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

Техническая термодинамика

Направление подготовки
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

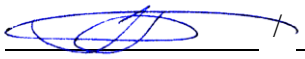
Профиль
Интеллектуальные тепловые энергосистемы

Квалификация
Бакалавр

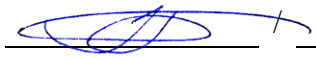
Формы обучения
Очная

Москва, 2026 г.

Разработчик(и):

Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика», к.т.н., доцент  / Л.А.Марюшин /
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 ... 7
   - 3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий ... 8
   - 3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ) ... 9
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение ... 9
   - 4.1. Нормативные документы и ГОСТы ... 9
   - 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 ... 15

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К **основным целям** освоения дисциплины «Техническая термодинамика» следует отнести:

– формирование знаний о современных законах термодинамики и молекулярно-кинетической теории газов, об основных теплотехнологических и теплофизических параметрах состояния и процесса;

– изучение способов повышения эффективности теплофизических и теплотехнических процессов и систем, выработка навыков у студентов самостоятельно формулировать и решать задачи оценки теплотехнических и теплофизических параметров энергетических систем;

– 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 оценки теплотехнических и теплофизических параметров энергетических систем.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Техническая термодинамика» следует отнести:

– выработать навыки у студентов самостоятельно формулировать задачи определения и оценки теплотехнических и теплофизических параметров энергетических систем;

– научить мыслить системно на примерах повышения энергетической эффективности объектов энергетики с учетом теплофизических и теплотехнических характеристик;

– научить анализировать существующие методы определения и оценки теплотехнических и теплофизических параметров энергетических систем, разрабатывать и внедрять необходимые изменения в их структуре с позиций повышения эффективности и энергосбережения;

– дать информацию о новых методах определения и оценки теплотехнических и теплофизических параметров энергетических систем в отечественной и зарубежной практике, развивать способности объективно оценивать преимущества и недостатки таких методов, как отечественных, так и зарубежных;

– научить анализировать результаты определения и оценки теплотехнических и теплофизических параметров энергетических систем, производить поиск оптимизационного решения с помощью всевозможных методов фундаментальной и прикладной науки.

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций.

Обучение по дисциплине «Техническая термодинамика» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ИОПК-3.4. Применяет математический аппарат численных методов; ИОПК-3.5. Демонстрирует понимание физических явлений и умеет применять физические законы механики, молекулярной физики, термодинамики, электричества и магнетизма для решения типовых задач; ИОПК-3.6. Демонстрирует знание элементарных основ оптики, квантовой механики и атомной физики;

	ИОПК-3.7. Демонстрирует понимание химических процессов.
ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	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)».

«Техническая термодинамика» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В части цикла дисциплин базовой части (Б.1.1):

– Общие вопросы энергетики;

– Гидрогазодинамика;

– Физика;

– Тепломассообмен.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **6** зачетных(е) единиц(ы) (**216** 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	3
1	**Аудиторные занятия**	**108**	**54**	**54**
	В том числе:			
1.1	Лекции	54	36	18
1.2	Семинарские/практические занятия	36	18	18
1.3	Лабораторные занятия	18	-	18
2	**Самостоятельная работа**	**108**	**54**	**54**
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**Зачет/экзамен**	**Зачет**	**Экзамен**
	Итого	**216**	**108**	**108**

