

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального  
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет атомной энергетики и технологий  
Кафедра «Атомная энергетика»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине «Основы трансформации теплоты»

### **Направления подготовки**

«13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника»

### **Основная профессиональная образовательная программа**

«Промышленная теплоэнергетика»

### **Квалификация выпускника**

Бакалавр

### **Форма обучения**

Заочная

## Цель освоения дисциплины

Целью преподавания дисциплины является получение знаний, необходимых для плодотворной творческой деятельности бакалавра. Дисциплина «Основы трансформации теплоты» формируют технологическое мировоззрение бакалавров для их производственно-технологической и проектно-конструкторской профессиональной деятельности.

Дисциплина изучается в соответствии с профессиональными стандартами:

- 24.083 Специалист-теплоэнергетик атомной станции;
- 24.009 «Специалист по управлению проектами и программами в области производства электроэнергии атомными электростанциями»;
- 20.001 Работник по оперативному управлению объектами тепловой электростанции;
- 20.014 Работник по организации эксплуатации тепломеханического оборудования тепловой электростанции

## Место дисциплины в структуре ООП ВО

Изучение курса «Основы трансформации теплоты» связано с необходимостью знаний основ математики, физики, общей неорганической химии, физической химии, общей химической технологии, широкое использование, которых не только даёт возможность наиболее точно выразить теоретические закономерности, но и является необходимым инструментом их установления.

При освоении данной дисциплины студент сможет частично продемонстрировать трудовые функции:

- А/01.6 Техническая поддержка эксплуатации оборудования, технологических систем, трубопроводов горячей воды и пара (ПС 24.083);
- А/02.6 Анализ технического состояния тепломеханического оборудования, технологических систем и трубопроводов (ПС 24.083);
- В/02.6 Планирование работ по эксплуатации тепломеханического оборудования ТЭС (ПС 20.014);
- А/02.6 Организация работ по направлению деятельности проекта (ПС 24.009);
- В/02.6 Руководство изменением режимов работы и производством переключений на оборудовании ТЭС (ПС 20.001);
- В/01.6 Ведение заданного режима работы оборудования ТЭС (ПС 20.001).

## Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции: профессиональные

Задачи профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Сбор и анализ информационных исходных данных для проектирования	Тепловые и атомные электрические станции, реакторы и парогенераторы атомных электростанций, а также другое тепломеханическое оборудование согласно	ПК-1 способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	З-ПК-1 Знать: документы и стандарты организации в области проектной деятельности; принципы работы эксплуатируемого оборудования, трубопроводов и технологических систем турбинного отделения У-ПК-1 Уметь: работать с инфор-

	<p>профессиональной деятельности;</p> <p>нормативно-техническая документация и системы стандартизации;</p> <p>системы диагностики и автоматизированного управления технологическими процессами в теплоэнергетике</p>		<p>мационным пространством на сервере (веб-сервере) организации для хранения, обмена и совместного использования информации по проекту</p> <p>В-ПК-1 Владеть: методиками составления документации с описанием объема работ по направлению проекта; методами контроля ключевых показателей эффективности и качества по направлению проекта.</p>
<p>Участие в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции</p>	<p>Тепловые и атомные электрические станции, реакторы и парогенераторы атомных электростанций, а также другое тепломеханическое оборудование согласно профессиональной деятельности;</p> <p>нормативно-техническая документация и системы стандартизации;</p> <p>системы диагностики и автоматизированного управления технологическими процессами в теплоэнергетике</p>	<p>ПК-7 Способен управлять технологическими процессами и участвовать в работах по освоению и доводке технологических процессов</p>	<p>З-ПК-7 Знать: технические характеристики обслуживаемого оборудования, устройство и порядок его работы, паспортные данные и пределы безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов</p> <p>У-ПК-7 Уметь: анализировать техническое состояние оборудования и технологических систем; применять приемы и методы по доводке и освоению технологических процессов</p> <p>В-ПК-7 Владеть: современными технологиями для выполнения работ по доводке и освоению технологических процессов</p>
<p>Сбор и анализ информационных данных для проектирования</p>	<p>Тепловые и атомные электрические станции, реакторы и парогенераторы атомных электростанций, а также другое тепломеханическое оборудование согласно профессиональной деятельности;</p> <p>нормативно-техническая документация и системы стандартизации;</p> <p>системы диагностики и автоматизированного управления технологическими процессами в теплоэнергетике</p>	<p>ПК-4.1 Способен осуществлять систематический контроль поддержания работоспособности оборудования систем нормальной эксплуатации</p>	<p>З-ПК-4.1 Знать: технические характеристики обслуживаемого оборудования; устройство и порядок его работы, паспортные данные и пределы безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов, требования предъявляемые к теплоносителю, и способы поддержания параметров водно-химического режима.</p> <p>У-ПК-4.1 Уметь: анализировать техническое состояние</p>

