

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Набережночелнинский институт (филиал)  
Отделение информационных технологий и энергетических систем



**УТВЕРЖДАЮ**  
Заместитель директора  
по образовательной деятельности  
НЧИ КФУ  
Ахметов Н.Д.  
"\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## **Программа дисциплины**

Термоэлектрические устройства в системах климатической техники

Направление подготовки: 16.03.03 - Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

Профиль подготовки: Холодильная техника и системы жизнеобеспечения

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
  - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
  - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
- 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (доцент) Звездин В.В. (Кафедра высокоэнергетических процессов и агрегатов, Отделение информационных технологий и энергетических систем), VVZvezdin@kpfu.ru ; доцент, к.н. Саубанов Р.Р. (Кафедра высокоэнергетических процессов и агрегатов, Отделение информационных технологий и энергетических систем), RRSaubanov@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-21	готовностью участвовать в работах по поиску оптимальных решений при создании отдельных видов продукции с учетом требований эффективной работы, долговечности, автоматизации, безопасности жизнедеятельности, качества, стоимости, сроков исполнения и конкурентоспособности
ПК-25	способностью планировать работы по сборке, эксплуатации, ремонту и регламентные мероприятия низкотемпературных машин и установок и контролировать их выполнение
ПК-26	владением культурой профессиональной безопасности, способностью идентифицировать опасности и оценивать риски в сфере своей профессиональной деятельности

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- оптимальные решения создания отдельных видов продукции с учетом требований эффективной работы, долговечности, автоматизации, безопасности жизнедеятельности.
- методику планирования пуско-наладочными работами высокотехнологичного оборудования.
- культуру профессиональной безопасности и идентифицировать опасность при проведении монтажных, пуско-наладочных работ в области высокотехнологичного оборудования.

Должен уметь:

- планировать работы по сборке, эксплуатации, ремонту и регламентные мероприятия низкотемпературных машин и установки.
- применять современные технологии при производстве автоматизированных систем контроля высокотехнологического оборудования.
- формировать культуру безопасности и приобретение знаний, умений, навыков необходимых при проведении монтажных, пуско-наладочных работ в области высокотехнологичного оборудования.

Должен владеть:

- культурой профессиональной безопасности, способностью идентифицировать опасности и оценивать риски в сфере своей профессиональной деятельности.
- теоретическим знанием конструктивных особенностей, работой по сборке, эксплуатации, ремонту и регламентные мероприятия низкотемпературных машин и установки.
- навыками современных технологий для разработки высокотехнологического оборудования при производстве автоматизированных систем контроля высокотехнологического оборудования.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- применять полученные знания на практике.

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.4 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 16.03.03 "Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения (Холодильная техника и системы жизнеобеспечения)" и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе в 8 семестре.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных(ые) единиц(ы) на 252 часа(ов).

Контактная работа - 72 часа(ов), в том числе лекции - 24 часа(ов), практические занятия - 24 часа(ов), лабораторные работы - 24 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 180 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 8 семестре.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение. Предмет и задачи курса. Некоторые положения теории термоэлектричества.	8	2	2	3	22
2.	Тема 2. Основы общей теории и основные расчетные соотношения для охлаждающего термоэлемента.	8	2	4	3	22
3.	Тема 3. Материалы для термоэлектрических преобразователей.	8	4	4	3	22
4.	Тема 4. Конструкционное оформление термоэлектрических модулей.	8	2	2	3	22
5.	Тема 5. Технологические области применения термоэлектрического охлаждения	8	2	2	3	22
6.	Тема 6. Расчёт термоэлектрических охлаждающих устройств	8	4	4	3	22
7.	Тема 7. Использование программных продуктов для расчёта и выбора стандартных модулей	8	4	4	3	24
8.	Тема 8. Особенности работы прикладных программ для расчетов	8	4	2	3	24
	Итого		24	24	24	180

##### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

###### Тема 1. Введение. Предмет и задачи курса. Некоторые положения теории термоэлектричества.

Основные понятия и термины. Страницы истории. Современные методы заморозки. Приводятся основные положения теории термоэлектрического охлаждения, описывается конструктивное оформление термоэлектрических модулей, изложены методы расчета термоэлектрических охлаждающих устройств, в том числе с помощью современных программных продуктов. Обсуждаются области применения термоэлектрического охлаждения.