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.						
1.1	Тема 1. Введение	12	4	2			6
1.2	Тема 2. Основные понятия и определения	12	4	2			6
1.3	Тема 3. Состояние идеального газа	12	4	2			6
1.4	Тема 4. Смесь идеальных газов	12	4	2			6
1.5	Тема 5. Реальные газы	12	4	2			6
1.6	Тема 6. Первый закон термодинамики	12	4	2			6
1.7	Тема 7. Теплоемкость газов. Энтропия	12	4	2			6
1.8	Тема 8. Термодинамические процессы идеальных газов	12	4	2			6
1.9	Тема 9. Второй закон термодинамики	12	4	2			6
2.	Раздел 2.						
2.1	Тема 1. Характеристические функции и термодинамические потенциалы равновесие систем	12	2	2	2		6
2.2	Тема 2. Водяной пар	12	2	2	2		6
2.3	Тема 3. Истечение газов и паров	12	2	2	2		6
2.4	Тема 4. Дросселирование газов и паров	12	2	2	2		6
2.5	Тема 5. Влажный воздух	12	2	2	2		6
2.6	Тема 6. Теплосиловые паровые циклы	12	2	2	2		6
2.7	Тема 7. Циклы тепловых двигателей с газообразным рабочим телом	12	2	2	2		6
2.8	Тема 8. Циклы газотурбинных установок	12	2	2	2		6
2.9	Тема 9. Циклы холодильных установок	12	2	2	2		6
	Итого	**216**	**54**	**36**	**18**	**-**	**108**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1.

Тема 1. Введение

Предмет, задачи и содержание дисциплины. Роль технической термодинамики в освоении спецдисциплин. Классификация направлений, изучаемых в термодинамике.

Тема 2. Основные понятия и определения

Основные термодинамические параметры состояния. Термодинамическая система. Термодинамический процесс. Теплота и работа. Термодинамическое равновесие.

Тема 3. Состояние идеального газа

Основные законы идеальных газов. Уравнение состояния идеального газа.

Тема 4. Смесь идеальных газов

Основные свойства газовых смесей. Газовая постоянная смеси. Средняя молярная масса смеси. Парциальные давления.

Тема 5. Реальные газы

Уравнение состояния Ван-дер-Ваальса. Уравнение М.П. Вукаловича и И.И. Новикова. Смеси реальных газов.

Тема 6. Первый закон термодинамики

Внутренняя энергия. Работа расширения. Теплота. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Энтальпия.

Тема 7. Теплоемкость газов. Энтропия

Основные определения. Удельная (массовая), объемная и мольная теплоемкости газов. Теплоемкость в изохорном и изобарном процессах. Молекулярно-кинетическая и квантовая теории теплоемкости. Истинная и средняя теплоемкости. Зависимость теплоемкости от температуры. Отношение удельных теплоемкостей c_p и c_υ. Показатель адиабаты. Определение q_p и q_υ для идеальных газов. Теплоемкость смеси идеальных газов. Энтропия.

Тема 8. Термодинамические процессы идеальных газов

Основные определения. Изохорный процесс. Изобарный процесс. Изотермический процесс. Адиабатный процесс. Политропные процессы.

Тема 9. Второй закон термодинамики

Основные положения. Круговые термодинамические процессы (циклы). Термический КПД и холодильный коэффициент циклов. Прямой обратимый цикл Карно. Обратный обратимый цикл Карно. Математическое выражение второго закона термодинамики. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах.

Раздел 2.

Тема 1. Характеристические функции и термодинамические потенциалы равновесие систем

Характеристические функции состояния. Физический смысл изохорно-изотермического и изобарно-изотермического потенциалов. Термодинамическое учение о равновесии. Общие условия равновесия термодинамической системы.

Тема 2. Водяной пар

Основные понятия и определения. p, υ-диаграмма водяного пара. T, s-диаграмма водяного пара. i, s-диаграмма водяного пара.

Тема 3. Истечение газов и паров

Первый закон термодинамики в применении к потоку движущегося газа. Работа проталкивания. Располагаемая работа. Адиабатный процесс истечения. Истечение из суживающегося сопла. Истечение идеального газа из комбинированного сопла Лаваля.

Тема 4. Дросселирование газов и паров

Дросселирование газа. Изменение удельной энтропии и температуры при

дросселировании. Дросселирование водяного пара.

Тема 5. Влажный воздух

Параметры состояния влажного воздуха. Диаграмма состояния влажного атмосферного воздуха.

