Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 18.09.2025 17:19:39
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет урбанистики и городского хозяйства

УТВЕРЖДАЮ
Декан
_____/К.И. Лушин/
27 февраля 2025 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Энерготехнологический комплекс промышленных предприятий»

Направление подготовки
13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль
Распределенная тепловая энергетика

Квалификация
Магистр

Формы обучения
Очная и заочная

Москва, 2025 г.

Разработчик(и):

Доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика» к.т.н., доцент / Л.А.Марюшин /
И.О. Фамилия

Доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика» к.т.н., доцент, с.н.с. / В.Н.Чичерюкин /
И.О. Фамилия

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика», к.т.н., доцент / Л.А. Марюшин /
И.О. Фамилия

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 5
3. Структура и содержание дисциплины 5
   - 3.1. Виды учебной работы и трудоемкость 5
   - 3.2. Тематический план изучения дисциплины 7
   - 3.3. Содержание дисциплины 8
   - 3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 11
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 12
   - 4.1. Нормативные документы и ГОСТы 12
   - 4.2. Основная литература 12
   - 4.3. Дополнительная литература 12
   - 4.4. Электронные образовательные ресурсы 13
   - 4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 13
   - 4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 14
5. Материально-техническое обеспечение 14
6. Методические рекомендации 14
   - 6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 14
   - 6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 15
7. Фонд оценочных средств 15
   - 7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения 16
   - 7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения 16
   - 7.3. Оценочные средства 17

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К основным целям освоения дисциплины «Энерготехнологический комплекс промышленных предприятий» следует отнести:

– формирование знаний о современных принципах, методах и средствах формирования и работы энерготехнологического комплекса промышленного предприятия;

– изучение способов повышения эффективности методов формирования и эксплуатации энерготехнологического комплекса промышленного предприятия, выработка навыков у студентов самостоятельно формулировать и решать задачи определения технических параметров оборудования в составе энергетических систем и комплексов.

– подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой магистра по направлению, в том числе формирование умений по выявлению необходимых усовершенствований и разработке новых, более эффективных методов формирования и эксплуатации энерготехнологического комплекса промышленного предприятия.

К основным задачам освоения дисциплины «Энерготехнологический комплекс промышленных предприятий» следует отнести:

– выработать навыки у студентов самостоятельно формулировать задачи использования элементов энерготехнологического комплекса промышленного предприятия;

– научить мыслить системно на примерах повышения эффективности эксплуатации элементов энерготехнологического комплекса промышленного предприятия;

– научить анализировать существующие правила функционирования энерготехнологического комплекса промышленного предприятия, разрабатывать и внедрять необходимые изменения в их методике с позиций повышения эффективности;

– дать информацию о новых направлениях в совершенствовании данных методов в отечественной и зарубежной практике, развивать способности объективно оценивать преимущества и недостатки методов формирования и функционирования энерготехнологического комплекса промышленного предприятия, как отечественных, так и зарубежных;

– научить анализировать параметры технических систем с точки зрения их функционирования в составе энерготехнологического комплекса промышленного предприятия, производить поиск оптимизационного решения с помощью всевозможных методов.

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен:

– знать основные методы модернизации технологического оборудования; методы обеспечения бесперебойной работы, правильной эксплуатации, ремонта и модернизации энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования;

– уметь формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования и систем; выполнять проектные расчеты; обеспечивать бесперебойную работу, правильную эксплуатацию, ремонт и модернизацию энергетического оборудования, средств автоматизации и защиты, электрических и тепловых сетей, воздухопроводов и газопроводов;

– владеть методами улучшения эксплуатационных характеристик энергетического оборудования и систем, повышению экологической безопасности, экономии ресурсов; методами эксплуатации, ремонта и модернизации энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования.

Обучение по дисциплине «Энерготехнологический комплекс промышленных предприятий» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-2 Способность к организации работы проектного подразделения по разработке систем внутреннего теплоснабжения, отопления, вентиляции,	ИПК-2.1. Выбирает системы обеспечения тепловых режимов оборудования в зависимости от его типа, технических характеристик и режимов работы. ИПК-2.2. Проводит тепловые и гидравлические расчеты объектов

кондиционирования воздуха, воздушного отопления, противодымной вентиляции	теплоэнергетики и теплотехники и систем обеспечения тепловых режимов работы оборудования. ИПК-2.3. Составляет, сопоставляет и выбирает схемы систем обеспечения тепловых режимов. ИПК-2.4. Применяет методы оптимизации и современные компьютерные программы при проектировании оборудования и выборе оптимальных режимов его работы. ИПК-2.5. Выбирает и конструирует оборудование систем обеспечения тепловых режимов работы приборов и оборудования.
ПК-3 Способность к организации работ по эксплуатации тепломеханического оборудования	ИПК-3.1. Способен эксплуатировать энергетическое и тепломеханического оборудования. ИПК-3.2. Способен ремонтировать энергетическое и тепломеханического оборудования. ИПК-3.3. Способен модернизировать энергетическое и тепломеханического оборудования.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Использование низкопотенциальных источников теплоты» относится к числу элективных дисциплины «Блок 1. Дисциплины (модули)».

