

Белорусский государственный университет



Современные теплотехнические системы

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 04 01 Физика (по направлениям)

направление специальности:

1-31 04 01-01 Физика (научно-исследовательская деятельность)

2020г.

Учебная программа составлена на основе Образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 01-2013, утвержденного и введенного в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 30.08.2013 г. № 88 и учебных планов № G31-163/уч., № G31и-177/уч. от 30 мая 2013г.

СОСТАВИТЕЛИ:

Н.С.Конева – доцент кафедры энергофизики физического факультета Белорусского государственного университета, кандидат технических наук

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.Г.Баштовой – профессор кафедры ЮНЕСКО «Энергосбережение и возобновляемые источники энергии» Белорусского национального технического университета, доктор физико-математических наук;

И.А.Солодухин – доцент кафедры общей физики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой энергофизики
(протокол № 10 от 25.06.2020г.);

Советом физического факультета БГУ
(протокол № 12 от 25.06.2020г.)

Заведующий кафедрой, к.ф.-м.н. доцент



А.В.Мазаник

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины «Современные теплотехнические системы» разработана для специализации 1-31 04 01-01 07 Энергофизика специальности 1-31 04 01-01 «Физика (научно-исследовательская деятельность)» первой ступени высшего образования.

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – сформировать у обучающихся систематические знания в области теплофизики применительно к современным теплотехническим устройствам и системам. В том числе она предназначена для более глубокого изучения студентами физических основ создания современных теплотехнических систем.

Задачи учебной дисциплины:

1. Формирование и закрепление навыков создания высокоэффективных теплотехнических устройств;
2. Формирование у обучающихся представлений о круге вопросов, относящихся к вопросам мониторинга тепловых характеристик высоко и низкотемпературных теплотехнических установок.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием. Учебная дисциплина относится к **циклу** дисциплин специализации компонента учреждения высшего образования.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

Учебная дисциплина основана на знаниях и представлениях, изложенных в общих курсах «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика», и представлениях, заложенных в дисциплине цикла общенаучных и общепрофессиональных дисциплин «Термодинамика и статистическая физика». Учебный материал дисциплины будет использован при выполнении дипломной работы».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Современные теплотехнические системы» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций:

академические компетенции:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).

- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.
- АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни

социально-личностные компетенции:

- СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.
- СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.
- СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.
- СЛК-6. Уметь работать в команде.

профессиональные компетенции:

ПК-1. Применять знания теоретических и экспериментальных основ физики, современных технологий и материалов, методы исследования физических объектов, методы измерения физических величин, методы автоматизации эксперимента.

ПК-2. Использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические основы современных технологических процессов, научное оборудование и аппаратуру.

ПК-3 Проводить планирование и реализацию физического эксперимента, оценивать функциональные возможности сложного физического оборудования.

ПК-4 Пользоваться глобальными информационными ресурсами, компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, системами автоматизированного программирования, научно-технической и патентной литературой.

ПК-5 Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

физические основы создания теплотехнических устройств;
способы трансформации и аккумулирования тепловой энергии;
методики расчета и мониторинга характеристик современных теплотехнических устройств;

уметь:

самостоятельно решать задачи, связанные с получением, преобразованием и использованием тепловой энергии в теплотехнической системе;

оценивать эффективность теплопередающих модулей в составе установки;

разрабатывать физические модели тепловых процессов и устройств;

объяснять физические принципы действия теплотехнических установок;

владеть:

навыками применения современных средств и методов мониторинга тепловых характеристик установок;

навыками математического моделирования теплоэнергетических процессов и устройств.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 9 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Современные теплотехнические системы» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 74 часа, в том числе 32 аудиторных часов, из них: лекции – 26 часов, управляемая самостоятельная работа – 6 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Тепловые процессы в теплообменных устройствах. Испарители и конденсаторы. Низкотемпературные теплообменники. Тепловые процессы и особенности мониторинга характеристик в теплообменниках различных типов. Характеристики теплоносителей. Высокоэффективные и компактные теплообменники.

Тема 2. Использование тепловых насосов в современных теплотехнических системах. Энергосберегающие холодильные установки и системы. Источники низкопотенциального природного тепла. Учет изменяющихся тепловых нагрузок и источников энергии. Тепловые процессы и особенности мониторинга тепловых характеристик установок. Гибридные, компрессионные и абсорбционные тепловые насосы.

Тема 3. Аккумуляирование тепловой энергии. Твердотельное аккумуляирование тепловой энергии. Жидкостное аккумуляирование. Параметры эффективности и ограничивающие факторы аккумуляирующего модуля. Тепловые характеристики материалов и рабочих сред аккумулятора. Тепловые аккумуляторы с фазовым переходом. Крупные сезонные аккумуляторы и мониторинг их тепловых характеристик.

