

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и
дизайна»
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ



Рабочая программа дисциплины

Б1.В.ДВ.03.02

Автономные энергетические установки малой мощности при
производстве тепловой и электрической энергии

Учебный план: _____ ФГОС3++zm130401.21-123_23-13.plx

Кафедра: Теплосиловых установок и тепловых двигателей

Направление подготовки:
(специальность) 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки:
(специализация) Технология производства электрической и тепловой энергии

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: заочная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия				
2	УП	6	6	56	4	2	Зачет
	РПД	6	6	56	4	2	
Итого	УП	6	6	56	4	2	
	РПД	6	6	56	4	2	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утверждённым приказом Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 146

Составитель (и):

Кандидат технических наук, доцент

Злобин В.Г.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой теплосиловых установок и
тепловых двигателей

Злобин В.Г.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Злобин В.Г.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающегося в области теплоэнергетики и теплотехники, связанной с разработкой проектных решений по модернизации, улучшению эксплуатационных характеристик автономных источников тепловой и электрической энергии малой мощности (АИТЭЭММ); с техническими расчетами по оценке эффективности принятых проектных решений, по определению, с использованием прикладного программного обеспечения, параметров автономных энергетических установок малой мощности с целью выбора серийных и для создания новых установок.

1.2 Задачи дисциплины:

- Рассмотреть мероприятия по улучшению эксплуатационных характеристик АИТЭЭММ.
- Раскрыть принципы формирования основных направлений разработки проектных решений по модернизации АИТЭЭММ.
- Продемонстрировать особенности теплового расчета АИТЭЭММ, с использованием прикладного программного обеспечения, для определения её параметров, выбора серийной установки и разработки новой.
- Привить способности к самостоятельному приобретению и использованию в практической деятельности новых знаний и умений.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Повышение эффективности систем централизованного теплоснабжения

Энергосберегающие технологии при производстве электрической и тепловой энергии

Надежность систем производства электрической и тепловой энергии

Принципы эффективного управления технологическими процессами в теплоэнергетике

Парогазовые энергетические установки в производстве электрической и тепловой энергии

Энергетическое обследование и паспортизация объектов энергетики

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-4.2: Готов к обеспечению бесперебойной работы, правильной эксплуатации, ремонту и модернизации оборудования при производстве тепловой и электрической энергии
Знать: Схемы, конструкции, характеристики, технико-экономические показатели, назначение, принцип работы и особенности эксплуатации системам автономного энергоснабжения.
Уметь: Анализировать энергетические характеристики при использовании различных энергетических установок и принимать обоснованные решения исходя из требований к системам автономного энергоснабжения.
Владеть: Информацией о технических параметрах оборудования, применяемого в автономных системах энергоснабжения.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий
		Лек. (часы)	Пр. (часы)		
Раздел 1. Принципиальные схемы и термодинамические параметры АИТЭЭММ	2				
Тема 1. КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОНОМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ. Место АИТЭЭММ в стационарной энергетике. Классификация. Режимы работы АИТЭЭММ. Принципиальные схемы АИТЭЭММ на базе когенерации и тригенерации. Влияние неравномерности потребления тепловой и электрической энергии на выбор генерирующего оборудования.		1	1	9	
Тема 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК АВТОНОМНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ. Виды теплопотребления и расчеты расходования теплоты на отопление, вентиляцию и ГВС. Суммарная тепловая мощность автономного источника энергоснабжения. Расчет электрических нагрузок.		1	1	9	
Раздел 2. Термодинамические схемы и расчеты энергетических установок малой мощности					
Тема 3. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МИНИ-ТЭЦ. Типы паровых турбин и тепловые схемы мини-ТЭЦ. Резервирование подачи пара от паровых турбин. Отпуск теплоты через паропреобразовательную установку. Типы и основные характеристики паровых турбин малой мощности. Винтовая паровая машина. Практическое занятие №1 «Расчет тепловой схемы мини-ТЭЦ с противодавленческой турбиной».		1	1	9	