«Энерготехнологический комплекс промышленных предприятий» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

– Проектирование и эксплуатация систем отопления и вентиляции;

– Проектирование и эксплуатация теплоэнергетических установок;

– Проектирование и эксплуатация источников и систем теплоснабжения;

– Проблемы энерго- и ресурсосбережения в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологии.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет по очной форме обучения **4** зачетные единицы (144 часов), по заочной форме обучения **3** зачетные единицы (108 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

(по формам обучения)

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			2	
1	**Аудиторные занятия**	**36**	36	
	В том числе:			
1.1	Лекции	18	18	
1.2	Семинарские/практические занятия	18	18	
1.3	Лабораторные занятия	-	-	
2	**Самостоятельная работа**	**108**	108	
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**экзамен**	экзамен	
	Итого	**144**	144	

3.1.2. Заочная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			2	
1	**Аудиторные занятия**	**22**	22	
	В том числе:			
1.1	Лекции	12	12	
1.2	Семинарские/практические занятия	10	10	
1.3	Лабораторные занятия	-		
2	**Самостоятельная работа**	**122**	122	
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**экзамен**	экзамен	
	Итого	**144**	144	

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	Тема 1. Введение. Классификация систем и оборудования энерготехнологического комплекса предприятий.	16	2	2	-	-	12
2	Тема 2. Масштабы и эффективность потребления ТЭР при производстве и преобразовании энергии.	16	2	2	-	-	12
3	Тема 3. Масштабы и эффективность потребления ТЭР в системах энергоснабжения, транспортирования и распределения энергоресурсов.	16	2	2	-	-	12
4	Тема 4. Масштабы и эффективность потребления ТЭР в типовых технологических процессах промышленных предприятий.	16	2	2	-	-	12
5	Тема 5. Масштабы и эффективность энергопотребления общеинженерных системы жизнеобеспечения предприятий.	16	2	2	-	-	12
6	Тема 6. Материальные, тепловые, энергетические балансы, показатели эффективности использования ТЭР на административно-бытовых объектах предприятий.	16	2	2	-	-	12
7	Тема 7. Метод балансов и его применение, показатели эффективности использования ТЭР энергетических объектов.	16	2	2	-	-	12
8	Тема 8. Материальные, тепловые, энергетические и эксергетические балансы, показатели эффективности использования ТЭР технологических объектов.	16	2	2	-	-	12
9	Тема 9. Методы, способы и средства сбора, обработки и анализа информации о потреблении ТЭР при проведении энергоаудита и составлении балансов.	16	2	2	-	-	12
	Итого	**144**	**18**	**18**	**-**	**-**	**108**

3.2.2. Заочная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	Тема 1. Введение. Классификация систем и оборудования энерготехнологического комплекса предприятий.	16	1	1	-	-	14
2	Тема 2. Масштабы и эффективность потребления ТЭР при производстве и преобразовании энергии.	16	2	1	-	-	13
3	Тема 3. Масштабы и эффективность потребления ТЭР в системах энергоснабжения, транспортирования и распределения энергоресурсов.	16	1	0,5	-	-	14,5
4	Тема 4. Масштабы и эффективность потребления ТЭР в типовых технологических процессах промышленных предприятий.	16	2	1	-	-	13
5	Тема 5. Масштабы и эффективность энергопотребления общеинженерных системы жизнеобеспечения предприятий.	16	1	0,5	-	-	14,5
6	Тема 6. Материальные, тепловые, энергетические балансы, показатели эффективности использования ТЭР на административно-бытовых объектах предприятий.	16	2	1	-	-	13
7	Тема 7. Метод балансов и его применение, показатели эффективности использования ТЭР энергетических объектов.	16	1	1	-	-	12
8	Тема 8. Материальные, тепловые, энергетические и эксергетические балансы, показатели эффективности использования ТЭР технологических объектов.	16	1	1	-	-	12
9	Тема 9. Методы, способы и средства сбора, обработки и анализа информации о потреблении ТЭР при проведении энергоаудита и составлении балансов.	16	1	1	-	-	12
	Итого	**144**	**12**	**10**	**-**	**-**	**122**

3.3 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение. Классификация систем и оборудования энерготехнологического комплекса предприятий.

Системы и оборудование промышленных источников электрической энергии, теплоты, холода, сжатых газов и воздуха. Системы и оборудование для тепло-, энерго, холодо-, водо-, воздухо- и газоснабжения предприятий. Промышленные технологические потребители ТЭР. Системы и оборудование обеспечения жизнедеятельности предприятий (отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, горячего водоснабжения, канализования и обезвреживания стоков, газообразных выбросов и твердых отходов). Виды и параметры энерго-, тепло- и хладоносителей. Вторичные энергоресурсы (ВЭР). Централизованные и автономные системы энергоснабжения и жизнеобеспечения предприятий. Понятие о концепции устойчивого развития, о влиянии деятельности человека на природу. Распределение добываемых, производимых и потребляемых ресурсов в мире. Проблемы и перспективы потребления ТЭР в энергетике и технологии.