	зированной управ- ления технологи- ческими процессами в теплоэнергетики.		яние оборудования и тех- нологических систем, определять готовность оборудования систем нор- мальной эксплуатации. В-ПК-4.1 Владеть: мето- дами анализа технического состояния турбинного оборудования
--	---	--	--

### Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины реализуются следующие задачи воспитания:

Направление/ цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспи- тательного потенциала учебных дисциплин	Вовлечение в разноплано- вую внеучебную деятель- ность
<b>Профессиональное воспитание</b>	- формирование от- ветственности за профессиональный выбор, профессио- нальное развитие и профессиональные решения (В18)	Использование воспита- тельного потенциала дисциплин профессио- нального модуля для формирования у студен- тов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами ин- дивидуальных образова- тельных траекторий, ор- ганизации системы об- щения между всеми участниками образова- тельного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.	1. Организация научно- практических конференций, круглых столов, встреч с ве- дущими специалистами предприятий экономического сектора города по вопросам технологического лидерства России. 2. Участие в подготовке пуб- ликаций в высокорейтинго- вых рецензируемых научных изданиях

### Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 9-ом семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 ак. часа.

### Календарный план

№ Р а з д е л а	№ Т е м ы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (в часах)					Аттеста- ция раз- дела (форма*)	Макси- маль- ный балл за раздел**
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС/КРС		
1	1	Введение, назначение, классификация, области применения	16	1	-	2	12	Кл	25

	2	Эксергетический анализ трансформаторов тепла	18/1	1	-	2/1	14		
2	3	Хладоагенты и хладоносители	18/1	1	-	2/1	14		
	4	Теплонасосные установки и трансформаторы тепла	20	1	-	2	20	Кл	25
<b>Вид промежуточной аттестации</b>			<b>72/2</b>	<b>4</b>		<b>8/2</b>	<b>60</b>	<b>3</b>	<b>50</b>

\* - сокращенное наименование формы контроля

\*\* - сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращенное наименование форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КЛ	Коллоквиум
З	Зачет

### Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
Лекция 1. 1. Введение, назначение, классификация, области применения. 2.Перспективы и развитие трансформаторов тепла, роль в системах с тепловыми процессами, эффективность и КПД трансформаторов тепла.	1	(1,2)
Лекция 2. 1. Эксергетический анализ трансформаторов тепла. 2.Определение эксергии различных видов тепла, эксергетически балансы, применение метода к установкам и процессам, использующим теплоту. Коэффициенты работоспособности, характерные зоны искусственного холода.	1	(1,2,3)
Лекция 3. 1. Хладоагенты и хладоносители. 2.Требования, свойства, выбор, альтернативные 3.Хладоагенты	1	(1,2)
Лекция 4. 1.Теплонасосные установки и трансформаторы тепла. 2.Парожидкостные и газовые компрессионные трансформаторы тепла. 3.Абсорбционные трансформаторы и принципиальные схемы. Термозлектрические и магнитные трансформаторы тепла	1	(1,2,3)

### Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
Тема 1. Введение, назначение, классификация, области применения. Тепловые схемы промышленных предприятий Балаково и	2	(1,2)

возможности трансформации теплоты		
Тема 2. Эксергетический анализ трансформаторов тепла. Составление эксергетического баланса Балаковской ТЭЦ-4	2	(1,2)
Тема 3. Хладоагенты и хладоносители. Расчет свойств хладоагентов по таблицам и диаграммам.	2	(1,2)
Тема 4. Теплонасосные установки и трансформаторы тепла. Расчет параметров цикла парокомпрессионной установки, составление схемы водноаммиачной абсорбционной теплотрансформаторной установки, расчет эффективности термоэлектрического термотрансформатора.	2	(1,2,3)