###### Тема 2. Основы общей теории и основные расчетные соотношения для охлаждающего термоэлемента.

Процессы внутреннего и внешнего охлаждения. Виды проводимости термоэлектриков. Термоэлектрические эффекты. Эффект Зеебека. Эффект Пельтье. Эффект Томсона. Термоэлектрические модули. Принципиальная схема термоэлектрического холодильного блока. Типичные термоэлектрические модули. Основные расчетные соотношения для охлаждающего термоэлемента

###### Тема 3. Материалы для термоэлектрических преобразователей.

Материалы для термоэлектрических преобразователей. Режимы работы охлаждающих термоэлементов в условиях максимальной холодопроизводительности. Зависимость холодильного коэффициента и холодопроизводительности от разности температур для режима максимального холодильного коэффициента. Зависимость холодильного коэффициента и холодопроизводительности от разности температур для режима максимальной холодопроизводительности.

#### **Тема 4. Конструкционное оформление термоэлектрических модулей.**

Конструкционная архитектура термоэлектрических модулей. Керамические материалы. Тепловое сопряжение термобатареи (модульный интерфейс). Минимальным тепловым сопротивлением. Теплообменники (специализированные алюминиевые теплообменники с электроизоляцией контактов, Теплообменники из нитрида алюминия).

#### **Тема 5. Технологические области применения термоэлектрического охлаждения**

Важные преимущества термоэлектрического метода получения холода в сравнении с другими типами охлаждения. Классы использования термоэлектрических холодильных машин. Маломощные охладители. Высокомощные охладители. Термоэлектрические холодильники потребительского назначения и охладители на транспорте.

#### **Тема 6. Расчёт термоэлектрических охлаждающих устройств**

Тепловой расчёт термоэлектрических охлаждающих устройств. Расчёт охлаждающей термобатареи в режиме максимального холодильного коэффициента. холодильный коэффициент; мощность, которую будет потреблять термобатарея из сети; теплота, выделяемая на горячих спаях; падение напряжения на одном термоэлементе; число термоэлементов; сопротивление одного термоэлемента и всей термобатареи; соотношение между длиной и сечением ветвей. Расчёт термобатареи в режиме максимальной холодопроизводительности. Параметры, лежащие в основе выбора стандартного термоэлектрического модуля. Управление работой термоэлектрического охладителя.

#### **Тема 7. Использование программных продуктов для расчёта и выбора стандартных модулей**

Использование прикладных программных продуктов для теплофизического расчёта и выбора стандартных термоэлектрических модулей. Расчёт холодопроизводительности средствами прикладных программных продуктов. Выбор геометрии объекта. Использование несортированного списка для просмотра отдельных групп модулей.

#### **Тема 8. Особенности работы прикладных программ для расчетов**

Выбор модулей, схемы соединения и источника питания. Определение параметров холодной и горячей сторон. Расчет промежуточного теплового сопротивления. Расчет теплового сопротивления теплообменника. Расчет коэффициента теплоотдачи. Результаты расчета термоэлектрической системы. Температурное поле. Энергетические характеристики.