Тема 4. КОГЕНЕРАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ ГАЗОВЫХ ТУРБИН. Принципиальная схема утилизационной газотурбинной установки и основы ее термодинамического расчета. Газотурбинные установки малой мощности отечественного и зарубежного производства Практическое занятие № 2 «Тепловой расчет цикла ГТУ».		1	1	9	
Тема 5. КОГЕНЕРАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ ГАЗОПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ. Термодинамические циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Термодинамический расчет основных характеристик работы двигателей внутреннего сгорания. Основные типы газопоршневых двигателей. Системы зажигания газопоршневых двигателей. Системы охлаждения газопоршневых двигателей. Схемы когенерационных установок на базе газопоршневых двигателей. Практическое занятие № 3 «Термодинамический расчет газопоршневого двигателя».		1	1	9	
Тема 6. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АВТОНОМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ. Энергетическая эффективность автономных источников энергоснабжения. Практическое занятие № 4 «Расчет показателей энергоэффективности».		1	1	11	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		6	6	56	
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25			
Всего контактная работа и СР по дисциплине		12,25		56	

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПК-4.2	1. Демонстрирует знание алгоритмов теплового расчета по определению технико-экономических показателей АИТЭЭ ММ, методику выбора серийного оборудования АИТЭЭ ММ по параметрам, рассчитанным с использованием прикладного программного обеспечения. 2. Определяет оптимальные пути эксплуатации АИТЭЭ ММ, алгоритм использовать программное обеспечение для разработки новых АИТЭЭ ММ.	1. Вопросы устного собеседования. 2. Практико-ориентированные задания.

	3. Выбирает приемы анализа современных проблем развития источников тепловой и электрической энергии.	
--	--	--

5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
Зачтено	Обучающийся показывает всестороннее и глубокое знание принципиальных схем и термодинамических параметров АЭУ ММ, свободно ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях; усвоил основную и знаком с дополнительной учебной и нормативной литературой, программными средствами, используемыми при проектировании, проявляет творческие способности и широкую эрудицию в использовании учебного материала. Обучающийся демонстрирует правильное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения. Умеет применять математический аппарат для реализации плана решения задачи и, если это необходимо. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.	Обучающийся демонстрирует достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения, знание размерностей физических величин. Допускает незначительные погрешности при применении математического аппарата для реализации плана решения задачи. Получил правильный ответ, не испытывает затруднения с его интерпретацией.
Не зачтено	Обучающийся не имеет достаточного уровня знания принципиальных схем и термодинамических параметров АЭУ ММ; плохо ориентируется в основных понятиях и определениях; плохо знаком с основной литературой; допускает при ответе на зачете существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя. Обучающийся вникает в смысл условия задачи, понимает план ее решения, однако, не может в полной мере с помощью математического аппарата реализовать ее решение.	Обучающийся не может проанализировать условие задачи, наметить план ее решения, выбрать физические законы и плохо ориентируется в физических величинах, не владеет математическим аппаратом. Представление чужой работы, отказ от выполнения задания.

5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Курс 2	
1	Классификация автономных источников тепловой и электрической энергии малой мощности.
2	Основные режимы работы мини-ТЭЦ.
3	Варианты использования и выбора основного оборудования АИТЭЭ ММ.
4	Влияние неравномерности потребления тепловой и электрической энергии на выбор генерирующего оборудования.
5	Виды теплопотребления и расчеты расходования теплоты на отопление. Метод расчета по уравнениям теплопередачи.
6	Виды теплопотребления и расчеты расходования теплоты на отопление. Метод расчета по удельным теплопотерям.
7	Виды теплопотребления и расчеты расходования теплоты на отопление. Метод расчета по укрупненным показателям.
8	Виды теплопотребления и расчеты расходования теплоты на вентиляцию. Метод расчета по кратности воздухообмена и по удельным вентиляционным характеристикам.
9	Виды теплопотребления и расчеты расходования теплоты на вентиляцию. Метод расчета по укрупненным показателям. Местная вентиляция.

