

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

Первый заместитель директора
НЧИ КФУ Симонова Л. А.



_____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Тепловые насосы

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: 2017

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) заведующий кафедрой, к.н. (доцент) Галиакбаров А.Т. (Кафедра физики НИ, Отделение информационных технологий и энергетических систем), azatgaliakbarov@yandex.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
ОК-7	способностью к самоорганизации и самообразованию
ПК-13	способностью выполнять расчетно-экспериментальные работы по многовариантному анализу характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов
ПК-16	способностью выполнять производственные работы по изготовлению, сборке, испытаниям, монтажу и эксплуатации низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- устройство, принцип действия, классификацию, особенности конструкции тепловых насосов
- основные требования к эксплуатации тепловых насосов

Должен уметь:

- строить индикаторные диаграммы и динамические характеристики тепловых насосов;
- составлять энергетический баланс, определять потери энергии, утечки криоагента и эффективность тепловых насосов;
- регулировать теплопроизводительность тепловых насосов.

Должен владеть:

- навыками расчета и математического моделирования рабочих процессов тепловых насосов;
- навыками эксплуатации тепловых насосов

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.1 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 3 курсе в 6 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 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 36 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 18 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 144 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 6 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. Термодинамические основы процессов трансформации тепла.	6	4	0	4	28
2.	Тема 2. Энергетические характеристики нагнетательных и расширительных машин трансформаторов тепла. Парожидкостные компрессионные трансформаторы тепла (холодильные и теплонасосные установки).	6	4	0	4	28
3.	Тема 3. Работа парожидкостных компрессионных трансформаторов тепла в нерасчетных условиях	6	4	0	4	28
4.	Тема 4. Абсорбционные трансформаторы тепла. Струйные трансформаторы тепла	6	3	0	3	28
5.	Тема 5. Газожидкостные компрессионные трансформаторы тепла Газовые (воздушные) компрессионные трансформаторы тепла	6	3	0	3	32
	Итого		18	0	18	144

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Введение. Термодинамические основы процессов трансформации тепла.

Введение

Назначение трансформаторов тепла. Область использования трансформаторов тепла. Классификация трансформаторов тепла

Термодинамические основы процессов трансформации тепла

Циклические, квазициклические и нециклические процессы в трансформаторах тепла. Эксергетический метод анализа систем трансформации тепла. Определение значения эксергии. Основные термодинамические зависимости. Хладоносители.

Тема 2. Энергетические характеристики нагнетательных и расширительных машин трансформаторов тепла. Парожидкостные компрессионные трансформаторы тепла (холодильные и теплонасосные установки).

Энергетические характеристики нагнетательных и расширительных машин трансформаторов тепла

Назначение и классификация нагнетательных и расширительных машин. Термогазодинамические основы процессов сжатия и расширения. Компрессоры объемного действия. Компрессоры кинетического действия (турбокомпрессоры). Поршневые детандеры. Турбодетандеры. Насосы

Парожидкостные компрессионные трансформаторы тепла (холодильные и теплонасосные установки)

Удельные энергозатраты и КПД компрессионных трансформаторов тепла

Энергетический и эксергетический балансы компрессионных трансформаторов тепла. Методика расчета одноступенчатых трансформаторов тепла. Применение двухступенчатых теплонасосных установок в системах теплоснабжения

Тема 3. Работа парожидкостных компрессионных трансформаторов тепла в нерасчетных условиях

Работа парожидкостных компрессионных трансформаторов тепла в нерасчетных условиях. (параметры хладоносителя). Основные методы регулирования компрессионных трансформаторов тепла в нерасчетных условиях. Условия установившегося режима. Характеристики основных элементов трансформатора тепла в нерасчетных условиях.

Тема 4. Абсорбционные трансформаторы тепла. Струйные трансформаторы тепла

Абсорбционные трансформаторы тепла

Принцип действия идеальных абсорбционных установок и удельный расход тепла в них.

Абсорбционно-диффузионные холодильные установки. Энергетическое сравнение абсорбционных и компрессионных холодильных установок

Струйные трансформаторы тепла

Типы струйных трансформаторов тепла. Принципиальная схема и КПД струйного компрессора. Расчет геометрических размеров струйных компрессоров. Характеристики струйного компрессора. Принципиальная схема вихревой трубы и процесс ее работы.

Тема 5. Газожидкостные компрессионные трансформаторы тепла Газовые (воздушные) компрессионные трансформаторы тепла

Газожидкостные компрессионные трансформаторы тепла

Особенности газожидкостных трансформаторов тепла. Низкотемпературная тепловая изоляция

Газовые (воздушные) компрессионные трансформаторы тепла

Особенности процессов в тазовых трансформаторах тепла. Идеальные тазовые циклы со стационарными процессами. Реальные газовые циклы и квазициклы со стационарными процессами

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
Семестр 6			
	Текущий контроль		
1	Контрольная работа	ПК-13, ОК-7, ПК-16	1. Введение. Термодинамические основы процессов трансформации тепла.
2	Лабораторные работы	ПК-16, ПК-13, ОК-7	2. Энергетические характеристики нагнетательных и расширительных машин трансформаторов тепла. Парожидкостные компрессионные трансформаторы тепла (холодильные и теплонасосные установки).
3	Лабораторные работы	ПК-16, ПК-13, ОК-7	3. Работа парожидкостных компрессионных трансформаторов тепла в нерасчетных условиях
4	Контрольная работа	ПК-16, ПК-13, ОК-7	4. Абсорбционные трансформаторы тепла. Струйные трансформаторы тепла
5	Лабораторные работы	ПК-16, ПК-13, ОК-7	5. Газожидкостные компрессионные трансформаторы тепла Газовые (воздушные) компрессионные трансформаторы тепла
	Зачет	ОК-7, ПК-13, ПК-16	

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.	
Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Семестр 6					
Текущий контроль					
Контрольная 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.	1 4
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 3 5
	Зачтено		Не зачтено		
Зачет	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 компетенции в процессе освоения образовательной программы					

Семестр 6

Текущий контроль

1. Контрольная работа

Тема 1

Контрольная работа:

Задача 1.1. Рассчитать и по полученным данным в координатах $tq^?T$ построить график изменения коэффициента работоспособности тепла tq в зависимости от температуры T в интервале от ∞ до 0 К. За температуру окружающей среды T_{oc} принять 293 К. Для расчета целесообразно задаться следующими значениями $T = 106; 105; 104; 5^?103; 3^?103; 103; 800; 600; 400; 200; 150; 100; 50; 30; 10; 5; 3; 2; 1; 0,1$ К.

Задача 1.2. Определить, во сколько раз удельная эксергия холода, полученного при нормальной температуре жидкого гелия, больше удельной эксергии холода, полученного при нормальной температуре:

а) жидкого водорода; б) жидкого кислорода; в) жидкого аммиака.

Задача 1.3. Определить температурные границы между зонами кондиционирования, холодильной техники, криогенной техники и ультранизких температур, если значения эксергетических температурных функций соответственно равны: $te = tq' = 0,1; - 1,44; - 100$. Температура окружающей среды 293 К.

Задача 1.4. Составить тепловой и эксергетический балансы системы, производящей холод при температуре $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ в количестве $Q_0 = 25\text{ кВт}$, и определить ее КПД если известно, что потребляемая мощность $N = 12,5\text{ кВт}$. Из системы отводится энергия Q_T в виде тепла с коэффициентом работоспособности $\eta_q = 0,032$.

Задача 1.5. Определить, каким образом и насколько изменится удельная эксергия хладагента R-12, который при давлении $p = 0,15\text{ МПа}$ в испарителе холодильной установки переходит из жидкого состояния в состояние сухого насыщенного пара.

Задача 1.6. Определить, какое количество эксергии (работы) надо подвести к воздуху в идеальном процессе, чтобы при давлении $0,5\text{ МПа}$ перевести его из газообразного состояния при $T = 293\text{ К}$ в двухфазное состояние пар-жидкость с содержанием 80% жидкости.

Задача 1.7. Определить, во сколько раз уменьшится работа в идеальном теплонасосном цикле, производящем тепло на уровне $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, если температура теплоотдатчика изменяется с 293 до 303 К .

Задача 1.8. Определить зависимость темпа изменения удельного расхода работы (эксергии) в идеальных холодильных установках $\Delta \dot{e}_h / \Delta T_h = T_{oc} / T_h^2$ при следующих значениях температуры теплоотдатчика $T_h = 293; 253; 213; 173; 133; 93; 13; 8; 3; 2; 1; 0,1\text{ К}$, $T_{oc} = 293\text{ К}$.

Задача 1.9. Определить отношения изменения удельного расхода эксергии в идеальных холодильных установках (при $T_v = \text{idem}$) на каждые 3 К уменьшения ΔT_h в интервалах температур: а) $8-5\text{ К}$; б) $13-10\text{ К}$; в) $93-90\text{ К}$; г) $173-170\text{ К}$ к изменению в интервале $253-250\text{ К}$.