Тема 2. Масштабы и эффективность потребления ТЭР при производстве и преобразовании энергии.

Принципиальные схемы тепловых электростанций, паровых и водогрейных котельных, холодильных станций и установок, воздушных компрессорных станций. Автономные воздушные компрессоры. Основные зависимости для расчета их производительности, потребления ТЭР, коэффициенты полезного действия (КПД), удельные показатели потребления ТЭР. Доли потребления ими ТЭР в общем потреблении предприятий. Повышение эффективности производства энергии на основе применение газотурбинных и парогазовых установок, превращения котельных в ТЭЦ и мини-ТЭЦ. Применение детандер-генераторных агрегатов в системах топливоснабжения. Причины отставания России от промышленно развитых стран и перспективы применения тепловых насосов при производстве, транспортировании и потреблении ТЭР.

Тема 3. Масштабы и эффективность потребления ТЭР в системах энергоснабжения, транспортирования и распределения энергоресурсов.

Принципиальные схемы и основные виды оборудования систем топливоснабжения, паровых и водяных систем теплоснабжения, автономных систем теплоснабжения с высокотемпературными минеральными и органическими теплоносителями. Тепловые сети. Тепловые пункты. Схемы присоединения потребителей к источникам теплоснабжения. Температурный график водяных тепловых сетей, качественный и количественный методы регулирования отпуска теплоты. Расчет нормативных и фактических потерь теплоты, гидравлических потерь в тепловых сетях, затрат энергии на перемещение теплоносителей. Влияние состояния трубопроводов на теплопотери. Электрические сети, нормативные и фактические потери электроэнергии в сетях, эффективность передачи электроэнергии от источников электроснабжения до потребителей. Применение частотно-регулируемого электропривода в системах тепло-, холодо- и водоснабжения предприятий.

Тема 4. Масштабы и эффективность потребления ТЭР в типовых технологических процессах промышленных предприятий.

Типовые технологические процессы, аппараты и установки: нагрев и охлаждение, выпаривание, сушка, перегонка и ректификация, сорбционные процессы, химические реакторы, и др. Уравнения материальных, тепловых, энергетических и эксергетических балансов типовых технологических процессов. Масштабы и эффективность потребления ТЭР в типовых технологических процессах. Показатели эффективности использования ТЭР в технологии. Типовые энерго– и ресурсосберегающие решения в промышленных технологических процессах Внутреннее (регенеративное) и внешнее использование ВЭР в технологии. Ступенчатое использование потенциала. Применение промежуточного подогрева и рециркуляции сушильного агента в процессах сушки. Применение тепловых насосов в

технологии. Энерготехнологичекое комбинирование. Методы топливных чисел и предельного интенсивного энергосбережения и их применение при оценке эффективности использования ТЭР в технологических системах.

Тема 5. Масштабы и эффективность энергопотребления общеинженерных системы жизнеобеспечения предприятий.

Тепловые схемы и оборудование систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, горячего водоснабжения предприятий. Основные уравнения материальных, тепловых и энергетических балансов для расчета мощности, потребления ТЭР на работу систем жизнеобеспечения предприятий. Основные направления по экономии энергии в системах жизнеобеспечения с применением современных средств автоматизации, утилизаторов теплоты вентиляционных выбросов, рационального выбора вида системы отопления (паровое, водяное, воздушное), применения панельно-лучистых отопительных приборов, тепловых насосов, использования теплоты возобновляемых источников энергии и ВЭР.

Тема 6. Материальные, тепловые, энергетические балансы, показатели эффективности использования ТЭР на административно-бытовых объектах предприятий.

Материальные, тепловые, энергетические балансы объектов административно-бытовых зданий и помещений, систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, систем горячего водоснабжения. Фактическое и нормативное потребление ТЭР, относительные, удельные и нормативные показатели эффективности использования ТЭР в жилых и общественных зданиях, системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, системах горячего водоснабжения зданий. Энерго-и ресурсосберегающие технологии, мероприятия и технические решения, реализуемые на объектах ЖКХ, в системах отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и горячего водоснабжения зданий.

Тема 7. Метод балансов и его применение, показатели эффективности использования ТЭР энергетических объектов.

Материальные, тепловые, энергетические и эксергетические балансы. Топливный, паро-конденсатный, водный, тепловой, энергетический и эксергетический балансы источников электро-, тепло-, хладоснабжения, снабжения сжатым воздухом, систем водоснабжения. Полезные составляющие балансов и потери веществ, энергии и эксергии. Вывод формул для расчета показателей эффективности использования ТЭР: КПД КЭС и ТЭЦ; электрического и теплового КПД ТЭЦ; эксергетического КПД КЭС и ТЭЦ; теплового и эксергетического КПД паровой и водогрейной котельной; удельных потреблений ТЭР на единицу вырабатываемой, преобразуемой энергии. Абсолютный и относительный холодильный коэффициент и коэффициент трансформации энергии и их связь с энергетическим балансом холодильной машины и теплового насоса. Вторичные энергоресурсы энергетических систем и установок. Возможности применения тепловых насосов на источниках электро-, тепло-, хладо-, воздухоснабжения, систем водоснабжения.