## Перечень лабораторных работ не предусмотрен учебным планом

### Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
1. Тепловые схемы промышленных предприятий и теплогенерирующих объектов	12	(1,2,3)
2. Эксергия, Эксергетический КПД, Расчет эксергии, тепловые и эксергетические балансы теплоиспользующих установок.	14	(1,2)
3. Классификация хладоагентов и хладоносителей, свойства, экологическое воздействие на окружающую среду	14	(1,3,4)
4. Принципиальные схемы трансформационных установок. Повысительные и расщепительные трансформаторы теплоты	20	(1,2,3,4)
Итого	60	

## Контрольная работа

### Задание для контрольной работы

Контрольная работа содержит три теоретических вопроса и две задачи.

Номер варианта выбирается по таблицам 1 и 2 в соответствии с последней цифрой номера зачетной книжки.

Таблица 1

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

1. Назначение трансформаторов тепла
2. Термодинамические основы процессов трансформации теплоты.
3. Парожидкостные компрессионные холодильные и теплонасосные установки.
4. Энергетические характеристики нагнетательных и расширительных машин.
5. Абсорбционные холодильные и теплонасосные установки.
6. Струйные трансформаторы теплоты.
7. Газожидкостные компрессионные трансформаторы теплоты.

8. Газовые компрессионные трансформаторы теплоты.
9. Электрические и магнитные трансформаторы теплоты.
10. Каскадные и регенеративные трансформаторы тепла
11. Удельные энергозатраты и КПД компрессионных трансформаторов тепла
12. Турбодетандеры
13. Термогазодинамические основы процессов сжатия и расширения
14. Каскадные рефрижераторные установки
15. Область использования трансформаторов тепла 16. Эксергетический метод анализа систем трансформации тепла 17. Поршневые детандеры
18. Низкотемпературная тепловая изоляция
19. Циклические, квазициклические и нециклические процессы в трансформаторах тепла
20. Каскадные рефрижераторные установки
21. Абсорбционные трансформаторы тепла периодического действия 22. Принципиальная схема и КПД струйного компрессора
23. Криорефрижераторы с детандерной СОО
24. Магнитокалорические и электрокалорические трансформаторы тепла
25. Назначение трансформаторов тепла
26. Термодинамические основы процессов трансформации теплоты.
27. Парожидкостные компрессионные холодильные и теплонасосные установки.
28. Энергетические характеристики нагнетательных и расширительных машин.
29. Абсорбционные холодильные и теплонасосные установки.
30. Струйные трансформаторы теплоты.

Таблица 2

№ варианта	Задача 1	Задача 2
0	<p>Определить приращение удельного расхода эксергии в идеальных теплонасосных установках в зависимости от изменения температуры теплоприемника <math>T_b</math> в диапазоне от 293 до <math>10^6</math> К при <math>T_n = T_{o.c.} = 293</math> К.</p>	<p>Рассчитать и по полученным данным в координатах <math>\tau_q - T</math> построить график изменения коэффициента работоспособности тепла <math>\tau_q</math> в зависимости от температуры <math>T</math> в интервале от <math>\infty</math> до 0 К. За температуру окружающей среды <math>T_{o.c.}</math> принять 293 К. Для расчета целесообразно задаться следующими значениями <math>T = 1000000, 100000, 5000, 3000, 1000, 800, 600, 400, 200, 150, 100, 50, 30, 10, 5, 3, 2, 1, 0, 1</math> К.</p>