Задача 1.10. Определить характер и ошибку при подсчете коэффициента работоспособности холода при неизотермическом отводе тепла, если действительный процесс заменяется линейным (см. рис. 1.1) при следующих условиях: а) $T_{h1} = 90\text{ К}$; $T_{h2} = 80\text{ К}$; б) $T_{h1} = 30\text{ К}$; $T_{h2} = 20\text{ К}$; в) $T_{h1} = 14\text{ К}$; $T_{h2} = 4\text{ К}$. Во всех трех случаях принять $T_{oc} = 293\text{ К}$.

2. Лабораторные работы

Тема 2

Лабораторная работа:

Изучение стенда Тепловой насос СТН 01.00.01, предназначенного для демонстрации работы теплового насоса. Теоретическая часть.

ТЕПЛОВОЙ НАСОС

ОПИСАНИЕ И РАБОТА СТЕНДА

НАЗНАЧЕНИЕ СТЕНДА

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

УСТРОЙСТВО И РАБОТА

ОБЩИЙ ВИД

СТЕНД-ТРЕНАЖЕР

ПРИБОР ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ :

ПОДГОТОВКА СТЕНДА К РАБОТЕ

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

РАБОТА ИЗМЕРИТЕЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ С ПЭВМ

ЗАПУСК И РАБОТА

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕНДА-ТРЕНАЖЕРА

3. Лабораторные работы

Тема 3

Задача 3.1. Определить кратность циркуляции раствора в водоаммиачной абсорбционной установке, если известно, что температура испарения хладагента составляет $t_0 = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура конденсации и абсорбции $t_K = t_a = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура генерации $t_g = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Задача 3.2. Определить интервал дегазации и кратность циркуляции в водоаммиачной абсорбционной установке, если температура испарения хладагента $t_0 = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура охлаждающей воды на входе в аппараты $t_{B2} = t_c = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и на выходе из них $t_{B1} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура теплоносителя $t_s = 145\text{ }^{\circ}\text{C}$, минимальные разности температур в аппаратах $\Delta t = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Задача 3.3. Определить удельную холодопроизводительность и удельный расход тепла на выработку холода в абсорбционной водоаммиачной установке, у которой температура генерации $t_g = 130\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура конденсации и абсорбции $t_K = t_a = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура испарения хладагента $t_0 = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$, эксергетический КПД установки $\eta_e = 0,5$.

Задача 3.4. Определить эксергетический КПД абсорбционной водоаммиачной установки, работающей в следующем режиме: температура испарения хладагента $t_0 = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура хладоносителя на входе в испаритель $t_{H1} = 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ и на выходе из него $t_{H2} = -8\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура генерации $t_g = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура конденсации $t_{oc} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Холодильный коэффициент установки $\epsilon = 0,4$.

Задача 3.5. Определить эксергетический КПД водоаммиачной абсорбционной установки, у которой температура испарения хладагента $t_0 = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура конденсации $t_K = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура абсорбции $t_a = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура генерации $t_g = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Задача 3.6. Водоаммиачная одноступенчатая абсорбционная холодильная установка имеет холодопроизводительность $Q_0 = 1500$ кВт. Температура хладоносителя на выходе из установки $t_{H2} = -15$ (на входе $t_{H1} = -10$ °С), температура охлаждающей воды на входе в аппараты $t_{B2} = 20$ °С и на выходе из них $t_{B1} = 30$ °С. Давление греющего сухого насыщенного пара $p = 0,6$ МПа. Конечные разности температур в испарителе $\Delta t_i = 5$ °С, в конденсаторе $\Delta t_k = 5$ °С, в абсорбере $\Delta t_a = 5$ °С, в генераторе $\Delta t_r = 8$ °С, в охладителе и теплообменнике $\Delta t_{по} = \Delta t_{то} = 10$ °С, в дефлегматоре $\Delta t_d = 15$ °С.

Определить параметры в характерных точках процесса, тепловые нагрузки аппаратов, удельный расход тепла, холодильный коэффициент и эксергетический КПД установки.