Тема 8. Материальные, тепловые, энергетические и эксергетические балансы, показатели эффективности использования ТЭР технологических объектов.

Сводные и частные, аналитические материальные, тепловые, энергетические и эксергетические балансы объектов, систем и установок предприятий обрабатывающих отраслей экономики. Полезные составляющие балансов и потери веществ, энергии и эксергии. Вывод формул для расчета показателей эффективности использования ТЭР: КПИ, удельных расходов ТЭР технологических систем и установок. Вторичные энергоресурсы технологических систем и установок. Возможности применения тепловых насосов в технологии. Регенеративное и внешнее использование ВЭР технологических систем и установок.

Тема 9. Методы, способы и средства сбора, обработки и анализа информации о потреблении ТЭР при проведении энергоаудита и составлении балансов.

Назначение и классификация материальных, тепловых, энергетическиих и эксергетических балансов; сводные общие и частные (по видам энергоносителей), аналитические балансы ТЭР. Структура и составляющие балансов и балансовых уравнений. Связь балансовых уравнений с показателями эффективности производства и потребления ТЭР. Методы и способы сбора и получения информации (инструментальный, документальный, расчетный, расчетно-нормативный) при составлении балансов. Методы составления балансов по потокам, связывающим объект с внешними источниками и потребителями или стоками веществ и энергии (метод «черного ящика»), и по разностной схеме, т.е. с определением составляющих баланса, полезно используемых на объекте, и потерь веществ и энергии. Балансы как средство проверки полноты и достоверности информации о производстве и потреблении ТЭР на объекте. Связь балансовых уравнений с показателями эффективности использования ТЭР (КПД, КПИ ТЭР, удельным потреблением ТЭР). Особенности составления балансов объектов, которые или часть оборудования которых работает в периодическом и переходном режимах. Понятие об энергетическом обследовании, экспресс- и углубленном энергоаудите объектов различного назначения, законодательной основе и источниках финансирования их проведения. Цель и задачи энергоаудита. Последовательность его проведения. Содержание энергетического паспорта, отчета о проведении энергоаудита и программы реализации энергосберегающих мероприятий.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

Семинарские/практические занятия

1. Повторение принципиальных схем, оборудования, принципа действия и изображения циклов производства электрической энергии, теплоты и холода, сжатого воздуха, оборотных систем водоснабжения.
2. Составление тепловых и энергетических балансов для паровых и водогрейных котлов, котельных, ТЭЦ и КЭС.
3. Расчет тепловых и гидравлических потерь в тепловых сетях с учетом способа прокладки тепловых сетей и утечек теплоносителей, доли возврата конденсата на источник пароснабжения.
4. Составление материальных, тепловых и энергетических балансов, оценка эффективности использования ТЭР в технологических установках (выпарных, ректификационных, сушильных и др.) по коэффициентам полезного использования, удельному потреблению ТЭР.
5. Составление и анализ имеющихся в литературе эксергетических балансов, расчет эксергетических КПД и КПИ и анализ имеющихся в литературе данных по эксергетическим КПД и КПИ для источников тепло- и электроснабжения, технологических аппаратов, установок и систем.
6. Расчет показателей эффективности использования топливно-энергетических ресурсов.
7. Сравнение расходов топлива на раздельную и комбинированную выработку электроэнергии и теплоты.
8. Расчет КПД КЭС и ТЭЦ, паросиловых и газотурбинных циклов.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ Р 58177-2018. Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Тепловые электрические станции. Оборудование тепломеханическое тепловых электростанций. Контроль состояния металла. Нормы и требования
2. ГОСТ 12.1.004 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.
3. ГОСТ 12.1.005 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
4. ГОСТ 12.1.007 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
5. ГОСТ 12.1.030 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
6. ГОСТ 12.2.007.0 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.
7. ГОСТ 12.2.032 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
8. ГОСТ 12.2.033 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
9. ГОСТ 12.2.061 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.
10. ГОСТ 12.2.062 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Ограждения защитные.
11. ГОСТ 27.002 Надежность в технике. Термины и определения.

4.2 Основная литература

1. Котельные установки и парогенераторы [Электронный ресурс]: учеб. / В.М. Лебедев [и др.]. — Электрон. дан. — Москва: УМЦ ЖДТ, 2013. — 376 с.
2. Осика Л.К. Инжиниринг объектов интеллектуальной энергетической системы. Проектирование. Строительство. Бизнес и управление [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва: Издательский дом МЭИ, 2014. — 780 с.
3. Моисеев Б.В. Промышленная теплоэнергетика [Электронный ресурс]: учеб. / Б.В. Моисеев, Ю.Д. Земенков, С.Ю. Торопов. — Электрон. дан. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. — 236 с.
4. Матиящук С.В. Комментарий к Федеральному закону от 27 июля 2010 г. № 190-ФЗ «О теплоснабжении» (постатейный) [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва: Юстицинформ, 2011. — 160 с.
5. Семенов Б.А. Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2013. — 384 с.