Тема 6. Теплосиловые паровые циклы

Цикл Карно. Цикл Ренкина. Влияние основных параметров на КПД цикла Ренкина. Влияние начального давления пара. Влияние начальной температуры пара. Влияние конечного давления в конденсаторе. Цикл с вторичным перегревом пара. Регенеративный цикл паротурбинной установки. Теплофикационные циклы.

Тема 7. Циклы тепловых двигателей с газообразным рабочим телом

Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Циклы ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме. Цикл ДВС с подводом теплоты при постоянном давлении (цикл Дизеля). Цикл ДВС со смешанным подводом теплоты (цикл Тринклера). Сравнение циклов поршневых двигателей внутреннего сгорания. Цикл двигателя Стирлинга.

Тема 8. Циклы газотурбинных установок

Цикл ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении. Цикл ГТУ с подводом теплоты при постоянном объеме. Методы повышения термического КПД ГТУ. Цикл ГТУ с регенерацией теплоты. Цикл ГТУ с подводом теплоты при p = const и регенерацией теплоты. Цикл ГТУ с подводом теплоты при υ = const и регенерацией теплоты. Цикл с многоступенчатым сжатием воздуха и промежуточным охлаждением.

Тема 9. Циклы холодильных установок

Основные понятия о работе холодильных установок. Цикл воздушной холодильной установки. Цикл парокомпрессионной холодильной установки. Цикл пароэжекторной холодильной установки. Цикл абсорбционной холодильной установки. Тепловой насос.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия:

1. Идеальные газы, параметры состояния, основные закономерности.
2. Определение средней и истинной теплоёмкостей идеальных газов.
3. Первый и второй законы термодинамики.
4. Основные газовые процессы идеального газа.
5. Водяной пар. Параметры состояния. Исследование процессов водяного пара.
6. Истечение газов и паров. Дросселирование.
7. Газовые смеси, теплоемкость газов и их смеси.
8. Расчет паросиловых и холодильных установок.
9. Параметры состояния рабочего тела.
10. Расчет теоретических циклов двигателей внутреннего сгорания.
11. Определение скорости истечения и расхода рабочего тела.
12. Расчет циклов двигателей внутреннего сгорания (ДВС).
13. Расчет циклов газотурбинных установок (ГТУ).
14. Расчет циклов паротурбинных установок.
15. Определение параметров пара в характерных точках, работы цикла, термического КПД.
16. Исследование влияния начальных параметров и давления в конденсаторе на термический КПД.

3.4.2. Лабораторные занятия

Лабораторная работа 1. Исследование двухфазного состояния воды.

Лабораторная работа 2. Теплоемкость, энтальпия и энтропия твердых тел.

Лабораторная работа 3. Определение коэффициента адиабатической сжимаемости жидкости

Лабораторная работа 4. Термоэлектрические эффекты.

Лабораторная работа 5. Исследование теплоемкости газов.

Лабораторная работа 6. Термодинамика газового потока.

Лабораторная работа 7. Термодинамика вихревых течений.

Лабораторная работа 8. Термодинамические коэффициенты твердого тела.

Лабораторная работа 9. Теплообмен двух тел.

Лабораторная работа 10. Определение термодинамических коэффициентов с использованием таблиц $p – (s, v)$ - T состояний.

Лабораторная работа 11. Уравнение состояния.

Лабораторная работа 12. Определение универсальной газовой постоянной.

Лабораторная работа 13. Определение изобарной теплоемкости воздуха.

Лабораторная работа 14. Определение показателя адиабаты для воздуха.

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрены.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

Не предусмотрены.

4.2 Основная литература

1. Миронова, Г.А. Молекулярная физика и термодинамика в вопросах и задачах. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Г.А. Миронова, Н.Н. Брандт, А.М. Салецкий. – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2012. – 480 с.

2. Афанасьев, Ю.О. Техническая термодинамика и теплотехника: сборник задач. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Ю.О. Афанасьев, И.И. Дворовенко. – Электрон. дан. – Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2011. – 96 с.