1	<p>Определить зависимость темпа изменения удельного расхода работы (эксергии) в идеальных холодильных установках <math>\Delta \varepsilon_n / \Delta T_n = T_{o.c.} / T_n^2</math> при следующих значениях температуры теплоотдатчика <math>T_n = 293, 253, 213, 173, 133, 93, 13, 8, 3, 2, 1, 0,1 K</math>, <math>T_{o.c.} = 293 K</math>.</p>	<p>Рассчитать схему аммиачной одноступенчатой холодильной установки с охладителем хладагента (рис.1): холодопроизводительность <math>Q_0 = 60000 \text{ ккал/ч} = 69,75 \text{ кВт}</math>; температура хладоносителя на входе в испаритель <math>t_{n1} = -8^\circ \text{C}</math> и на выходе из него <math>t_{n2} = -15^\circ \text{C}</math>; температура охлаждающей воды на входе в конденсатор <math>t_{в2} = +20^\circ \text{C}</math> и выходе из него <math>t_{в1} = +25^\circ \text{C}</math>. Конечная минимальная разность температур в конденсаторе <math>\Delta t_k = 5^\circ \text{C}</math> и в испарителе <math>\Delta t_i = 3^\circ \text{C}</math>. В охладитель хладагента подается артезианская вода в количестве <math>G_v = 0,5 \text{ т/ч} = 0,139 \text{ кг/с}</math> с температурой <math>t_{по2} = 6^\circ \text{C}</math>; минимальная разность температур в охладителе <math>\Delta t_{по} = 4^\circ \text{C}</math>. По параметрам в характерных точках, полученных в результате расчета схемы, составить эксергетический баланс установки, определить потери эксергии в отдельных элементах установки и КПД.</p>
2	<p>Определить тепловую нагрузку охладителя аммиачной компрессионной холодильной установки. Расчетная холодопроизводительность <math>Q_0 = 30000 \text{ ккал/ч} = 34,9 \text{ кВт}</math>; давление в испарителе <math>p_0 = 0,8 \text{ МПа}</math>, давление в конденсаторе <math>p_k = 1,8 \text{ МПа}</math>; хладагент в охладителе понижает свою температуру на <math>\Delta t_{п} = 40^\circ \text{C}</math>.</p>	<p>Определить тепловую нагрузку переохладителя аммиачной компрессионной холодильной установки для следующих условий: расчетная холодопроизводительность <math>Q_0 = 116,3 \text{ кВт}</math>; температура испарения <math>t_0 = -10^\circ \text{C}</math>; температура конденсации <math>t_k = 40^\circ \text{C}</math>; хладагент охлаждается относительно температуры конденсации на <math>\Delta t_{п} = 30^\circ \text{C}</math>.</p>
3	<p>Определить приращение удельного расхода эксергии в идеальных теплонасосных установках в зависимости от изменения температуры теплоприемника <math>T_v</math> в диапазоне от 293 до <math>10^7 K</math> при <math>T_n = T_{o.c.} = 293 K</math>.</p>	<p>Рассчитать и по полученным данным в координатах <math>\tau_q - T</math> построить график изменения коэффициента работоспособности тепла <math>\tau_q</math> в зависимости от температуры <math>T</math> в интервале от <math>\infty</math> до <math>0 K</math>. За температуру окружающей среды <math>T_{o.c.}</math> принять <math>293 K</math>. Для расчета целесообразно задаться следующими значениями <math>T = 10000000, 1000000, 50000, 30000, 10000, 8000, 6000, 500, 200, 160, 100, 50, 30, 10, 5, 3, 2, 1, 0,1 K</math>.</p>



