е. Калинин/

/О.В. Калядин/

Воронеж 2017

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 вариативной части (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Криогенная техника» направлен на формирование следующих компетенций:

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

ПКВ-3 - готовностью выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи в области низкотемпературной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам

ПКВ-6 - способностью использовать полученные специализированные знания для проектирования, создания и эксплуатации разнообразных установок низкотемпературной техники

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

ПКВ-3	знать области низкотемпературной техники и систем жизнеобеспечения
	уметь решать научно-технические задачи в области низкотемпературной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам
	владеть способностью решать научно-технические задачи в области низкотемпературной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам
ПКВ-6	знать способы проектирования, создания и эксплуатации разнообразных установок низкотемпературной техники
	уметь использовать полученные специализированные знания для проектирования, создания и эксплуатации разнообразных установок низкотемпературной техники
	владеть способностью использовать полученные специализированные знания для проектирования, создания и эксплуатации разнообразных установок низкотемпературной техники

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	24	24
Практические занятия (ПЗ)	36	36
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.	2	3		3	8
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 характеристики поршневого детандера. Поршневое уплотнение. Механизм газораспределения. Основные конструктивные особенности воздушных, водородных и гелиевых поршневых детандеров.	4	4	2	6	16
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.	4		2	6	12
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	2	6	16
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

Криогенные газификаторы	Назначение и анализ схем газификационных установок. Компрессионные газификаторы. Теплые газификаторы. Холодные газификаторы. Газификаторы с насосом.	2	3	4	3	12
Итого		24	36	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	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь использовать в разработке технических проектов новые информационные технологии	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть способностью разрабатывать проекты узлов аппаратов с учетом сформулированных к ним требований, использовать в разработке технических проектов новые	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	информационные технологии			
ПКВ-3	знать области низкотемпературной техники и систем жизнеобеспечения	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь решать научно-технические задачи в области низкотемпературной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть способностью решать научно-технические задачи в области низкотемпературной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПКВ-6	знать способы проектирования, создания и эксплуатации разнообразных установок низкотемпературной техники	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь использовать	Решение стандартных	Выполнение работ в	Невыполнение

	полученные специализированные знания для проектирования, создания и эксплуатации разнообразных установок низкотемпературной техники	практических задач	срок, предусмотренный в рабочих программах	работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть способностью использовать полученные специализированные знания для проектирования, создания и эксплуатации разнообразных установок низкотемпературной техники	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 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	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь использовать в разработке технических проектов новые информационные технологии	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть способностью разрабатывать проекты узлов аппаратов с учетом сформулированных к ним требований, использовать в разработке технических проектов новые информационные технологии	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПКВ-3	знать области низкотемпературной техники и систем жизнеобеспечения	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%

	<p>уметь решать научно-технические задачи в области низкотемпературной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам</p>	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	<p>владеть способностью решать научно-технические задачи в области низкотемпературной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам</p>	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПКВ-6	<p>знать способы проектирования, создания и эксплуатации разнообразных установок низкотемпературной техники</p>	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	<p>уметь использовать полученные специализированные знания для проектирования, создания и эксплуатации разнообразных установок</p>	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	низкотемпературной техники			
	владеть способностью использовать полученные специализированные знания для проектирования, создания и эксплуатации разнообразных установок низкотемпературной техники	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

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 (минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач (минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач (минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

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.

Эжекторы. 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

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	Области применения криогенных и низкотемпературных машин	ПК-4, ПКВ-3, ПКВ-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Поршневые криогенные детандеры	ПК-4, ПКВ-3, ПКВ-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Криогенные турбодетандеры	ПК-4, ПКВ-3, ПКВ-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	Криогенные газовые машины	ПК-4, ПКВ-3, ПКВ-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Безмашинные криогенераторы	ПК-4, ПКВ-3, ПКВ-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

6	Криогенные насосы	ПК-4, ПКВ-3, ПКВ-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
7	Криогенные газификаторы	ПК-4, ПКВ-3, ПКВ-6	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.

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>

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; помечать 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

	<p>литературой, а также проработка конспектов лекций;</p> <ul style="list-style-type: none">- 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	<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 зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>