Задача 3.7. Одноступенчатая водоаммиачная абсорбционная установка имеет следующую характеристику: холодопроизводительность $Q_0 = 750$ кВт, температура хладоносителя на выходе из испарителя $t_{H2} = -35$ °С (на входе $t_{H1} = -15$), температура охлаждающей воды на входе в аппараты $t_{B2} = 20$ °С и на выходе из них $t_{B1} = 25$ °С, температура греющего пара $t_s = 179$ °С, конечные разности температур в испарителе, конденсаторе, абсорбере $\Delta t_i = \Delta t_k = \Delta t_a = 5$ °С, в генераторе $\Delta t_r = 9$ °С, в охладителе и теплообменнике $\Delta t_{по} = \Delta t_{то} = 10$ °С, в дефлегматоре $\Delta t_d = 15$ °С.

Определить параметры в характерных точках, построив процесс h, ξ -диаграмме, а также тепловые нагрузки аппаратов, удельный расход тепла, холодильный коэффициент и эксергетический КПД установки.

Задача 3.8. Одноступенчатая водоаммиачная абсорбционная установка имеет холодопроизводительность $Q_0 = 106$ ккал/ч = 1163 кВт. Температура рассола на входе в испаритель $t_{H1} = -18$ °С и на выходе из него $t_{H2} = -25$ °С, температура охлаждающей воды на входе в конденсатор, дефлегматор и абсорбер $t_{B2} = 20$ °С, а на выходе из них $t_{B1} = 30$ °С, температура греющего пара $t_s = 158$ °С ($p = 0,6$ МПа). Конечные разности температур в испарителе $\Delta t_i = 3$ °С, в конденсаторе и абсорбере $\Delta t_k = \Delta t_a = 5$ °С, в генераторе $\Delta t_r = 8$ °С, в охладителе $\Delta t_{по} = 8$ °С, в теплообменнике $\Delta t_{то} = 10$ °С, в дефлегматоре $\Delta t_d = t_2 - t_{B1} = 15$ °С

4. Контрольная работа

Тема 4

Лабораторная работа

Пароводяной струйный аппарат

1. НАЗНАЧЕНИЕ ИЗДЕЛИЯ
2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
3. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ.
4. РЕГУЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ.
5. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА И КПД ПАРОЭЖЕКТОРНЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК
6. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ
7. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ
8. ВЫВОД

5. Лабораторные работы

Тема 5

Лабораторная работа:

Газожидкостные трансформаторы тепла

Способы получения низких температур.

Обратимые и необратимые циклы. Обратные циклы.

Теоретический цикл холодильной машины с регенеративным теплообменником.

Теплообмен в процессе кипения жидкого хладагента.

Теплообмен в процессе конденсации паров хладагента.

Процессы в регенеративных теплообменниках и капиллярных трубках.

Термоэлектрические явления.

Зачет

Вопросы к зачету:

1. Введение
2. Назначение трансформаторов тепла. Область использования трансформаторов тепла. Классификация трансформаторов тепла
3. Термодинамические основы процессов трансформации тепла
4. Циклические, квазциклические и нециклические процессы в трансформаторах тепла.
5. Эксергетический метод анализа систем трансформации тепла.
6. Определение значения эксергии.
7. Основные термодинамические зависимости. Хладоносители.
8. Энергетические характеристики нагнетательных и расширительных машин трансформаторов тепла
9. Назначение и классификация нагнетательных и расширительных машин. Термогазодинамические основы процессов сжатия и расширения.
10. Компрессоры объемного действия.
11. Компрессоры кинетического действия (турбокомпрессоры) .
12. Поршневые детандеры. Турбодетандеры. Насосы
13. Парожидкостные компрессионные трансформаторы тепла (холодильные и теплонасосные установки)
14. Удельные энергозатраты и КПД компрессионных трансформаторов тепла

15. Энергетический и эксергетический балансы компрессионных трансформаторов тепла.
16. Методика расчета одноступенчатых трансформаторов тепла.
17. Применение двухступенчатых теплонасосных установок в системах теплоснабжения
18. Работа парожидкостных компрессионных трансформаторов тепла в нерасчетных условиях
19. Основные методы регулирования компрессионных трансформаторов тепла.
20. Условия установившегося режима.
21. Характеристики основных элементов трансформатора тепла
22. Абсорбционные трансформаторы тепла
23. Принцип действия идеальных абсорбционных установок и удельный расход тепла в них.
24. Абсорбционно-диффузионные холодильные установки.
25. Энергетическое сравнение абсорбционных и компрессионных холодильных установок
26. Струйные трансформаторы тепла
27. Типы струйных трансформаторов тепла.
28. Принципиальная схема и КПД струйного компрессора.
29. Расчет геометрических размеров струйных компрессоров.
30. Характеристики струйного компрессора.
31. Принципиальная схема вихревой трубы и процесс ее работы . Принципиальная схема и КПД парожеторных холодильных установок
32. Газожидкостные компрессионные трансформаторы тепла
33. Особенности газожидкостных трансформаторов тепла.
34. Низкотемпературная тепловая изоляция
35. Газовые (воздушные) компрессионные трансформаторы тепла
36. Особенности процессов в тазовых трансформаторах тепла. Идеальные тазовые циклы со стационарными процессами.
37. Реальные газовые циклы и квазициклы со стационарными процессами