4.3 Дополнительная литература

1. Пилипенко Н.В. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Н.В. Пилипенко, И.А. Сиваков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2013. — 274 с.

2. Полуянович Н.К. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 396 с.

3. Лебедев В.М. Источники и системы теплоснабжения предприятий [Электронный ресурс]: учеб. / В.М. Лебедев, С.В. Приходько. — Электрон. дан. — Москва: УМЦ ЖДТ, 2013. — 354 с.

4. Теплоэнергетика и теплотехника: Справочная серия: В 4 кн. Кн. 4. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: справочник [Электронный ресурс]: справ. — Электрон. дан. — Москва: Издательский дом МЭИ, 2007. — 632 с.

5. Анчарова Т.В. Справочник по энергоснабжению и электрооборудованию промышленных предприятий и общественных зданий [Электронный ресурс]: справ. / Анчарова Т.В., Бодрухина С.С., Буре А.Б.. — Электрон. дан. — Москва: Издательский дом МЭИ, 2010. — 745 с.

6. Королев А.Т. Организация проектирования объектов теплоснабжения : курс лекций [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2010. — 160 с.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Проведение занятий и аттестаций возможно в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой электронных образовательных ресурсов (ЭОР) по всем разделам программы:

Название ЭОР	Ссылка
Энерготехнологический комплекс промышленных предприятий	https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=3326

Разработанный ЭОР включает в себя: лекционный и практический материал; самостоятельную работу; видеоматериалы; промежуточный и итоговый тесты.

Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

Каждый студент обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронным библиотекам университета (http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog).

Ссылка на электронную библиотеку:
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=7621&section=1

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. МойОфис – российская компания-разработчик безопасных офисных решений для общения и совместной работы с документами (Альтернатива MS Office) https://myoffice.ru/
2. Платформа nanoCAD – это российская платформа для проектирования и моделирования объектов различной сложности. Поддержка форматов *.dwg и IFC делает ее отличным решением для совмещения САПР- и BIM-технологий. Функционал платформы может быть расширен с помощью специальных модулей https://www.nanocad.ru/support/education/
3. Система трехмерного моделирования «КОМПАС-3D» https://edu.ascon.ru/main/download/freeware/

4. VALTEC.PRG.3.1.3. Программа для теплотехнических и гидравлических расчетов https://valtec.ru/document/calculate/
5. Онлайн расчеты АВОК-СОФТ https://soft.abok.ru/help_desk/

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Российская национальная библиотека http://www.nlr.ru
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» https://biblioclub.ru/index.php
3. Научная электронная библиотека http://www.elibrary.ru
4. Российская государственная библиотека http://www.rsl.ru
5. Образовательная платформа ЮРАЙТ http://www.urait.ru
6. «Техэксперт» – справочная система, предоставляющая нормативно-техническую, нормативно-правовую информацию https://техэксперт.сайт/
7. НП «АВОК» – помощник инженера по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике https://www.abok.ru/
8. Е-ДОСЬЕ – Электронный эколог. Независимая информация о российских организациях, база нормативных документов и законодательных актов https://e-ecolog.ru/
9. Инженерная сантехника VALTEC (каталог продукции и нормативная документация) https://valtec.ru/

5. Материально-техническое обеспечение

Для проведения лекционных занятий используются аудитории, оснащенные компьютерами, интерактивными досками, мультимедийными проекторами и экранами: АВ2404, АВ2415 и аудитории общего фонда. Для проведения семинарских и лабораторных работ используются аудитории: АВ2406, АВ1101 и аудитории корпуса УРБАН.ТЕХНОГРАД Инновационно-образовательном комплексе «Техноград», который расположен на территории ВДНХ.

6. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

6.1.1 Преподаватель организует преподавание дисциплины в соответствии с требованиями «Положения об организации образовательного процесса в Московском политехническом университете и его филиалах», утверждённым ректором университета.

6.1.2 На первом занятии преподаватель доводит до сведения студентов содержание рабочей программы дисциплины (РПД).

6.1.3 Преподаватель особенно обращает внимание студентов на:

- виды и формы проведения занятий по дисциплине, включая порядок проведения занятий с применением технологий дистанционного обучения и системы дистанционного обучения университета (СДО Московского Политеха);
- виды, содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости в соответствии с фондом оценочных средств;

– форму, содержание и порядок проведения промежуточной аттестации в соответствии с фондом оценочных средств, предусмотренным РПД.

6.1.4 Преподаватель доводит до сведения студентов график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД.

6.1.5 Преподаватель рекомендует студентам основную и дополнительную литературу.

6.1.6 Преподаватель предоставляет перед промежуточной аттестацией (экзаменом или зачётом) список вопросов для подготовки.