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

### **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

#### **6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения**

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
<b>Семестр 8</b>			

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Устный опрос	ПК-26	1. Введение. Предмет и задачи курса. Некоторые положения теории термоэлектричества. 2. Основы общей теории и основные расчетные соотношения для охлаждающего термоэлемента. 3. Материалы для термоэлектрических преобразователей. 8. Особенности работы прикладных программ для расчетов
2	Лабораторные работы	ПК-25	4. Конструкционное оформление термоэлектрических модулей. 6. Расчёт термоэлектрических охлаждающих устройств 7. Использование программных продуктов для расчёта и выбора стандартных модулей
3	Письменная работа	ПК-21	3. Материалы для термоэлектрических преобразователей. 5. Технологические области применения термоэлектрического охлаждения 6. Расчёт термоэлектрических охлаждающих устройств
	<b>Зачет</b>	ПК-21, ПК-25, ПК-26	

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

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Семестр 8</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	1
Лабораторные работы	Оборудование и методы использованы правильно. Проявлена превосходная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения полностью освоены. Результат лабораторной работы полностью соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы в основном правильно. Проявлена хорошая теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения в основном освоены. Результат лабораторной работы в основном соответствует её целям.	Оборудование и методы частично использованы правильно. Проявлена удовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения частично освоены. Результат лабораторной работы частично соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы неправильно. Проявлена неудовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения не освоены. Результат лабораторной работы не соответствует её целям.	2

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Письменная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	3
	<b>Зачтено</b>		<b>Не зачтено</b>		
<b>Зачет</b>	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.		Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.		

### 6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

#### Семестр 8

#### Текущий контроль

##### 1. Устный опрос

Темы 1, 2, 3, 8

Устный опрос:

1. В какой форме могут быть представлены временные динамические и частотные характеристики объекта регулирования?
2. В чем различие между переходной функцией объекта и кривой разгона?
3. Как по импульсной переходной функции строится кривая разгона объекта?
4. Как по кривой разгона строится амплитудно-фазовая характеристика объекта?
5. Как по участку переходной функции апериодического звена построить его переходную характеристику?

Устный опрос:

1. Что такое термопара?
2. Опишите устройство термоэлектрического термометра.
3. Каков принцип работы потенциометра?
4. Какими способами устраняют влияние изменения температуры свободных концов на показания термопар?
5. Укажите основные типы термоэлектрических термометров и их пределы измерений.
6. Какие термоэлектрические эффекты положены в основу работы термопары?
7. Для чего служат компенсационные провода?
8. Что такое относительная погрешность?
9. В чем сущность компенсационного метода измерения термоЭДС?
10. Объясните принцип действия и устройство автоматического моста.
11. Что такое термометр сопротивления?
12. Назовите виды ТС и пределы их измерений.
13. Чем отличается трехпроводная схема включения ТС от двухпроводной?
14. Какие приборы применяются в комплекте с ТС?
15. Как влияет изменение напряжения питания на работу уравновешенного моста?
16. Каковы конструктивные и метрологические особенности полупроводниковых ТС?
17. Назовите методические погрешности при измерении температуры с помощью ТС.

Устный опрос:

1. Принцип действия каких пирометров основан на законах Стефана ? Больцмана и Планка?
2. Что является термочувствительными элементами в ПСИ и в ПЧИ?
3. Дайте определение абсолютно черного тела.
4. Что такое радиационная, яркостная и цветовая температура?
5. Для каких целей в ПСО используются две диафрагмы?
6. Что является причиной методической погрешности бесконтактных измерителей температуры?
7. Из каких основных частей состоит ПСО?
8. Какие возможны погрешности при измерении температуры с помощью ПСИ?
9. В чем заключается и как проводится поверка ПСИ?
10. В каких случаях ПСО измеряет действительную температуру тела?
11. Какой прибор: ПСИ, ПЧИ или ПСО ? является наиболее точным?
12. Покажите (на стенде наглядных пособий) основные узлы ПСИ и фотоэлектрического ПЧИ.

Устный опрос:

1. Как измеряется расход методами переменного перепада и динамического напора?
2. Как и почему изменяется статическое давление в потоке при прохождении через дросселирующее устройство?

3. Напишите уравнение Бернулли.
4. Назовите все величины, входящие в основную формулу расхода.
5. В каких случаях применение сопла и трубы Вентури предпочтительнее, чем применение диафрагмы?
6. От чего зависит коэффициент  $A$ ?
7. Как сказывается ошибка в определении величины  $\alpha$  (или  $d$ ,  $\Delta r$ ,  $\varepsilon$ ,  $\rho$ ) на погрешность измерения расхода?

Устный опрос:

1. В чем заключается метод контроля состава металла на основе измерения термоЭДС пробы?
2. Опишите устройство термоэлектрического анализатора состава сплава.
3. Какие существуют методические погрешности при измерении термоЭДС образца?
4. Какие параметры определяют термоЭДС металлов и сплавов?
5. Какие элементы оказывают наибольшее влияние на термоЭДС стали?
6. В чем заключается метод контроля состава сплава по температуре его кристаллизации?
7. Опишите устройство для контроля состава сплава методом ликвидус.
8. Какой элемент оказывает наибольшее влияние на температуру кристаллизации стали?
9. Какой тип термопары используется для измерения температуры охлаждающейся пробы в датчиках типа ?ликвидус??

Устный опрос:

1. Какими динамическими звеньями аппроксимируется кривая разгона объекта автоматического регулирования в металлургических печах?
2. Какие показатели характеризуют качество переходного процесса в САР?
3. Какими основными требованиями определяется выбор контрольно-измерительной аппаратуры для конкретного объекта?
4. Какова методика выбора типа регулятора по статическим и динамическим характеристикам объекта регулирования?
5. Какие параметры объекта и показатели качества регулирования определяют тип регулятора и его настройки?
6. Охарактеризуйте три типа переходных процессов в системах регулирования.
7. Назовите и охарактеризуйте основные элементы лабораторной установки для изучения процессов регулирования с помощью ПИ- и ПИД-регуляторов.

Устный опрос:

1. Назовите основные единицы измерения температуры.
2. Какие чувствительные элементы используются в контактных СИ температуры расплава?
3. Какие чувствительные элементы используются в бесконтактных СИ температуры расплава?
4. Какие методические погрешности возникают при использовании различных типов СИ температуры расплава?
5. Опишите принцип работы плавильной печи.
6. С какой целью на чувствительном элементе сменного блока расположен металлический чехол?

## 2. Лабораторные работы

Темы 4, 6, 7

Лабораторная работа 1. Термоэлектрические термометры и термометры сопротивления

1. Что такое термопара?
2. Опишите устройство термоэлектрического термометра.
3. Каков принцип работы потенциометра?
4. Какими способами устраняют влияние изменения температуры свободных концов на показания термопар?
5. Укажите основные типы термоэлектрических термометров и их пределы измерений.
6. Какие термоэлектрические эффекты положены в основу работы термопары?
7. Для чего служат компенсационные провода?



8. Что такое относительная погрешность?
9. В чем сущность компенсационного метода измерения термоЭДС?
10. Объясните принцип действия и устройство автоматического моста.
11. Что такое термометр сопротивления?
12. Назовите виды ТС и пределы их измерений.
13. Чем отличается трехпроводная схема включения ТС от двухпроводной?
14. Какие приборы применяются в комплекте с ТС?
15. Как влияет изменение напряжения питания на работу уравновешенного моста?
16. Каковы конструктивные и метрологические особенности полупроводниковых ТС?
17. Назовите методические погрешности при измерении температуры с помощью ТС.

#### Лабораторная работа 2. Пирометры излучения

1. Принцип действия каких пирометров основан на законах Стефана ? Больцмана и Планка?
2. Что является термочувствительными элементами в ПСИ и в ПЧИ?
3. Дайте определение абсолютно черного тела.
4. Что такое радиационная, яркостная и цветовая температура?
5. Для каких целей в ПСО используются две диафрагмы?
6. Что является причиной методической погрешности бесконтактных измерителей температуры?
7. Из каких основных частей состоит ПСО?
8. Какие возможны погрешности при измерении температуры с помощью ПСИ?
9. В чем заключается и как проводится поверка ПСИ?
10. В каких случаях ПСО измеряет действительную температуру тела?
11. Какой прибор: ПСИ, ПЧИ или ПСО ? является наиболее точным?
12. Покажите (на стенде наглядных пособий) основные узлы ПСИ и фотоэлектрического ПЧИ.