3. Новиков, И.И. Термодинамика. [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2009. – 592 с.

4. Цветков, О.Б. Термодинамики и теплопередача: Метод. указания к контрольным работам для студентов. [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие / О.Б. Цветков, Ю.А. Лаптев. – Электрон. дан. – СПб.: НИУ ИТМО, 2008. – 52 с.

5. Иванова, И.В. Сборник задач по технической термодинамике: учебное пособие для студентов очной формы обучения. [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – СПб.: СПбГЛТУ, 2012. – 168 с.

4.3 Дополнительная литература

1. Сахин, В.В. Термодинамика энергетических систем: учебное пособие для вузов: Книга 2: Техническая термодинамика. [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – СПб.: БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2014. – 226 с.

2. Сборник лабораторных работ по курсу «Термодинамика». [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 67 с.

3. Лахмаков В.С., Коротинский В.А. Основы теплотехники и гидравлики. –

РИПО, 2015. - 220 с.

4. Павлова, И.Б. Методы термодинамического анализа эффективности теплоэнергетических установок: учеб. пособие по курсу «Термодинамика». [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 108 с.

5. Начала термодинамики теория, вопросы, задачи: метод. пособие. [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Уфа: БГПУ имени М. Акмуллы, 2006. – 40 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	
Техническая термодинамика	https://online.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=8115
Теплотехника	https://online.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=8918

Разработанные ЭОР включают промежуточные и итоговые 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 занятий используются аудитории: АВ2406, АВ1101 и лаборатории Инновационно-образовательного комплекса «Техноград» (г. Москва, проспект Мира, 119, стр. 63).

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 соответствие 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:

Для очной формы обучения:

Во втором семестре:

- подготовка к лабораторным занятиям, выполнение практических заданий и их защита; контрольная работа; тест; защита лабораторных работ; зачет.

В третьем семестре:

- подготовка к лабораторным занятиям, выполнение практических заданий и их защита; контрольная работа; тест; защита лабораторных работ; экзамен.

Для заочной формы обучения:

В третьем семестре:

- подготовка к лабораторным занятиям, выполнение практических заданий и их защита; контрольная работа; тест; защита лабораторных работ; экзамен.

Форма промежуточной аттестации: зачет (2 семестр).

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта 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 «зачтено» или «не зачтено».

Форма промежуточной аттестации: экзамен (3 семестр).

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 «Техническая термодинамика» (прошли промежуточный контроль, выполнили весь объем заданий на семинарских занятиях, выступили с докладом на семинарском занятии).

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Форма промежуточной аттестации: зачет (2 семестр).

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	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.

Не зачтено	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.

Форма промежуточной аттестации: экзамен (3 семестр).

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	Студент показывает достаточный уровень теоретических и практических знаний, свободно оперирует категориальным аппаратом. Умеет анализировать практические ситуации, но допускает некоторые погрешности. Ответ построен логично, материал излагается грамотно.
Удовлетворительно	Студент показывает знание основного лекционного и практического материала. В ответе не всегда присутствует логика изложения. Студент испытывает затруднения при приведении практических примеров.
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: расчетные самостоятельные работы, контрольная работа, тесты.

7.3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится:

- для очной формы обучения во 2 и 3 семестрах обучения в форме зачета и экзамена.
- для заочной формы обучения в 3 семестре в форме экзамена.

Экзамен проводится по билетам, ответы предоставляются письменно с последующим устным собеседованием. Билеты формируются из вопросов представленного ниже перечня.

Регламент проведения зачета и экзамена:

1. В билет включается (4) вопроса из разных разделов дисциплины и (одно, два) практических задания.
2. Перечень вопросов соответствует темам, изученным на лекционных и лабораторных занятиях (прилагается).
3. Время на подготовку письменных ответов - до 40 мин, устное собеседование - до 10 минут.
4. Проведение аттестации (зачета и экзамена) с использованием средств электронного обучения и дистанционных образовательных технологий выполняется в соответствии с утверждённым в университете "Порядком проведения промежуточной аттестации с использованием средств электронного обучения и дистанционных образовательных технологий".