Тема 4. Системы охлаждения. Эффективность использования абсорбции в теплотехнических системах. Особенности процессов тепло- и массопереноса в абсорбционном модуле. Исследования тепловых процессов в элементах установок и мониторинг характеристик их основных элементов. Использование теплотрубных модулей в системах охлаждения. Использование низкотемпературных теплоносителей в тепловых трубах. Ограничения по тепло- и массопередаче. Тепловой и гидравлический расчет тепловой трубы, тепловой баланс установок на ее основе.

Тема 5. Системы мониторинга тепловых характеристик высокотемпературных установок

Методы и средства измерения высоких температур. Моделирование теплового взаимодействия. Тепловой режим высокотемпературного модуля. Особенности формирования теплового изображения. Использование волоконно-оптических датчиков.

Тема 6. Системы мониторинга тепловых характеристик потока жидкости и газа

Методы и методики визуализации течений. Применение спекл-технологий. Спекл фотография и поле локальных температур. Методы высокоточной количественной лазерной анемометрии. Методики измерения параметров течения в динамических системах. Анализ двумерных и трехмерных течений. Эффективность газодинамических лазеров.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Тепловые процессы в теплообменных устройствах	4						Устный опрос
2	Использование тепловых насосов в современных теплотехнических системах	4					2	Устный опрос. Защита рефератов по теме 2
3	Аккумуляция тепловой энергии	4					2	Устный опрос. Письменное тестирование по теме 3
4	Системы охлаждения	6					2	Устный опрос. Письменное тестирование по теме 4
5	Системы мониторинга тепловых характеристик высокотемпературных установок	4						Устный опрос
6	Системы мониторинга тепловых характеристик потока жидкости и газа	4						Устный опрос
	Всего	26					6	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Кутателадзе, С.С. Основы теории теплообмена / С.С. Кутателадзе. – 5-е изд. – М.: Атомиздат, 1979 – 415 с.
2. Исаченко В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, С.А. Сукомел – М.: Энергоатомиздат, 1975. – 488 с.
3. Ярышев, Н.А. Теоретические основы измерения нестационарных температур / Н.А. Ярышев. – М.: Наука, 1980. – 352 с.
4. Дан, П.Д. Тепловые трубы / П.Д. Дан, Д.А. Рей; пер. с англ. под ред. Ю.А. Зейгарник – М.: Энергия, 1979. – 272 с.
5. Румянцев, Ю.Д., Холодильные установки. Учебное пособие / Ю.Д. Румянцев, Е.С. Курылев, В.В. Оносовский. – СПб: Изд. Политехника, 2004. -576 с
6. Походун, А.И. Экспериментальные методы исследования. Измерение теплофизических величин / А.И. Походун, А.В. Шарков – СПб.: СПб ГУ ИТМО, 2006. – 87 с.
7. Марукович, Е.И. Бесконтактная термометрия / Е.И. Марукович, А.П. Марков, С.С. Сергеев; под общ. ред. Е.И. Маруковича; НАН Беларуси, Ин-т технологии металлов. – Минск: Беларуская навука, 2014. – 252 с.
8. Базылев, Н. Б. Количественная визуализация течений, основанная на спекл-технологиях / Н. Б. Базылев, Н. А. Фомин. – Минск: Беларуская навука, 2016. – 392 с.

Перечень дополнительной литературы

1. Галимова, Л.В. Абсорбционные холодильные машины и тепловые насосы. Учебное пособие / Л.В. Галимова – Астрахань: Изд. АГТУ, 1997. -226с.
2. Неразрушающий контроль: Справочник: в 8 т / К.В.Подмастерьев [и др.]; под общ. ред. В.В.Клюева.- М.: Машиностроение, 2004. - Т. 5 - 679 с.
3. Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский - М.:Дрофа, 2003 - 840 с.
4. Мартыненко, О.Г. Справочник по теплообменникам / О.Г. Мартыненко, А.А. Михалевич, В.К. Шиков; под ред. Б.С.Петухова. – М: Энергоатомиздат, 1987. – 2 т.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Для текущего контроля качества усвоения знаний по учебной дисциплине рекомендуется использовать тестовые задания по разделам учебной дисциплины, контрольные работы, защиту реферативных работ. Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой учебной дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Тестирование проводится в письменной форме. По согласованию с преподавателем при подготовке ответа разрешается использовать справочные и учебные издания. Оценка каждого из тестов проводится по десятибалльной шкале. Защита реферативных работ проводится в форме индивидуальных выступлений-презентаций с последующей дискуссией.

Контрольная работа проводится в письменной форме. На ее выполнение отводится 90 мин. По согласованию с преподавателем при подготовке ответа разрешается использовать справочные и учебные издания. Оценка проводится по десятибалльной шкале.

Оценка рефератов проводится по десятибалльной шкале.

Оценка текущей успеваемости рассчитывается как среднее оценок за письменное тестирование, контрольные работы и оценки за защиту реферата.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме экзамена.