6.1.7 Преподаватели, которые проводят лекционные и практические (семинарские) занятия, согласуют тематический план практических занятий, чтобы использовать единую систему обозначений, терминов, основных понятий дисциплины.

6.1.8 При подготовке к семинарскому занятию по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, согласно РПД, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем вопросов по теме семинара.

В ходе семинара во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы семинарского занятия, определить порядок его проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Использовать фронтальный опрос давая возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

В заключительной части семинарского занятия следует подвести итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного семинарского занятия. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

6.1.9 Целесообразно в ходе защиты рефератов, лабораторных работ, курсовых работ и проектов задавать выступающим и аудитории дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения их позиций по существу обсуждаемых проблем.

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО Московского Политеха).

6.1.10 Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

6.2.1 Студенту необходимо составить для себя график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД с учётом требований других дисциплин, изучаемых в текущем семестре.

6.2.2 При проведении занятий и процедур текущей и промежуточной аттестации с использованием инструментов информационной образовательной среды дистанционного образования университета (СДО Московского Политеха), как во время контактной работы с преподавателем, так и во время самостоятельной работы студент должен обеспечить техническую возможность дистанционного подключения к системам дистанционного обучения. При отсутствии такой возможности обсудить ситуацию с преподавателем дисциплины.

6.2.3 К промежуточной аттестации допускаются только обучающиеся, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины (РПД).

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Контроль успеваемости и качества подготовки проводится в соответствии с требованиями "Положения об организации образовательного процесса в Московском политехническом университете".

Для контроля успеваемости и качества освоения дисциплины настоящей программой предусмотрены следующие виды контроля:

– контроль текущей успеваемости (текущий контроль);

– промежуточная аттестация.

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

– подготовка и выступление на семинарском занятии с докладом и обсуждением;

– тест, экзамен.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме бланкового тестирования, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины – решение задач.

Образцы тестовых заданий, контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, экзаменационных билетов, приведены в приложении.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Энерготехнологический комплекс промышленных предприятий».

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.

Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Для проведения текущего контроля применяются следующие формы: разноуровневые задачи и задания; доклад, сообщение; устный опрос, собеседование; тест.

7.3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится на соответствующих формам обучения семестрах в форме экзамена.

Экзамен проводится по билетам, ответы предоставляются письменно с последующим устным собеседованием. Билеты формируются из вопросов представленного ниже перечня. В билет включается два вопроса из разных разделов дисциплины и одно практическое задание. Перечень вопросов соответствует темам, изученным на лекционных и семинарских занятиях (прилагается). Время на подготовку письменных ответов – до 40 мин, устное собеседование – до 10 минут.

7.3.3. Вопросы для зачета/экзамена

1. Системы и оборудование промышленных источников электрической энергии, теплоты, холода, сжатых газов и воздуха.
2. Системы и оборудование для тепло-, энерго, холодо-, водо-, воздухо- и газоснабжения предприятий.
3. Промышленные технологические потребители ТЭР.
4. Системы и оборудование обеспечения жизнедеятельности предприятий (отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, горячего водоснабжения, канализования и обезвреживания стоков, газообразных выбросов и твердых отходов).
5. Виды и параметры энерго-, тепло- и хладоносителей.
6. Вторичные энергоресурсы (ВЭР).
7. Централизованные и автономные системы энергоснабжения и жизнеобеспечения предприятий.
8. Понятие о концепции устойчивого развития, о влиянии деятельности человека на природу.
9. Распределение добываемых, производимых и потребляемых ресурсов в мире.
10. Проблемы и перспективы потребления ТЭР в энергетике и технологии.
11. Принципиальные схемы тепловых электростанций, паровых и водогрейных котельных, холодильных станций и установок, воздушных компрессорных станций.
12. Автономные воздушные компрессоры.
13. Основные зависимости для расчета их производительности, потребления ТЭР, коэффициенты полезного действия (КПД), удельные показатели потребления ТЭР.

14. Доли потребления ими ТЭР в общем потреблении предприятий.

15. Повышение эффективности производства энергии на основе применение газотурбинных и парогазовых установок, превращения котельных в ТЭЦ и мини-ТЭЦ.

16. Применение детандер-генераторных агрегатов в системах топливоснабжения.

17. Причины отставания России от промышленно развитых стран и перспективы применения тепловых насосов при производстве, транспортировании и потреблении ТЭР.

18. Принципиальные схемы и основные виды оборудования систем топливоснабжения, паровых и водяных систем теплоснабжения, автономных систем теплоснабжения с высокотемпературными минеральными и органическими теплоносителями.

19. Тепловые сети.

20. Тепловые пункты.

21. Схемы присоединения потребителей к источникам теплоснабжения.

22. Температурный график водяных тепловых сетей, качественный и количественный методы регулирования отпуска теплоты.

23. Расчет нормативных и фактических потерь теплоты, гидравлических потерь в тепловых сетях, затрат энергии на перемещение теплоносителей.

24. Влияние состояния трубопроводов на теплопотери.