10	Виды теплотребления и расчеты расходования теплоты на ГВС. Метод расчета на ГВС по удельным нормам.
11	Виды теплотребления и расчеты расходования теплоты на ГВС. Метод расчета на ГВС по укрупненным показателям.
12	Суммарная тепловая мощность автономного источника энергоснабжения.
13	Расчет электрических нагрузок. Коэффициент использования. Коэффициент спроса.
14	Расчет электрических нагрузок по удельным расходам электроэнергии.
15	Расчет электрических нагрузок по удельной мощности на единицу производственной площади.
16	Определение осветительных электрических нагрузок предприятий.
17	Типы паровых турбин и тепловые схемы мини-ТЭЦ. Конденсационные паровые турбины.
18	Типы паровых турбин и тепловые схемы мини-ТЭЦ. Конденсационные паровые турбины с регулируемым производственным отбором пара.
19	Типы паровых турбин и тепловые схемы мини-ТЭЦ. Конденсационные паровые турбины с регулируемым теплофикационным отбором пара.
20	Типы паровых турбин и тепловые схемы мини-ТЭЦ. Конденсационные паровые турбины с двумя регулируемым производственным и теплофикационным отборами пара.
21	Типы паровых турбин и тепловые схемы мини-ТЭЦ. Паровые турбины с противодавлением.
22	Резервирование подачи пара от паровых турбин.
23	Отпуск теплоты через паропреобразовательную установку.
24	Типы и основные характеристики паровых турбин малой мощности.
25	Винтовая паровая машина.
26	Принципиальная схема утилизационной газотурбинной установки.
27	Основы термодинамического расчета утилизационной газотурбинной установки.
28	Газотурбинные установки малой мощности отечественного и зарубежного производства.
29	Система утилизации тепла ГТУ с котлом утилизатором.
30	Термодинамические циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС).
31	Термодинамический расчет основных характеристик работы двигателей внутреннего сгорания.
32	Основные типы газопоршневых двигателей.
33	Системы зажигания газопоршневых двигателей.
34	Системы охлаждения и утилизации тепло газопоршневых двигателей.
35	Схемы когенерационных установок на базе газопоршневых двигателей.
36	Показатели энергетической эффективности автономных источников тепловой и электрической энергии малой мощности.

5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено.

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Задача 1.

Рассчитать энергоэффективность источника энергоснабжения, вырабатывающего одновременно тепловую и электрическую энергию (ТЭЦ).

Дано: Условно задаем такой режим работы ТЭЦ, при котором 50 % расхода топлива тратится на выработку электрической энергии и 50 % на выработку тепловой энергии.

Задача 2.

Сравнить эффективность отопительной котельной, конденсационной ТЭС и теплофикационной ТЭЦ, используя коэффициент энергоэффективности, при одинаковых расходах топлива во всех источниках энергоснабжения.

Дано: Расход топлива $B_t = 1,0$ кг/с. Теплотворная способность топлива $Q_p^n = 33500$ кДж/кг. Тариф на тепловую энергию $C_t = 900$ руб./Гкал. Тариф на электрическую энергию $C_{\text{э}} = 3,0$ руб./кВт·ч. Будем считать, что себестоимость тепловой и электрической энергии во всех рассматриваемых источниках будет одинаковой (эти величины приняты по данным аналогичных источников энергоснабжения). Себестоимость электрической энергии $C_{\text{э}} = 0,5$ руб./кВт·ч. Себестоимость тепловой энергии $C_t = 600$ руб./Гкал.

5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная ☒ Письменная ☒ Компьютерное тестирование ☐ Иная ☐

5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

В течение семестра выполняются контрольные работы;
Возможность пользоваться справочными таблицами, калькулятором;
Время на подготовку ответа 30 минут.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
В.Г. Злобин	Паротурбинные установки тепловых и атомных электростанций. Часть 1. Тепловые схемы. Конструкция: учеб. пособие	М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. - Санкт-Петербург : ВШТЭ СПбГУПТД	2020	http://nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/1590157964.pdf
А. А. Верхованцев, В. Г. Злобин	Газотурбинные установки. Часть 2: Конструкция ГТУ и их элементов: учебное пособие	М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики.- Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД	2021	http://nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/1639009385.pdf
Злобин В.Г., Верхованцев А.А.	Газотурбинные установки. Часть 1. Тепловые схемы. Термодинамические циклы: учебное пособие	М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. - Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД	2020	http://nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/1591318685.pdf
Хаванов, П. А.	Источники теплоты автономных систем теплоснабжения	Москва: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ	2014	http://www.iprbooks.hop.ru/30342.html
Чекалина, Т. В.	Энергоснабжение промышленных предприятий	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет	2011	http://www.iprbooks.hop.ru/45213.html
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Санцевич, В. И.	Блочно-модульная водогрейная котельная	Минск: ТетраСистемс	2013	http://www.iprbooks.hop.ru/28055.html

В.Г. Злобин, М.С. Липатов	Специальные главы технической термодинамики: учеб. пособие	М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. — Санкт-Петербург : ВШТЭ СПбГУПТД	2021	http://nizrp.narod.ru/metod/tsuid/1631649932.pdf
---------------------------	--	--	------	---

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>
2. Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>
3. База данных большой технической библиотеки "Сайт теплотехника" [Электронный ресурс]. URL: <http://teplokot.ru/>

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8

MicrosoftOfficeProfessional 2013

6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска