Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 15.06.2026 17:10:46
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/
26 февраля 2026 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы проектирования и расчета аппаратов энергетики

Направление подготовки
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль
Интеллектуальные тепловые энергосистемы

Квалификация
Бакалавр

Формы обучения
Очная

Москва, 2026 г.

Разработчик(и):

Зав. каф., к.т.н., доц. _____ / Л.А. Марюшин /
И.О. Фамилия

Ст. преп., б/с, б/з _____ / И.Л. Савельев /
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 6
3.3 Содержание дисциплины 6
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 8
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 8
4.1 Нормативные документы и ГОСТы 8
4.2 Основная литература 9
4.3 Дополнительная литература 9
4.4 Электронные образовательные ресурсы 10
4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 10
4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 10
5. Материально-техническое обеспечение 11
6. Методические рекомендации 11
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 11
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 12
7. Фонд оценочных средств 12
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 12
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 13
7.3 Оценочные средства 14

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К основным целям освоения дисциплины «Основы проектирования и расчета аппаратов энергетики» следует отнести:

– формирование знаний о современных принципах, методах моделирования теплоэнергетических процессов и аппаратов;

– изучение математических методов, схем и средств математического моделирования физических процессов, основанных на методе конечных разностей, с учётом математического и физического подходов;

– оценка влияния различных термодинамических и конструктивных параметров с целью повышения эффективности;

– подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению, в том числе формирование умений по выявлению необходимых усовершенствований и разработке новых, более эффективных методов моделирования теплоэнергетических процессов и аппаратов.

К основным задачам освоения дисциплины «Основы проектирования и расчета аппаратов энергетики» следует отнести:

– выработать навыки у студентов самостоятельно формулировать задачи для Математического моделирования теплоэнергетических процессов и аппаратов;

– научить мыслить системно на примерах повышения энергетической эффективности процессов и аппаратов с учетом технологических, экологических и экономических факторов;

– изучение основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

Обучение по дисциплине «Основы проектирования и расчета аппаратов энергетики» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ИОПК-1.1. Знает основы информационных технологий ИОПК-1.3. Владеет навыками работы с прикладным программным обеспечением ИОПК-1.4. Демонстрирует принципы работы современных информационных технологий; ИОПК-1.5. Демонстрирует знание требований к оформлению документации (ЕСКД) и умение выполнять чертежи простых объектов.
ОПК-2. Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	ИОПК-2.1. Алгоритмизирует решение задач и реализует алгоритмы с использованием программных средств; ИОПК-2.2. Применяет средства информационных технологий для поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации.
ОПК-4. Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ИОПК-4.1. Демонстрирует понимание основных законов механики жидкости и газа и применяет их для расчета элементов теплотехнических установок и систем; ИОПК-4.2. Демонстрирует понимание основ термодинамики, основных законов термодинамики и применяет их для расчетов

	термодинамических процессов, циклов и их показателей; ИОПК-4.3. Демонстрирует понимание основных законов тепломассообмена и применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части блока Б1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина «Основы проектирования и расчета аппаратов энергетики» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- Техническая термодинамика;
- Математика;
- Котельные установки и парогенераторы;
- Технологические энергоносители и энергосистемы предприятий;
- Теплоэнергетические системы промышленных предприятий.
- Энергетический комплекс промышленных предприятий.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **4** зачетных(е) единиц(ы) (**144** часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

Изучается на 4 семестре очной формы обучения. Форма промежуточной аттестации: экзамен.

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			4 семестр
1	**Аудиторные занятия**	**72**	72
	В том числе:		
1.1	Лекции	36	36
1.2	Семинарские/практические занятия	36	36
1.3	Лабораторные занятия	-	-
2	**Самостоятельная работа**	**72**	72
	В том числе:		
2.1	Подготовка и защита графических работ	36	36
2.2	Самостоятельное изучение	36	36
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	Раздел 1. Математическое моделирование	8	2	2	0	0	4
2	Раздел 2. Математические модели теплоэнергетики	8	2	2	0	0	4
3	Раздел 3. Вопросы проектирования, изготовления, монтажа и пуска в эксплуатацию теплообменных аппаратов	16	4	4	0	0	8
4	Раздел 4. Рекомендации по конструированию аппаратов	16	4	4	0	0	8
5	Раздел 5. Материалы, применяемые при изготовлении аппаратов	16	4	4	0	0	8
6	Раздел 6. Изготовление теплообменных аппаратов	16	4	4	0	0	8
7	Раздел 7. Изготовление фланцев и патрубков	16	4	4	0	0	8
8	Раздел 8. Монтаж и испытание аппаратов	16	4	4	0	0	8
9	Раздел 9. Пуск и наладка аппаратов энергетики	16	4	4	0	0	8
10	Раздел 10. Термодинамические процессы и циклы	16	4	4	0	0	8
Итого			**144**	**36**	**36**	**0**	0

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Математическое моделирование

Тема 1.1. Этапы математического моделирования

Рассматриваются основные этапы математического моделирования аппаратов энергетики

Тема 1.2. Основные этапы численного решения задачи на ЭВМ

Рассматриваются основные этапы численного решения задачи моделирования аппаратов энергетики на ЭВМ

Тема 1.3. Основные источники и классификация погрешностей численного решения задач на ЭВМ

Роль математических методов в решении инженерных задач. Понятие математической модели. Классификация математических моделей. Этапы разработки математической модели. Алгоритмизация технических расчетов

Раздел 2. **Математические модели теплоэнергетики**

Тема 2.1. Уравнение теплопроводности

Особенности моделирования теплоэнергетических процессов и объектов. Использование численных методов в тепловых расчетах теплоэнергетических установок. Численные методы решения задач одномерной оптимизации. Численные методы решения задач одномерной оптимизации. Обобщенная математическая модель теплообменных устройств и аппаратов. Моделирование работы котлов-утилизаторов

Раздел 3. Вопросы проектирования, изготовления, монтажа и пуска в эксплуатацию теплообменных аппаратов

Тема 3.1 Основы проектирования теплообменных аппаратов

Рассматриваются основные принципы и подходы при проектировании аппаратов энергетики

Тема 3.2. Общие требования к проектированию

Рассматриваются основные и требования, предъявляемые при проектировании аппаратов энергетики

Тема 3.3. Стадии проектирования

Рассматриваются основные стадии про проектирование аппаратов энергетики

Раздел 4. Рекомендации по конструированию аппаратов

Тема 4.1. Основные рекомендации по конструированию аппаратов

Приводятся основные рекомендации при проектировании аппаратов энергетики

Раздел 5. Материалы, применяемые при изготовлении аппаратов

Тема 5.1. Обзор материалов применяемых при изготовлении аппаратов

Рассматриваются основные материалы, применяемые при проектировании и изготовлении аппаратов энергетики

Раздел 6. Изготовление теплообменных аппаратов

Тема 6.1. Изготовление корпусов

Рассматриваются основные нюансы изготовления аппаратов энергетики

Раздел 7. Изготовление фланцев и патрубков

Тема 7.1. Изготовление и сборка трубной системы аппаратов

Изучаются основные принципы изготовления и сборки трубной системы аппаратов энергетики

Тема 7.2. Требования к сварным соединениям элементов конструкции аппаратов

Приводятся основные требования к сварным соединениям элементов конструкции аппаратов энергетики

Тема 7.3. Сборка теплообменных аппаратов

Изучаются основные принципы сборки теплообменных аппаратов

Раздел 8. Монтаж и испытание аппаратов

Тема 8.1. Процедура монтажа и испытаний аппаратов энергетики

Раздел 9. Пуск и наладка

Тема 9.1. Процедура пуска и наладки аппаратов энергетики

Раздел 10. Термодинамические процессы и циклы

Тема 10.1. Теплота и работа

Тема 10.2. Первый закон термодинамики

Тема 10.3. Энтальпия

Тема 10.4. Энтропия

Тема 10.5. Тепловая T- S диаграмма

Тема 10.6. Второй закон термодинамики

Тема 10.7. Циклы паросиловых установок

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

Семинарское занятие 1, 2. Определение средней мощности электростанции.
Семинарское занятие 3, 4. Определение параметров сухого насыщенного пара.
Семинарское занятие 5, 6. Определение параметров влажного пара.
Семинарское занятие 7, 8. Определение параметров перегретого водяного.
Семинарское занятие 9, 10. Расчёт площади поверхность теплообменника при включении его по схеме прямотока и противотока.
Семинарское занятие 11, 12. Расчёт площади поверхности охлаждения конденсатора и расход охлаждающей воды для паровой турбины.
Семинарское занятие 13, 14. Циклы энергетических установок.
Семинарское занятие 15, 16. Расчёт производительности котельной установки и часовой расход топлив.
Семинарское занятие 17, 18. Расчёт термического КПД паровой турбины.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 34060-2017 Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Испытание и наладка систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Правила проведения и контроль выполнения работ.
2. ГОСТ Р 59501-2021 Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Монтаж и пусковая наладка систем отопления. Правила и контроль выполнения работ.
3. ГОСТ Р 59510-2021 Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Монтаж и пусковая наладка теплонасосных систем теплохладоснабжения зданий. Правила и контроль выполнения работ.
4. ГОСТ Р 70095-2022 Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Монтаж и пусковая наладка систем холодоснабжения. Правила и контроль выполнения работ.
5. ГОСТ Р 59135-2020 Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Монтаж и пусковая наладка систем горячего и холодного водоснабжения. Правила и контроль выполнения работ.
6. ГОСТ 34058-2021 Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Монтаж и пусковая наладка, техническое обслуживание и ремонт испарительных и компрессорно-конденсаторных блоков бытовых систем кондиционирования. Правила и контроль выполнения работ.
7. ГОСТ Р 70100-2022 Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Монтаж и пусковая наладка систем воздушного отопления складских зданий. Правила и контроль выполнения работ.
8. ГОСТ Р 70093-2022 Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Монтаж и пусковая наладка систем кондиционирования с переменным расходом хладагента. Правила и контроль выполнения работ.
9. РД 34.70.110-92 Правила организации пусконаладочных работ на тепловых электростанциях.

4.2 Основная литература

1. К.Э. Аронсон, С.Н. Блинков, В.И. Брезгин, Ю.М. Бродов, В.К. Купцов, И.Д. Ларионов, М.А. Ниренштейн, П.Н. Плотников, А.Ю. Рябчиков, С.И. Хает Теплообменники энергетических установок: учебное электронное издание. Екатеринбург, УрФУ 2015. https://openedu.urfu.ru/files/book/index.html

2. М.А. Шеремет Лекции по курсу «Математическое моделирование и алгоритмизация задач теплоэнергетики». – Томск: Изд-во ТПУ. 2009. – 49с.

3. Ревзин Б.С., Ларионов И.Д. Газотурбинные установки с нагнетателями для транспорта газа: справочное пособие. М.: Недра, 1991. 303 с.

4. Бродов Ю.М., Савельев Р.З. Конденсационные установки паровых турбин: учебное пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1994. 288 с.

5. Бродов Ю.М., Аронсон К.Э., Рябчиков А.Ю. Маслоохладители в системах маслоснабжения паровых турбин: учебное пособие для вузов / под ред. Ю.М. Бродова. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 1996. 103 с.

6. Повышение эффективности и надежности теплообменных аппаратов паротурбинных установок: учебное пособие для вузов. 3-е изд. перераб. и доп. / под ред. Ю.М. Бродова. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2004. 465 с.

7. Рябчиков А.Ю., Аронсон К.Э. Ремонт вертикальных сетевых подогревателей и подогревателей низкого давления паротурбинных установок: учебное пособие для вузов / под ред. Ю.М. Бродова. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 1996. 88 с.

8. Бродов Ю.М., Рябчиков А.Ю., Аронсон К.Э. Термические деаэраторы в системах регенеративного подогрева питательной воды паротурбинных установок: Учебное пособие для вузов / Под ред. Ю.М. Бродова. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 1997. 116 с.

9. Теплообменные аппараты в системах регенеративного подогрева питательной воды паротурбинных установок: учебное пособие для вузов / Бродов Ю.М., Ниренштейн М.А., Аронсон К.Э., Рябчиков А.Ю. / под ред. Ю.М. Бродова. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 1998. 192 с.

10. Подогреватели сетевой воды в системах теплоснабжения ТЭС и АЭС: учебное пособие для вузов / Бродов Ю.М., Великович В.И., Ниренштейн М.А., Аронсон К.Э., Рябчиков А.Ю. / под ред. Ю.М. Бродова. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 1999. 138 с.

4.3 Дополнительная литература

1. Ларионов И.Д., Жилкин Б.П. Проектирование маслоохладителя на базе аппарата воздушного охлаждения: методические указания для студентов вузов. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2000, 38 с.

2. Бродов Ю.М., Ниренштейн М.А. Расчет теплообменных аппаратов паротурбинных установок: учебное пособие для вузов / под ред. Ю.М. Бродова. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2001. 373 с.

3. Бродов Ю.М., Плотников П.Н. Надежность кожухотрубных теплообменных аппаратов паротурбинных установок: учебное пособие для вузов. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2001. 242 с.

4. Техническое обслуживание и ремонт теплообменных аппаратов паротурбинных установок: учебное пособие для вузов / под ред. Ю.М. Бродова. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005. 307 с.

5. Справочник по теплообменным аппаратам паротурбинных установок / Бродов Ю.М., Аронсон К.Э., Рябчиков А.Ю., Ниренштейн М.А. / под ред.Ю.М.Бродова. М.: Издательский дом МЭИ, 2008. 485 с.

6. Ремонт и техническое обслуживание оборудования паротурбинных установок: справочник. В 2-х томах/ под общ. ред. Ю.М.Бродова. Екатеринбург: УрФУ, 2011. Т.1–540 с.; Т.2– 487 с.

7. Теплообменные аппараты технологических подсистем паротурбинных установок: энциклопедический справочник / Бродов Ю.М., Аронсон К.Э., Рябчиков А.Ю., Ниренштейн М.А./ под общ. ред. Ю.М. Бродова. Екатеринбург: УрФУ, 2013. 401 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	
Основы проектирования и расчета аппаратов энергетики	https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=2852

Разработанный ЭОР включают 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:

– доклад по теме: «Основы проектирования и расчета аппаратов энергетики» (индивидуально для каждого обучающегося);

– 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 – защита докладов, 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 «Основы проектирования и расчета аппаратов энергетики».

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.

Фонды оценочных средств представлены в приложении к рабочей программе.

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.

Приложение

Темы докладов по дисциплине

1. Современные методы проектирования теплоэнергетического оборудования.
2. Программные комплексы для проектирования энергетического оборудования.
3. Использование математических моделей для проектирования энергетического оборудования.
4. Применение 3D моделирования для проектирования теплообменного оборудования.
5. Применение технологий лазерного сканирования для проектирования энергетического оборудования.
6. История проектирования энергетического оборудования в СССР.
7. История проектирования энергетического оборудования в мире.
8. Современные тенденции в проектировании энергетического оборудования в России.
9. Проблемы проектирования энергетического оборудования в России.
10. Критерии эффективности проектирования энергетического оборудования.
11. Методы математического моделирования теплоэнергетических систем.
12. Перспективы применение технологий VR для проектирования энергетического оборудования.
13. Перспективы применение технологий AR для проектирования теплоэнергетических систем.
14. Типичные ошибки, допускаемые при проектировании теплообменного оборудования и методы борьбы с ними.
15. Современные способы решения задачи оптимизации рекуперативных теплообменных аппаратов.
16. Методы аналитического определения сезонного отпуска теплоты технологическим потребителям.
17. Основы проектирования энергетического оборудования.
18. Особенности моделирования теплоэнергетических процессов и объектов.
19. Применение BIM технологий при проектировании энергетического оборудования.
20. Обзор отечественных программных комплексов для проектирования энергетического оборудования
21. Основные принципы проектирования пластинчатых ТА.
22. Основы проектирования промышленных парогенераторов.
23. Основы проектирования паровых котлов.
24. Основные принципы проектирования кожухотрубных ТА.
25. Обзор отечественного рынка энергетического оборудования.
26. Тенденция развития отечественного рынка энергетического оборудования.
27. Роль математических методов в решении инженерных задач.
28. Этапы разработки математической модели энергетического оборудования
29. Особенности моделирования теплоэнергетических процессов и объектов.
30. Использование численных методов в тепловых расчетах теплоэнергетических установок.

Список экзаменационных вопросов по дисциплине

1. Теплоэнергетические системы и их элементы.
2. Критерии эффективности ТЭС ПП.
3. Математическое моделирование ТЭУ.
4. Оптимальная последовательность расчета ТЭУ.
5. Анализ структуры сложных систем; матрицы достижимости, контрдостижимости, пересечений; их применение.
6. Принципы декомпозиции многосвязных систем.
7. Первый и второй закон Киргоффа для гидравлических цепей.
8. Модели потокораспределения гидравлических сетей.
9. Математическое моделирование рекуперативных теплообменников.
10. Постановка задачи оптимизации теплообменников.
11. Обобщенная модель рекуперативных теплообменников.
12. Аналитическое определение сезонного отпуска теплоты технологическим потребителям.
13. Аналитическое определение сезонного отпуска теплоты сантехническим потребителям.
14. Выбор числа и типов турбин на ТЭЦ.
15. Аналитический метод определения оптимального коэффициента теплофикации.
16. Оптимизация коэффициента теплофикации в условиях ограничений.
17. Распределение нагрузок между конденсационными энергоблоками.
18. Распределение тепловых и электрических нагрузок на ТЭЦ.
19. Определение оптимального удельного падения давления в сети.
20. Выбор профиля турбинного оборудования ТЭЦ с использованием ЭВМ.
21. Расчет энергетических показателей турбин по энергетическим характеристикам.
22. Оптимизация расчетного коэффициента теплофикации.
23. Расчет принципиальной схемы турбин типа Т.
24. Расчет принципиальной тепловой схемы турбин типа ПТ.
25. Распределение оптимальной расчетной температуры воды в сети.
26. Расчет показателей турбин по диаграммам режимов работы.
27. Методы получения аналитических зависимостей для описания характеристик оборудования ТЭЦ.
28. Привести алгоритм расчета теплообменного аппарата без изменения агрегатного состояния теплоносителей.
29. Привести алгоритм расчета теплообменного аппарата при наличии фазовых переходов теплоносителей.
30. Привести алгоритм расчета теплообменного аппарата типа «труба в трубе».
31. Привести алгоритм расчета теплового баланса для пароперегревателя КУ.
32. Привести алгоритм расчета теплового баланса для испарителя КУ.
33. Привести алгоритм расчета теплового баланса для экономайзера КУ.
34. Привести алгоритм расчета поверхности нагрева КУ.
35. Привести алгоритм расчета требуемого напора тепловой сети.
36. Привести алгоритм расчета сетевого теплообменника для систем теплоснабжения.
37. Привести алгоритм расчета теплопотребления различными группами теплопотребителей.
38. Привести алгоритм расчета показателей турбин по энергетическим характеристикам.
39. Привести алгоритм выбора профиля турбинного оборудования ТЭЦ.
40. Выполнить анализ предложенной схемы на наличие контуров «методом прадерева с корнем»
41. Выполнить анализ предложенной схемы на наличие контуров на основе матрицы изоморфности.
42. Выполнить структурный анализ предложенной технологической схемы.
43. Представить модель потокораспределения для предложенной схемы гидравлической сети.

Примерный перечень вопросов для промежуточного тестирования

::ПТ-1:: На какие этапы делится процесс планирования создания математической модели? {
= модель – алгоритм – программа
~ задумка – апробация – реализация
~ объект – субъект – модель
~ концепт – прототип – модель
~ нет верного ответа
}

::ПТ-2:: Какими причинами было обусловлено второе рождение математического моделирования? {
= все ответы верны
~ появление ЭВМ
~ ядерная программа США
~ создание ракетно-ядерного щита в СССР
}

::ПТ-3:: Что необходимо сделать на первом этапе математического моделирования? {
= на первом этапе выбирается «эквивалент» объекта
~ на первом этапе выбирается алгоритма для реализации модели на компьютере
~ на первом этапе выбирается программа для создания математической модели
~ на первом этапе выбирается необходимая для реализации проекта ЭВМ
~ нет верного ответа
}

::ПТ-4:: Что необходимо сделать на втором этапе математического моделирования?{
= выбрать алгоритм для реализации модели на компьютере
~ выбрать «эквивалент» объекта
~ выбрать программу для создания математической модели
~ выбрать ЭВМ для реализации проекта
~ нет верного ответа
}

::ПТ-5:: Что необходимо сделать на третьем этапе математического моделирования?{
= на третьем этапе создаются программы, «переводящие» модель и алгоритм на доступный компьютеру язык
~ на третьем этапе создаются программы, «переводящие» модель и алгоритм на доступный человеку язык
~ на третьем этапе создаются модели и алгоритм развития объекта
~ нет верного ответа
}

::ПТ-6:: На сколько этапов можно разбить решение прикладных задач математической физики с использованием ЭВМ? {
= 9
~ 17
~ 3
~ 25
~ нет верного ответа
}

::ПТ-7:: Что происходит на этапе «Физическая постановка задачи»? {
= На этом этапе осуществляется физическая постановка задачи и намечается путь ее решения
~ На этом этапе строится или выбирается математическая модель, описывающая соответствующую физическую задачу
~ На этом этапе строится или выбирается алгоритм и намечается путь его решения
~ На этом этапе осуществляется физическая постановка задачи для ЭВМ
~ нет верного ответа
}

::ПТ-8:: Что является одним из главных вопросов, возникающих при численном решении задач математической физики? {
= как оценить достоверность полученного результата
~ как подобрать необходимую мощность ЭВМ
~ какую программу выбрать для решения задачи
~ кто должен отвечать за полученные результаты
~ все ответы верны
}

::ПТ-9:: Величина погрешности, вносимой в результат математической моделью, может возрасти, если… {
= в модели не учтены какие-либо важные характеристики изучаемого явления
~ в модели учтены какие-либо не важные характеристики изучаемого явления
~ в модели присутствуют 2 и более физических явления
~ в модели присутствуют 4 и более физических явления
~ все ответыверны
}

::ПТ-10:: Кто отвечает за расчет на прочность и выбор материала теплообменного аппарата в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением»? {
= организация, разработавшая конструкцию и выполнившая ее расчет
~ Ростехнадзор
~ Роспотребнадзор
~ СРО
~ служба, эксплуатирующая ТА
}

::ПТ-11:: Что такое проектирование теплообменного аппарата? {
~ это процесс разработки технической документации, по которой возможно изготовление нового теплообменника, отвечающего заданным требованиям
~ это творческий процесс определения общей конструкции (схемы) аппарата в целом
~ это поиск научно-обоснованных, технически осуществимых и экономически целесообразных инженерных решений
= все ответы верны
}

::ПТ-12:: Что создают в процессе конструирования ТА? {
~ чертежи теплообменного аппарата
~ технические требования к изготовлению теплообменного аппарата
~ техническую документацию

= все ответы верны
}

::ПТ-13:: Что не относится к общим требованиям которым должны отвечать теплообменные аппараты турбоустановок? {
= высокий коэффициент теплоотдачи
~ высокая тепловая производительность
~ экономичность в работе
~ обеспечение заданных теплогидравлических показателей
~ простота конструкции
}

::ПТ-14:: Какими факторами определяется высокая тепловая производительность ТА? {
= интенсивным теплообменом
~ низкой теплопроводностью материала
~ высоким загрязнением поверхности теплообмена
~ поддержанием пикового режима работы
~ все ответы верны
}

::ПТ-15:: Чем не обеспечиваются заданные проектные показатели работы ТА? {
= нет верного ответа
~ выбором оптимальных температур теплоносителей
~ правильным расчетом поверхности теплообмена
~ подбором надлежащих конструкционных материалов
~ выбором наивыгоднейших скоростей теплоносителей
}

Примерный перечень задач для семинарских занятий

Задача 1. Паровая турбина мощностью N = 12000 кВт работает при начальных параметрах p_1= 80 бар и t_1 = 450 °С. Давление в конденсаторе p_2= 0,04 бара. В котельной установке, снабжающей турбину паром, сжигается уголь с теплотой сгорания $Q_н^р$ = 25 МДж/кг. КПД котельной установки равен $\eta_{к.у.}$ = 0,8. Температура питательной воды $t_{п.в.}$= 90 °С.

Определить производительность котельной установки и часовой расход топлива при полной нагрузке паровой турбины и условии, что она работает по циклу Ренкина.

Задача 2. На заводской ТЭЦ установлены две паровые турбины с противодавлением мощностью N = 4000 кВт каждая. Весь пар из турбины направляется на производство, откуда он возвращается обратно в котельную в виде конденсата при температуре насыщения.

Турбины работают с полной нагрузкой при следующих параметрах пара: p_1 = 35 бар, t_1 = 435 °С, p_2 = 1,2 бара.

Принимая, что установка работает по циклу Ренкина, определить часовой расход топлива, если КПД котельной $\eta_{к.у.} = 0{,}84$, а теплота сгорания топлива $Q_н^р = 28500$ кДж/кг.

Задача 3. Для условий предыдущей задачи подсчитать расход топлива в случае, если вместо комбинированной выработки электрической и тепловой энергии на ТЭЦ будет осуществлена раздельная выработка электроэнергии в конденсационной установке и теплоты в котельной низкого давления.

Конечное давление пара в конденсационной установке принять p_2 = 0,04 бара. КПД котельной низкого давления принять тот же, что для котельной высокого давления, $\eta_{к.у.} = 0{,}84$.

Определить для обоих случаев коэффициент использования теплоты.

Задача 4. Определить удельный расход теплоты на выработку 1 МДж электроэнергии (для условного топлива) для КЭС с тремя турбогенераторами мощностью $N = 75 \cdot 10^3$кВт каждый и с коэффициентом использования установленной мощности $k_и = 0{,}64$, если станция израсходовала $B = 670 \cdot 10^6$кг/год каменного угля с низшей теплотой сгорания $Q_н^р = 20500$ кДж/кг.

Задача 5. Теплоэлектроцентраль израсходовала$B_{ТЭЦ} = 92 \cdot 10^6$кг/год каменного угля с низшей теплотой сгорания $Q_н^р = 27500$кДж/кг, выработав при этом электроэнергии $Э^{выр} = 64 \cdot 10^{10}$кДж/год и отпустив теплоты внешним потребителям $Q^{отп} = 4{,}55 \cdot 10^{11}$кДж/год.

Определить КПД ТЭЦ брутто и нетто по выработке электроэнергии и теплоты, если расход электроэнергии на собственные нужды 6 % от выработанной энергии, КПД котельной установки $\eta_{к.у.} = 0{,}87$ и расход топлива на выработку электроэнергии для собственных нужд $В_{с.н.} = 4{,}5 \cdot 10^6$кг/год. Определить удельные расходы условного топлива на выработку 1 МДж электроэнергии и 1 МДж теплоты.