#### Лабораторная работа 3. Методы измерения расхода газа и жидкости

1. Как измеряется расход методами переменного перепада и динамического напора?
2. Как и почему изменяется статическое давление в потоке при прохождении через дросселирующее устройство?
3. Напишите уравнение Бернулли.
4. Назовите все величины, входящие в основную формулу расхода.
5. В каких случаях применение сопла и трубы Вентури предпочтительнее, чем применение диафрагмы?
6. От чего зависит коэффициент А?
7. Как сказывается ошибка в определении величины  $\alpha$  (или  $d$ ,  $\Delta p$ ,  $\varepsilon$ ,  $\rho$ ) на погрешность измерения расхода?

#### Лабораторная работа 4. Автоматический оперативный контроль состава металла

1. В чем заключается метод контроля состава металла на основе измерения термоЭДС пробы?
2. Опишите устройство термоэлектрического анализатора состава сплава.
3. Какие существуют методические погрешности при измерении термоЭДС образца?
4. Какие параметры определяют термоЭДС металлов и сплавов?
5. Какие элементы оказывают наибольшее влияние на термоЭДС стали?
6. В чем заключается метод контроля состава сплава по температуре его кристаллизации?
7. Опишите устройство для контроля состава сплава методом ликвидус.
8. Какой элемент оказывает наибольшее влияние на температуру кристаллизации стали?
9. Какой тип термопары используется для измерения температуры охлаждающейся пробы в датчиках типа ?ликвидус??

### 3. Письменная работа

Темы 3, 5, 6

#### Практическая работа 2. Расчет температуры жидкого металла

1. Назовите основные единицы измерения температуры.
2. Какие чувствительные элементы используются в контактных СИ температуры расплава?
3. Какие чувствительные элементы используются в бесконтактных СИ температуры расплава?
4. Какие методические погрешности возникают при использовании различных типов СИ температуры расплава?
5. Опишите принцип работы плавильной печи.
6. С какой целью на чувствительном элементе сменного блока расположен металлический чехол?

#### Практическая работа 2. Определение динамических характеристик объектов автоматического регулирования

1. В какой форме могут быть представлены временные динамические и частотные характеристики объекта регулирования?
2. В чем различие между переходной функцией объекта и кривой разгона?
3. Как по импульсной переходной функции строится кривая разгона объекта?
4. Как по кривой разгона строится амплитудно-фазовая характеристика объекта?
5. Как по участку переходной функции апериодического звена построить его переходную характеристику?

### Практическая работа 3. Исследование замкнутой системы автоматического регулирования с ПИ- и ПИД-регуляторами

1. Какими динамическими звеньями аппроксимируется кривая разгона объекта автоматического регулирования в металлургических печах?
2. Какие показатели характеризуют качество переходного процесса в САР?
3. Какими основными требованиями определяется выбор контрольно-измерительной аппаратуры для конкретного объекта?
4. Какова методика выбора типа регулятора по статическим и динамическим характеристикам объекта регулирования?
5. Какие параметры объекта и показатели качества регулирования определяют тип регулятора и его настройки?
6. Охарактеризуйте три типа переходных процессов в системах регулирования.
7. Назовите и охарактеризуйте основные элементы лабораторной установки для изучения процессов регулирования с помощью ПИ- и ПИД-регуляторов.

#### **Зачет**

Вопросы к зачету:

1. Основные понятия и термины.
2. Страницы истории. Современные методы заморозки.
3. Процессы внутреннего и внешнего охлаждения.
4. Дросселирование.
5. Адиабатное изоэнтропное расширение.
6. Адиабатное неизоэнтропное расширение. Выхлоп.
7. Эксергетический анализ.
8. Цикл Карно.
9. Рабочие тела для низкотемпературных систем.
10. Регенерация холода.
11. Каскадные установки.
12. Установки со стационарными потоками, установки, работающие по циклу Линде.
13. Использование двукратного дросселирования.
14. Применение газовых смесей. Применение детандеров.
15. Эжекторные схемы.
16. Ожижение водорода методом дросселирования.
17. Получение параводорода.
18. Ожижение водорода с использованием различных циклов.
19. Устройство водородных ожижителей.
20. Ожижение гелия в циклах с детандерами.
21. Гелиевые рефрижераторы.
22. Конструкции основных узлов гелиевых рефрижераторов и ожижителей.
23. Термодинамические и теплофизические свойства инертных газов, азота, кислорода.
24. Многокомпонентные рабочие тела.
25. Основные фазовые диаграммы.
26. Фазовое равновесие жидкость-пар, жидкость-твердое тело, газ-твердое тело.
27. Основы методик расчета и термодинамической оптимизации установок, работающих по обратному циклу Стирлинга, Гиффорда-МакМагона, Вюлемье-Такониса, пульсационная труба.
28. Схемы газовых криогенных машин.
29. Особенности конструкций газовых криогенных машин.
30. Влияние эффективности регенератора на КПД цикла.
31. Расчет регенераторов.
32. Конструкция регенераторов.
33. Свойства материалов, используемых в регенераторах криогенных машин.
34. Обзор современных гелиевых, водородных, неоновых, азотных рефрижераторов и ожижителей.
35. Современные микрокриогенные системы. Газовые криогенные машины.
36. Мега криогенные системы.
37. Компрессора.
38. Системы охлаждения рабочего тела при компримировании.
39. Детандеры.
40. Теплообменники.
41. Дроссели.
42. Конструкции криостатов.
43. Изоляция.
44. Вакуумное оборудование.
45. Техника безопасности при работе с криосистемами.

46. Особенности работы компрессоров в холодильных машинах.
47. Основные типы компрессоров, их классификация.
48. Назначение и основные типы детандеров, области их применения.
49. Применение уравнения состояния идеальных и реальных газов при расчете компрессоров и детандеров.
50. Теоретический компрессор. Индикаторная диаграмма теоретического компрессора.
51. Теоретический детандер. Индикаторная диаграмма теоретического детандера.
52. Работа теоретического компрессора и детандера при различных термодинамических процессах.
53. Энергетические характеристики компрессоров и расширительных машин: производительность и мощность.

#### 6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
<b>Семестр 8</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	1	20
Лабораторные работы	В аудитории, оснащённой соответствующим оборудованием, обучающиеся проводят учебные эксперименты и тренируются в применении практико-ориентированных технологий. Оцениваются знание материала и умение применять его на практике, умения и навыки по работе с оборудованием в соответствующей предметной области.	2	15
Письменная работа	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	3	15
<b>Зачет</b>	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

#### 7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы.

Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

#### 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

ABOK - <https://www.abok.ru>

Danfoss - <https://www.danfoss.com/ru-ru>

Refportal - <http://refportal.com>

#### 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала преподаваемым преподавателем. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. В конце семестра у студента должен быть конспект лекций на все пройденные темы.
практические занятия	Во время практических занятий будут решены задачи по теме пройденных лекций. Во время пары практических занятий минимум один студент на одно занятие будет выводиться к доске для разбора решения задачи. Также для дополнительного понятия темы будут выдаваться задачи для решения на дом. Для стимуляции студентов при решении задач будут выставляться дополнительные баллы.
лабораторные работы	Лабораторные работы проводятся в специализированных аудиториях, где находятся лабораторные установки. В первой половине пары студенты после изучения методического пособия по проведению лабораторных работ производят эксперименты на установках и составляют протокол измерений. Далее студенты оформляют отчет проведения лабораторной работы в состав которого входит: теоретическая часть, экспериментальная часть, расчетная часть и вывод. После выполнения данных действий студент защищает данную работу.
самостоятельная работа	Начиная подготовку к занятию, необходимо, прежде всего, указать студентам страницы в конспекте лекций, разделы учебников и учебных пособий, чтобы они получили общее представление о месте и значении темы в изучаемом курсе. Затем следует рекомендовать им поработать с дополнительной литературой, сделать записи по рекомендованным источникам.
устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.
письменная работа	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических и практических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.
зачет	После последней лекции взять у преподавателя перечень вопросов к зачету и подготовиться надлежащим образом. Если в перечне вопросов будут вопросы, которые не изучали, то нужно обратиться к преподавателю заранее. Если в перечне вопросов будут непонятные вопросы, то попросить преподавателя разъяснить данные вопросы во время консультации

#### 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

### **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

Специализированная лаборатория.

### **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 16.03.03 "Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения" и профилю подготовки "Холодильная техника и системы жизнеобеспечения".

Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.4 Термоэлектрические устройства в системах  
климатической техники

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 16.03.03 - Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

Профиль подготовки: Холодильная техника и системы жизнеобеспечения

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

**Основная литература:**

1. Кудинов В. А. Теплотехника: учебное пособие / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. - Москва : КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 424 с.: ил.; . - (Высшее образование). - ISBN 978-5-905554-80-3. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/486472> (дата обращения: 11.08.2020). -Текст: электронный.
2. Семенов Б. А. Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях : учебное пособие / Б. А. Семенов. - 2-е изд., доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 400 с. - ISBN 978-5-8114-1392-8. - URL : <https://e.lanbook.com/book/5107> (дата обращения: 07.08.2020).- Текст : электронный.
3. Кудинов И. В. Аналитические решения параболических и гиперболических уравнений тепломассопереноса : учебное пособие / И. В. Кудинов, В. А. Кудинов ; под ред. Э. М. Карташова. - Москва : ИНФРА-М, 2019. - 391 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-006724-7 - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1012441> (дата обращения: 06.08.2020). - Текст : электронный.
4. Заворохина Н. В. Сенсорный анализ продовольственных товаров на предприятиях пищевой промышленности, торговли и общественного питания : учебник / Н.В. Заворохина, О.В. Голуб, В.М. Позняковский. - Москва : ИНФРА-М, 2018. - 144 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-103776-8. - URL : <https://new.znanium.com/catalog/product/966313>. (дата обращения: 07.08.2020).- Текст : электронный.

**Дополнительная литература:**

1. Бурашников Ю. М. Производственная безопасность на предприятиях пищевых производств : учебник / Ю. М. Бурашников, А. С. Максимов, В. Н. Сысоев. - 2-е изд., стер. - Москва : Издательско-торговая корпорация 'Дашков и К-', 2020. - 518 с. - ISBN 978-5-394-03473-2. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1093494> (дата обращения: 11.08.2020). - Текст: электронный.
2. Гаврилов А. Н. Средства и системы управления технологическими процессами : учебное пособие / А.Н. Гаврилов, Ю.В. Пятаков. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2019. - 376 с. - ISBN 978-5-8114-4584-4. - URL: <https://e.lanbook.com/book/122190> (дата обращения: 07.08.2020). - Текст : электронный. .
3. Шевчук В. П. Моделирование метрологических характеристик интеллектуальных измерительных приборов и систем : учебно-методическое пособие / В.П. Шевчук. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 320 с. - ISBN 978-5-9221-1314-4. - URL: <https://e.lanbook.com/book/5301> (дата обращения: 07.08.2020). - Текст : электронный.
4. Краснов В. И. Монтаж систем вентиляции и кондиционирования воздуха : учебное пособие / В.И. Краснов. - Москва : ИНФРА-М, 2019. - 224 с.- (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-102757-8. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/1000470> (дата обращения: 07.08.2020). - Текст : электронный.
5. Сибикин Ю. Д. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: учебное пособие / Ю. Д. Сибикин. - Москва: Академия, 2009. - 304 с. - Рек. МО. - В пер. - ISBN 978-5-7695-6357-7. - Текст: непосредственный. (14 экз.)

Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.4 Термоэлектрические устройства в системах  
климатической техники

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 16.03.03 - Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

Профиль подготовки: Холодильная техника и системы жизнеобеспечения

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.