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
Семестр 6			
Текущий контроль			
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	1	10
		4	10
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	10
		3	10
		5	10

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Зачет	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)

Консультант Плюс - <http://www.consultant.ru/>

Научная электронная библиотека - <http://elibrary.ru/>

ЭБС ZNANIUM.COM - <http://znanium.com/>

ЭБС Издательства Лань - <http://e.lanbook.com/>

ЭБС Консультант студента - <http://www.studentlibrary.ru/>

ЭБС Университетская библиотека online - <http://biblioclub.ru>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий преподаватель устно, в логически выдержанной форме излагает новый учебный материал, который конспектируется студентами с оставлением (по возможности) полей для заметок и комментариев (дополнений лекционного материала по результатам самостоятельного изучения рекомендуемой литературы). Обучающиеся задают преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, анализа информации, решения проблемных задач и др. При подготовке к лекционным и иным занятиям может понадобиться материал, изучавшийся на курсах: 'Математика', 'Физика' и др. Поэтому стоит обращаться к соответствующим источникам (учебникам, монографиям, статьям).
лабораторные работы	Работа обучающихся на лабораторных занятиях подразумевает выполнение натуральных и виртуальных экспериментов как на испытательных стендах, так и на компьютерах, последующую обработку экспериментальных данных с использованием специализированных компьютерных программ, оформление и защиту лабораторных работ.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов подразумевает не только проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой учебной литературы, но и освоение материала, вынесенного на самостоятельное изучение. Кроме того, она включает в себя подготовку к устным опросам, практическим и лабораторным занятиям и экзамену.

Вид работ	Методические рекомендации
контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.
зачет	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.

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.1 Тепловые насосы

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: 2017

Основная литература:

1. Логинов, В.С. Примеры и задачи по тепломассообмену [Электронный ресурс]: Учебное пособие / В.С. Логинов, А.В. Крайнов, В.Е. Юхнов и др. - 4-е изд., стер. - СПб.: Издательство 'Лань', 2019. - 256 с. - ISBN 978-5-8114-1132-0. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/112072/#2>
2. Кудинов, В.А. Теплотехника [Электронный ресурс]: Учеб. пособие / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, Е.В. Стефанюк. - М.: КУРС: ИНФРА-М, 2015. - 424 с., ил. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-905554-80-3 (КУРС). - ISBN 978-5-16-010393-8 (ИНФРА-М). - ISBN 978-16-102363-1 (online). - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=486472>
3. Цирельман, Н.М. Техническая термодинамика [Электронный ресурс]: Учебное пособие. - 2-е изд., доп. - СПб.: Издательство 'Лань', 2018. - 352 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-3063-5. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/107965/#2>
4. Нагнетатели, тепловые двигатели и трансформаторы в системах энергообеспечения предприятий : учеб. пособие / В.И. Ляшков. ? М. : ИНФРА-М, 2018. ? 218 с. ? (Высшее образование: Бакалавриат). ? www.dx.doi.org/10.12737/22122. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/942815>

Дополнительная литература:

1. Антонов, Ю.Ф. Криотурбогенератор КТГ-20 [Электронный ресурс]: опыт и проблемы сверхпроводящего электромашиностроения. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 608 с. - ISBN 978-5-9221-1521-6. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/59663/#2>
2. Дерюгин, В.В. Тепломассообмен [Электронный ресурс]: Учебное пособие / В.В. Дерюгин, В.Ф. Васильев, В.М. Уляшева. - СПб.: Издательство 'Лань', 2018. - 240 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-3027-7. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/107285/#2>
3. Кудинов, А.А. Тепломассообмен [Электронный ресурс]: Учебное пособие. - М.: ИНФРА-М, 2015. - 374 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-009965-1 (print). - ISBN 978-5-16-101580-3 (online). - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=463148>

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.1 Тепловые насосы

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: 2017

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.