25. Электрические сети, нормативные и фактические потери электроэнергии в сетях, эффективность передачи электроэнергии от источников электроснабжения до потребителей.

26. Применение частотно-регулируемого электропривода в системах тепло-, холодо- и водоснабжения предприятий.

27. Типовые технологические процессы, аппараты и установки: нагрев и охлаждение, выпаривание, сушка, перегонка и ректификация, сорбционные процессы, химические реакторы, и др.

28. Уравнения материальных, тепловых, энергетических и эксергетических балансов типовых технологических процессов.

29. Масштабы и эффективность потребления ТЭР в типовых технологических процессах.

30. Показатели эффективности использования ТЭР в технологии.

31. Типовые энерго- и ресурсосберегающие решения в промышленных технологических процессах.

32. Внутреннее (регенеративное) и внешнее использование ВЭР в технологии.

33. Ступенчатое использование потенциала.

34. Применение промежуточного подогрева и рециркуляции сушильного агента в процессах сушки.

35. Применение тепловых насосов в технологии.

36. Энерготехнологичекое комбинирование.

37. Методы топливных чисел и предельного интенсивного энергосбережения и их применение при оценке эффективности использования ТЭР в технологических системах.

38. Тепловые схемы и оборудование систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, горячего водоснабжения предприятий.

39. Основные уравнения материальных, тепловых и энергетических балансов для расчета мощности, потребления ТЭР на работу систем жизнеобеспечения предприятий.

40. Основные направления по экономии энергии в системах жизнеобеспечения с применением современных средств автоматизации.

41. Основные направления по экономии энергии в системах жизнеобеспечения с применением современных утилизаторов теплоты вентиляционных выбросов.

42. Основные направления по экономии энергии в системах жизнеобеспечения с применением современных рационального выбора вида системы отопления (паровое, водяное, воздушное).

43. Основные направления по экономии энергии в системах жизнеобеспечения с применением современных панельно-лучистых отопительных приборов.

44. Основные направления по экономии энергии в системах жизнеобеспечения с применением современных тепловых насосов.

45. Основные направления по экономии энергии в системах жизнеобеспечения с применением современных использования теплоты возобновляемых источников энергии и ВЭР.

46. Материальные, тепловые, энергетические балансы объектов административно-бытовых зданий и помещений, систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, систем горячего водоснабжения.

47. Фактическое и нормативное потребление ТЭР.

48. Относительные, удельные и нормативные показатели эффективности использования ТЭР в жилых и общественных зданиях, системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, системах горячего водоснабжения зданий.

49. Энерго-и ресурсосберегающие технологии, мероприятия и технические решения, реализуемые на объектах ЖКХ, в системах отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и горячего водоснабжения зданий.

50. Материальные, тепловые, энергетические и эксергетические балансы.

51. Топливный, паро-конденсатный, водный, тепловой, энергетический и эксергетический балансы источников электро-, тепло-, хладоснабжения, снабжения сжатым воздухом, систем водоснабжения.

52. Полезные составляющие балансов и потери веществ, энергии и эксергии.

53. Вывод формул для расчета показателей эффективности использования ТЭР: КПД КЭС и ТЭЦ; электрического и теплового КПД ТЭЦ; эксергетического КПД КЭС и ТЭЦ; теплового и эксергетического КПД паровой и водогрейной котельной; удельных потреблений ТЭР на единицу вырабатываемой, преобразуемой энергии.

54. Абсолютный и относительный холодильный коэффициент.

55. Вторичные энергоресурсы энергетических систем и установок.

56. Возможности применения тепловых насосов на источниках электро-, тепло-, хладо-, воздухоснабжения, систем водоснабжения.

57. Сводные и частные балансы объектов, систем и установок предприятий обрабатывающих отраслей экономики.

58. Полезные составляющие балансов и потери веществ, энергии и эксергии.

59. Вывод формул для расчета показателей эффективности использования ТЭР: КПИ, удельных расходов ТЭР технологических систем и установок.

60. Вторичные энергоресурсы технологических систем и установок.

61. Возможности применения тепловых насосов в технологии.

62. Регенеративное и внешнее использование ВЭР технологических систем и установок.

63. Назначение и классификация материальных, тепловых, энергетическиих и эксергетических балансов.

64. Структура и составляющие балансов и балансовых уравнений.

65. Связь балансовых уравнений с показателями эффективности производства и потребления ТЭР.

66. Методы и способы сбора и получения информации (инструментальный, документальный, расчетный, расчетно-нормативный) при составлении балансов.

67. Методы составления балансов по потокам, связывающим объект с внешними источниками.

68. Балансы как средство проверки полноты и достоверности информации о производстве и потреблении ТЭР на объекте.

69. Связь балансовых уравнений с показателями эффективности использования ТЭР (КПД, КПИ ТЭР, удельным потреблением ТЭР).

70. Особенности составления балансов объектов, которые или часть оборудования которых работает в периодическом и переходном режимах.

71. Понятие об энергетическом обследовании.

72. Цель и задачи энергоаудита.

73. Последовательность проведения энергоаудита.

74. Содержание энергетического паспорта, отчета о проведении энергоаудита и программы реализации энергосберегающих мероприятий.

75. Понятие о экспресс- и углубленном энергоаудите объектов различного назначения

76. Понятие о законодательной основе и источниках финансирования проведения энергоаудита.

77. Методы составления балансов по стокам веществ и энергии (метод «черного ящика»).

78. Методы составления балансов по разностной схеме, т.е. с определением составляющих баланса, полезно используемых на объекте, и потерь веществ и энергии.

79. Сводные общие и частные (по видам энергоносителей), аналитические балансы ТЭР.

80. Аналитические материальные и тепловые балансы объектов, систем и установок предприятий обрабатывающих отраслей экономики.

81. Энергетические и эксергетические балансы объектов, систем и установок предприятий обрабатывающих отраслей экономики.

82. Коэффициент трансформации энергии и его связь с энергетическим балансом холодильной машины и теплового насоса.

Приложение 1

Перечень практических работ:

Расчетная работа. Практическая работа направлена на формирование умений и навыков по расчету параметров сетевых графиков проведения монтажных и ремонтных работ энергооборудования на промышленной площадке. Результатом работы являются вычисления параметров сетевых графиков монтажных и ремонтных работ, подбор монтажного оборудования, специализированных конструкций, арматуры, средств автоматизации и диспетчеризации.

Приложение 2

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Учет и контроль над использованием энергоносителей в зданиях и сооружениях.
2. Интенсификация процесса теплообмена для отопительного оборудования, обеспечивающего микроклимат зданий.
3. Интенсификация передачи тепла лучеиспусканием.
4. Структура энергопотребления предприятий энергоемких отраслей промышленности.
5. Графики тепловых нагрузок промышленного предприятия.
6. Вторичные энергетические ресурсы теплотехнологии
7. Системы пароснабжения. Схемы сбора и возврата промышленного конденсата.

Приложение 3

Примеры задач для семинарских занятий

Задача 1. Двигатель резервной энергоустановки предприятия работает по циклу Отто. Состояние воздуха на входе в двигатель: давление $p_в$ = 1 бар, температура $t_в$ = 20 ^{0}С. Массовый расход воздуха на входе в двигатель $G_в$ = 1 кг/с. Степень сжатия рабочего тела равна 7,2. Определить температуру рабочего тела в конце процесса сжатия и к.п.д. цикла.

Задача 2. Двигатель резервной энергоустановки предприятия работает по циклу Дизеля. Состояние воздуха на входе в двигатель: давление $p_в$ = 1 бар, температура $t_в$ = 20 ^{0}С. Массовый расход воздуха на входе в двигатель $G_в$ = 1 кг/с. Степень сжатия рабочего тела равна 12,7. Определить температуру рабочего тела в конце процесса сжатия и к.п.д. цикла.

Задача 3. Газотурбинная энергоустановка предприятия работает по циклу Брайтона. Состояние воздуха на входе в компрессор: давление $p_в$ = 1 бар, температура $t_в$ = 20^{0}С. Степень сжатия воздуха в компрессоре – 8. Определить температуру рабочего тела на выходе из компрессора и к.п.д. цикла.

Задача 4. Теплотехнологические установки цеха промышленного предприятия получают из заводской котельной пар давлением $p_п$ = 4 бара и степенью сухости x = 0,97. Пролет пара в конденсате, возвращаемом из цеха в котельную y = 25%. Массовый расход пара, потребляемого цехом $D_п$ = 7,2 кг/с. Определить расход пара, который будет потреблять оборудование цеха после установки конденсатоотводчиков с паспортным значением пролета пара в конденсате 3%.

Задача 5. В калорифер однозонной конвективной сушильной машины поступает воздух, расход которого $G_в$ = 3,2 кг/с, температура $t_в$ = 20 ^{0}С, относительная влажность φ = 60%. Температура воздуха на выходе из калорифера $t_{вк}$ = 110 ^{0}С. Определить тепловой поток, расходуемый на нагревание воздуха.

Задача 6. Теплота в количестве q = 800 кДж/кг передается от тела с температурой T_1=1500 К к телу с более низкой температурой T_2 = 400 К. Температура окружающей среды T_0 = 290 К. Определить потерю эксергии теплоты.

Задача 7. При расщеплении 1 кг урана в реакторе атомной электростанции количество выделяемой теплоты оценивается величиной $22{,}9 \cdot 10^6$ кВт·ч/кг. Определить, какое количество угля с теплотой сгорания 29300 кДж/кг потребуется для получения такого же количества теплоты.

Задача 8. Сравните эксергетический к.п.д. двух теплообменных аппаратов, использующихся для подогрева воды от 75 до 95 ^{o}C дымовыми газами. В первом из них температура дымовых газов на входе в аппарат составляет 450 ^{o}C, а на выходе из него – 320 ^{o}C. Во втором аппарате температура дымовых газов на входе и выходе равны 250 и 120 ^{o}C.