4	<p>Определить зависимость темпа изменения удельного расхода работы (эксергии) в идеальных холодильных установках <math>\Delta \varepsilon_n / \Delta T_n = T_{o.c.} / T_n^2</math> при следующих значениях температуры теплоотдатчика <math>T_n = 293, 250, 210, 170, 130, 93, 13, 8, 3, 2, 1, 0,1 K</math>, <math>T_{o.c.} = 293 K</math>.</p>	<p>Рассчитать схему аммиачной одноступенчатой холодильной установки с охладителем хладагента (рис.1): холодопроизводительность <math>Q_0 = 60000 \text{ ккал/ч} = 69,75 \text{ кВт}</math>; температура хладоносителя на входе в испаритель <math>t_{n1} = -9^\circ \text{C}</math> и на выходе из него <math>t_{n2} = -16^\circ \text{C}</math>; температура охлаждающей воды на входе в конденсатор <math>t_{в2} = +21^\circ \text{C}</math> и выходе из него <math>t_{в1} = +26^\circ \text{C}</math>. Конечная минимальная разность температур в конденсаторе <math>\Delta t_k = 5^\circ \text{C}</math> и в испарителе <math>\Delta t_i = 3^\circ \text{C}</math>. В охладитель хладагента подается артезианская вода в количестве <math>G_B = 0,5 \text{ т/ч} = 0,139 \text{ кг/с}</math> с температурой <math>t_{по2} = 6^\circ \text{C}</math>; минимальная разность температур в охладителе <math>\Delta t_{по} = 4^\circ \text{C}</math>. По параметрам в характерных точках, полученных в результате расчета схемы, составить эксергетический баланс установки, определить потери эксергии в отдельных элементах установки и КПД.</p>
5	<p>Определить тепловую нагрузку охладителя аммиачной компрессионной холодильной установки. Расчетная холодопроизводительность <math>Q_0 = 30000 \text{ ккал/ч} = 34,9 \text{ кВт}</math>; давление в испарителе <math>p_0 = 0,8 \text{ МПа}</math>, давление в конденсаторе <math>p_k = 1,8 \text{ МПа}</math>; хладагент в охладителе понижает свою температуру на <math>\Delta t_{п} = 40^\circ \text{C}</math>.</p>	<p>Определить тепловую нагрузку переохладителя аммиачной компрессионной холодильной установки для следующих условий: расчетная холодопроизводительность <math>Q_0 = 116,3 \text{ кВт}</math>; температура испарения <math>t_0 = -10^\circ \text{C}</math>; температура конденсации <math>t_k = 40^\circ \text{C}</math>; хладагент охлаждается относительно температуры конденсации на <math>\Delta t_{п} = 30^\circ \text{C}</math>.</p>
6	<p>Определить приращение удельного расхода эксергии в идеальных теплонасосных установках в зависимости от изменения температуры теплоприемника <math>T_v</math> в диапазоне от 293 до <math>10^6 K</math> при <math>T_n = T_{o.c.} = 293 K</math>.</p>	<p>Рассчитать и по полученным данным в координатах <math>\tau_q - T</math> построить график изменения коэффициента работоспособности тепла <math>\tau_q</math> в зависимости от температуры <math>T</math> в интервале от <math>\infty</math> до <math>0 K</math>. За температуру окружающей среды <math>T_{o.c.}</math> принять <math>293 K</math>. Для расчета целесообразно задаться следующими значениями <math>T = 1000000, 100000, 5000, 3000, 1000, 800, 600, 400, 200, 150, 100, 50, 30, 10, 5, 3, 2, 1, 0,1 K</math>.</p>