Экзаменационная оценка и оценка текущей успеваемости служат для определения рейтинговой оценки по учебной дисциплине, которая рассчитывается как средневзвешенная оценка текущей успеваемости и экзаменационной оценки. Рекомендуемые весовые коэффициенты для оценки текущей успеваемости — 0,3; для экзаменационной оценки — 0,7.

Итоговая оценка формируется на основе:

1. Правил проведения аттестации студентов (Постановление Министерства образования Республики Беларусь № 53 от 29 мая 2012 г.);
2. Положения о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в БГУ (приказ ректора БГУ от № 189-ОД от 31.03.2020)
3. Критериев оценки знаний студентов (письмо Министерства образования от 22.12.2003 г.)

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 2. Использование тепловых насосов в современных теплотехнических системах.

Подготовить и защитить реферативную работу по заданной теме.

Форма контроля – защита реферативных работ (доклад с электронной презентацией).

Тема 3. Аккумуляция тепловой энергии. Крупные сезонные аккумуляторы.

Самостоятельное изучение современных средств и методов мониторинга их тепловых характеристик.

Форма контроля – письменное тестирование.

Тема 4. Системы охлаждения.

Самостоятельное изучение современных систем охлаждения электроники.

Форма контроля – письменное тестирование.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется **практико-ориентированный подход**, который предполагает:

- освоение содержания образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;
- использование процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

При организации образовательного процесса используются **методы и приемы развития критического мышления**, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией в процессе чтения и письма; понимания информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

В случае необходимости, освоение части лекционного по отдельным темам и в объеме, определяемым решением кафедры, может быть организовано с использованием информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и привлечением электронных средств обучения. Организация занятий с привлечением электронных средств обучения ведется с помощью образовательного портала Физического факультета БГУ

eduphys.bsu.by, который реализован на основе программного обеспечения LMS Moodle. На портале в рамках онлайн-курса «Современные теплотехнические системы» размещаются конспекты лекций, а также приводятся электронные учебные материалы, рекомендуемые при изучении соответствующих тем. Для каждой лекции даются ссылки на страницы в рекомендуемой литературе. Самостоятельная работа студентов сопровождается консультациями лектора по изучаемому самостоятельно материалу и выполнению ряда заданий в очной форме либо в режиме онлайн.

Контроль за усвоением студентами учебного материала на лекциях проводится путем письменных и устных экспресс-опросов по конкретным темам курса. Для текущего контроля качества усвоения знаний по разделам курса в процессе контролируемой самостоятельной работы по дисциплине организуется проведение текущего контроля по каждой теме с помощью вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение, с предоставлением в письменном виде выполненных заданий, рекомендуется использовать письменные тестирования, а также презентации, подготовленные к защита реферативных работ. По результатам сдачи выполненных заданий преподаватель выставляет отметку (по десятибалльной шкале), которая включается при расчете текущей успеваемости как среднее арифметическое отметок.

Темы реферативных работ

1. Парокомпрессионные тепловые насосы
2. Абсорбционные тепловые насосы.
3. Адсорбционные тепловые насосы.
4. Цикл паровой компрессорной холодильной установки.
5. Цикл холодильной установки абсорбционного типа.
6. Цикл воздушной холодильной установки.
7. Рекуперативные теплообменники.
8. Регенеративные теплообменники.
9. Эффективное обребнение теплообменного модуля.
10. Дифференциальный сканирующий калориметр.
11. Стандартные вещества в калориметрии.

Примеры тестовых заданий

1. Что называется термином тепловой аккумулятор? б) Перечислите основные способы аккумуляции тепловой энергии? в) В чем заключается суть условий повышения эффективности теплового аккумулятора? г) Что такое коэффициент полезного действия теплового аккумулятора?
2. а) Что называется термином тепловая труба? б) В чем заключаются ограничения по теплопередаче для тепловой трубы в) Дайте определение максимальной теплопередающей способности? г) Что называется скрытой теплотой парообразования?

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Дифференциальная сканирующая калориметрия.
2. Сорбционные процессы и калориметрия.
3. Изопериболическая калориметрия.
4. Калориметр с изотермической и адиабатической оболочкой.
5. Источники низкопотенциальной тепловой энергии.
6. Методы диагностики топливных элементов.
7. Методы диагностики тепловых характеристик аккумуляторов.
8. Физический принцип действия тепловых насосов.
9. Физический принцип действия рекуператоров тепловой энергии.
10. Физический принцип действия тепловых аккумуляторов.
11. Адсорбция и десорбция в тепловых насосах.
12. Газодинамический томограф.
13. Оптико-волоконные преобразователи в пирометрии.
14. Измерение температуры в металлических расплавах
15. Тепловой контроль быстропротекающих процессов.
16. Дистанционная оптико-электронная пирометрия.
17. Многопараметрическая пирометрия.
18. Формирование спекл-изображения.
19. Галбот интерферометрия.
20. Визуализация течений.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
энергофизики (протокол № __ от ____ .202_ г.)

Заведующий кафедрой, к.ф.-м.н. доцент _____ А.В.Мазаник

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета _____ М.С.Тиванов