7	<p>Фреоновая холодильная установка холодильной мощностью <math>Q_0=102\text{ кВт}</math> работает при температуре испарения <math>t_1=-5^\circ\text{C}</math> и температуре конденсации перед регулирующим вентилем <math>t_4=25^\circ\text{C}</math>. Определить эффективную удельную мощность машины, если энтальпия пара фреона-12 на выходе из компрессора <math>i_2=610\text{ кДж}</math>, индикаторный КПД <math>\eta_i=0,87</math> и механический КПД <math>\eta_m=0,905</math>. Пар из испарителя выходит сухой насыщенный.</p>	<p>Рассчитать схему аммиачной одноступенчатой холодильной установки с охладителем хладагента (рис.1): холодопроизводительность <math>Q_0=60000\text{ ккал/ч}=69,75\text{ кВт}</math>; температура хладоносителя на входе в испаритель <math>t_{н1}=-8^\circ\text{C}</math> и на выходе из него <math>t_{н2}=-15^\circ\text{C}</math>; температура охлаждающей воды на входе в конденсатор <math>t_{в2}=+20^\circ\text{C}</math> и выходе из него <math>t_{в1}=+25^\circ\text{C}</math>. Конечная минимальная разность температур в конденсаторе <math>\Delta t_k=5^\circ\text{C}</math> и в испарителе <math>\Delta t_i=3^\circ\text{C}</math>. В охладитель хладагента подается артезианская вода в количестве <math>G_v=0,5\text{ т/ч}=0,139\text{ кг/с}</math> с температурой <math>t_{п02}=6^\circ\text{C}</math>; минимальная разность температур в охладителе <math>\Delta t_{п0}=4^\circ\text{C}</math>. По параметрам в характерных точках, полученных в результате расчета схемы, составить эксергетический баланс установки, определить потери эксергии в отдельных элементах установки и КПД.</p>
8	<p>Определить тепловую нагрузку охладителя аммиачной компрессионной холодильной установки. Расчетная холодопроизводительность <math>Q_0=30000\text{ ккал/ч}=34,9\text{ кВт}</math>; давление в испарителе <math>p_0=0,8\text{ МПа}</math>, давление в конденсаторе <math>p_k=1,8\text{ МПа}</math>; хладагент в охладителе понижает свою температуру на <math>\Delta t_p=40^\circ\text{C}</math>.</p>	<p>Определить тепловую нагрузку переохладителя аммиачной компрессионной холодильной установки для следующих условий: расчетная холодопроизводительность <math>Q_0=116,3\text{ кВт}</math>; температура испарения <math>t_0=-10^\circ\text{C}</math>; температура конденсации <math>t_k=40^\circ\text{C}</math>; хладагент охлаждается относительно температуры конденсации на <math>\Delta t_p=30^\circ\text{C}</math>.</p>
9	<p>Фреоновая холодильная установка холодильной мощностью <math>Q_0=118\text{ кВт}</math> работает при температуре испарения <math>t_1=-15^\circ\text{C}</math> и температуре конденсации перед регулирующим вентилем <math>t_4=25^\circ\text{C}</math>. Определить массовый расход циркулирующего фреона-12, холодильный коэффициент и теоретическую мощность компрессора установки, если энтальпия пара фреона-12 на выходе из компрессора <math>i_2=610\text{ кДж/кг}</math>. Пар из испарителя выходит сухим насыщенным.</p>	<p>Рассчитать схему аммиачной одноступенчатой холодильной установки с охладителем хладагента (рис.1): холодопроизводительность <math>Q_0=60000\text{ ккал/ч}=69,75\text{ кВт}</math>; температура хладоносителя на входе в испаритель <math>t_{н1}=-8^\circ\text{C}</math> и на выходе из него <math>t_{н2}=-15^\circ\text{C}</math>; температура охлаждающей воды на входе в конденсатор <math>t_{в2}=+20^\circ\text{C}</math> и выходе из него <math>t_{в1}=+25^\circ\text{C}</math>. Конечная минимальная разность температур в конденсаторе <math>\Delta t_k=5^\circ\text{C}</math> и в испарителе <math>\Delta t_i=3^\circ\text{C}</math>. В охладитель хладагента подается артезианская вода в количестве <math>G_v=0,5\text{ т/ч}=0,139\text{ кг/с}</math> с температурой</p>

		рой $t_{\text{по2}}=6^{\circ}\text{C}$ ; минимальная разность температур в охладителе $\Delta t_{\text{по}}=4^{\circ}\text{C}$ . По параметрам в характерных точках, полученных в результате расчета схемы, составить эксергетический баланс установки, определить потери эксергии в отдельных элементах установки и КПД.
--	--	---

Контрольная работа выполняется в ученической тетради или на одной стороне формата А4 рукописным способом. Допускается набирать на компьютере и распечатывается на принтере на одной стороне стандартного листа формата А4. Шрифт: Times New Roman, высота 14; интервал – полторный, выравнивание текста - по ширине.

## **Расчетно-графическая работа не предусмотрена учебным планом**

## **Курсовая работа не предусмотрена учебным планом**

### **Образовательные технологии**

При реализации учебного материала курса используются различные образовательные технологии, способствующие созданию атмосферы свободной и творческой дискуссии как между преподавателем и студентами, так и в студенческой группе. Целью при этом является выработка у студентов навыков и компетенций, позволяющих самостоятельно вести исследовательскую и научно-педагогическую работу.

Практическая подготовка при реализации учебной дисциплины организуется путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка также включает в себя занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций в аудиториях с использованием ПК и компьютерного проектора, практических занятий, с использованием ПК при проведении расчетов. Самостоятельная работа студентов проводится под руководством преподавателей, с оказанием консультаций и помощи при подготовке к контрольным работам, выполнении домашних заданий

### **Фонд оценочных средств**

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора дости-	Наименование оценочного средства
-------	---	--------------------------------------	----------------------------------

		жения компетенций	
Входной контроль			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (письменно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
2	Теоретические основы трансформации теплоты	ПК-1, ПК-7, ПК-4.1	Коллоквиум
3	Схемы трансформаторов теплоты и их работа	ПК-1, ПК-7, ПК-4.1	Коллоквиум
Промежуточная аттестация			
4	Зачет	ПК-1, ПК-7, ПК-4.1	Вопросы к зачету (Письменно)

Входной контроль предназначен для выявления пробелов в знаниях студентов и готовности их к получению новых знаний. Оценочные средства для входного контроля представляют собой вопросы, которые задаются студентам в письменной форме.

### ***Перечень вопросов входного контроля***

#### **Вопросы входного контроля.**

1. Понятие температуры.
2. Внутренняя энергия газа.
3. Дроссельный эффект.
4. Давление насыщенного пара.
5. Плотность и теплоемкость жидкости и пара.
6. Понятие холодильного коэффициента.
7. КПД цикла.
8. Понятие теплоты.
9. Основные термодинамические циклы.
10. Что такое эксергия.

#### **Вопросы к коллоквиуму №1:**

1. Понятие цикла холодильной машины.
2. Внутренняя энергия газа.
3. КПД холодильного цикла.
4. Повысительная трансформация теплоты.
5. Расщепительная трансформация теплоты.
6. Назначение рефрижераторных машин.
7. Назначение трансформатора теплоты.
8. Хладагенты и их характеристики.
9. Хладоносители и их характеристики.
10. Цикл парокомпрессионной холодильной машины.

#### **Вопросы к коллоквиуму №2:**

1. Цикл газокompрессионной холодильной машины.
2. Цикл парожеткторной холодильной машины.
3. Цикл абсорбционной холодильной машины.
4. Схема каскадной холодильной машины.
5. Цикл холодильной машины глубокого охлаждения.
6. Фреоны и их состав.

7. Требования к хладагентам.
8. Требования хладоносителям.
9. Расчет расхода хладагента.
10. Расчет расхода хладоносителя.

### Вопросы к зачету

1. Введение, назначение, классификация, области применения.
2. Перспективы и развитие трансформаторов тепла, роль в системах с тепловыми процессами, эффективность и КПД трансформатора тепла.
3. Эксергетический анализ трансформаторов тепла.
4. Определение эксергии различных видов тепла, эксергетически балансы, применение метода к установкам и процессам, использующим теплоту. Коэффициенты работоспособности, характерные зоны искусственного холода.
5. Хладагенты и хладоносители.
6. Требования, свойства, выбор, альтернативные
7. Хладагенты
8. Теплонасосные установки и трансформаторы тепла.
9. Парожидкостные и газовые компрессионные трансформаторы тепла.
10. Абсорбционные трансформаторы и принципиальные схемы.
11. Термоэлектрические и магнитные трансформаторы тепла

### Шкалы оценки образовательных достижений

Баллы (итоговой рейтинговой оценки)	Оценка (балл за ответ на зачете)	Требования к знаниям
100-60	«зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Оценка «зачтено» если он имеет знания основного материала, если он прочно усвоил программный материал, последовательно, четко и логически стройно его излагает его на зачете, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения, умеет тесно увязывать теорию с практикой</li> <li>– Учебные достижения в семестровый период и результатами рубежного контроля демонстрируют достаточную степень овладения программным материалом.</li> </ul>
59-0	«не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «не зачтено» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.</li> <li>– Учебные достижения в семестровый период и результатами рубежного контроля демонстрировали не высокую степень овладения программным материалом по минимальной планке.</li> </ul>

### Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

Основная литература:

1. Сахин, В. В. Теплообмен при фазовых превращениях теплоносителей (теплопередача) : учеб-

ное пособие / В. В. Сахин. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2018. — 123 с. <https://e.lanbook.com/book/122089>.

2. Степанов, О. А. Основы трансформации теплоты : учебник / О. А. Степанов, С. О. Захаренко. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 128 с. <https://e.lanbook.com/book/122152>

Дополнительная литература:

3. Овчинников, Ю. В. Основы теплотехники : учебник / Ю. В. Овчинников, С. Л. Елистратов, Ю. И. Шаров. — Новосибирск : НГТУ, 2018. — 554 с. <https://e.lanbook.com/book/118139>.

4. Сахин, В. В. Термодинамика энергетических систем: Книга 2: Техническая термодинамика : учебное пособие / В. В. Сахин. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2014. — 226 с. <https://e.lanbook.com/book/6370>

## **Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины**

Лекционные занятия проводятся в мультимедийной аудитории № 311.

Оборудование:

Автоматизированное рабочее место преподавателя:

Компьютер Orion Asus – 1;

процессор – AMD Athlon(tm)IIx2220, 2.80 GHz; оперативная память – 4,00 Gb.

Лицензионное и свободное программное обеспечение общего и профессионального назначения.

Экран настенный с электроприводом – 1; Колонки Microlad B-72;

Проектор мультимедийный ASER 1 – 1.

Практические и лабораторные занятия проводятся в лаборатории «Теплотехника и термодинамика» №318

Оборудование:

Комплект учебно-наглядных пособий и плакатов;

Комплект документации, методическое обеспечение;

Лабораторный стенд ТОТ-ТПБ для испытания различных конструкций теплообменников;

Лабораторные установки для выполнения лабораторных работ:

1. Определение теплоемкости воздуха;

2. Определение критического диаметра тепловой изоляции;

3. Определение критического перепада давления и критической скорости;

4. Определение коэффициента теплопроводности сыпучих материалов.

Лабораторный стенд «Технология очистки и обезвреживания промышленных выбросов».

## **Учебно-методические рекомендации для студентов**

### **1. Указания для прослушивания лекций**

Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю. Не надо опасаться, что вопросы могут быть простыми.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам решения задач (здесь возможен выборочный контроль знаний студентов).

Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

## 2. Указания для участия в практических занятиях

Перед посещением уяснить тему практического занятия и самостоятельно изучить теоретические вопросы.

Получить у преподавателя задание на выполнение практического задания, как правило это решение задачи по пройденному лекционному материалу. Решение задачи оформить письменно или выполнить с использованием компьютера и при необходимости распечатать и сдать преподавателю на проверку.

Перед посещением уяснить тему практического занятия и самостоятельно изучить теоретические вопросы.

В конце занятия при необходимости выяснить у преподавателя неясные вопросы.

Основные результаты выполнения работы необходимо распечатать.

## 3. Указания для выполнения самостоятельной работы

Получить у преподавателя задание и список рекомендованной литературы. Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю.

Подготовить письменный отчет о проделанной работе.

При выполнении фронтальных заданий по усмотрению преподавателя работа может быть оценена без письменного отчета на основе ответов на контрольные вопросы, при условии активной самостоятельной работы.

Подготовить ответы на контрольные вопросы.

# Методические рекомендации для преподавателей

## 1. Указания для проведения лекций

1. На первой вводной лекции сделать общий обзор содержания курса и отметить новые методы и подходы к решению задач, рассматриваемых в курсе, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

2. При подготовке к лекционным занятиям необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия. Уточнить план проведения семинарского занятия по теме лекции. Перед изложением текущего лекционного материала напомнить об основных итогах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и осуществить выборочный контроль знания студентов.

3. В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов.

4. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя, категориальный аппарат. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план

очередного практического занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами.

5. На последней лекции уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в курсе.

## 2. Указания для проведения практических

Подготовить теоретические вопросы или задачи, которые должны выполнить студенты вовремя практического занятия. Подготовить список литературных источников, необходимых для выполнения задания и которые студенты могут получить в библиотеке института. Подготовить перечень интернет-ресурсов, которые помогут в выполнении практического задания. После получения отчет выполнить проверку и на следующем практическом занятии разобрать допущенные ошибки и подсказать, как их необходимо устранить.

Четко обозначить тему занятия.

Обсудить основные понятия, связанные с темой.

В процессе решения задач вести дискуссию со студентами о правильности применения теоретических знаний.

Отмечать студентов, наиболее активно участвующих в решении задач и дискуссиях.

В конце практики задать аудитории несколько контрольных вопросов.

## 3. Указания по контролю самостоятельной работы студентов

1. По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным.

2. При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе.

3. При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

4. С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника.

Рабочую программу составил: доцент Устинов Н.А.

Рецензент: доцент Костин Д.А.

Программа одобрена на заседании УМКН 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника.

Председатель учебно-методической комиссии Разуваев А.В.