Промежуточная аттестация проводится в сроки, установленные утвержденным расписанием зачётно-экзаменационной сессии. До даты проведения промежуточной аттестации учащийся должен выполнить все лабораторные работы, предусмотренные настоящей рабочей программой дисциплины. Перечень обязательных работ и форма отчетности по ним представлены в таблице:

Вид работы	Форма отчетности и текущего контроля
Лабораторные работы, указанные в разделе 3.4.2	Оформленные работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины с отметкой преподавателя «зачтено», если выполнены и оформлены все работы.
Самостоятельная работа	Оформленный отчет о работе, предусмотренной рабочей программой дисциплины с отметкой преподавателя «зачтено», если выполнены и оформлены все работы.
Контрольная работа	Контрольная работа, выполненная на положительную оценку

Если не выполнен один или более видов учебной работы, указанных в таблице, преподаватель имеет право выставить неудовлетворительную оценку по итогам промежуточной аттестации.

7.3.3. Вопросы для подготовки к зачету и экзамену

Вопросы к зачету (второй семестр)

1. Какую взаимосвязь устанавливает техническая термодинамика?

2. На каких законах основывается термодинамика?

3. Какими параметрами характеризуется термодинамическое состояние системы и каково

их содержание?

4. Что называется термодинамической системой?

5. Дать определение гомогенной и гетерогенной систем.

6. Что представляет собой термодинамический процесс и каким он бывает?

7. В чем различие между абсолютным и манометрическим (избыточным) давлением?

8. Как определяется высота столба жидкости для измерения давления?

9. Какие температурные шкалы приняты в России?

10. Что называется абсолютной температурой?

11. Определение удельного объема и плотности газа.

12. Какова связь между интенсивными параметрами состояния?

13. Что отображает уравнение состояния идеальных газов в пространстве?

14. Какими диаграммами изображается состояние вещества согласно термодинамической поверхности?

15. Зачем в техническую термодинамику вводится понятие об идеальном газе?

16. Характеристическое уравнение состояния для идеального газа.

17. Что называется молем (киломолем) газа?

18. Определение идеального газа.

19. Законы Бойля – Мариотта и Гей-Люссака: формулировки и уравнения.

20. Характеристическое уравнение состояния для идеального газа.

21. На каких законах основан вывод уравнения состояния Клапейрона?

22. Размерность всех величин, входящих в уравнение Клапейрона.

23. Размерность газовой постоянной и ее физический смысл.

24. Что такое газовая смесь?

25. Как формулируется закон Дальтона?

26. Что понимается под парциальным давлением?

27. Как выражаются массовая, объемная и мольная доли компонентов газовой смеси?

28. Что называется парциальным (приведенным) объемом данного газа в смеси?

29. Как вычисляется средний молекулярный вес смеси?

30. Какая существует зависимость между газовой постоянной смеси и его молекулярной массой?

31. Почему молекулярная масса смеси называется средней молекулярной массой?

32. Как производится пересчет массового состава в объемный и объемного в массовый?

33. Как определяется парциальное давление газа в смеси по массовым и объемным долям?

34. Как определяются удельный объем и плотность смеси газов?

35. Чем отличаются реальные газы от идеальных?

36. Что называется коэффициентом сжимаемости?

37. Что положено в основу вывода уравнения Ван-дер-Ваальса?

38. Какой смысл имеет константа b уравнения Ван-дер-Ваальса?

39. Какая величина называется внутренним давлением газа?

40. Уравнение Ван-дер-Ваальса для 1 кг газа.

41. При каких условиях можно превращать газы в жидкое состояние?

42. В чем заключается силовая ассоциация молекул?

43. Что положено в основу вывода уравнения состояния М.П. Вукаловича и И.И. Новикова?

44. Что понимают под удельной теплоемкостью?

45. Дать определение массовой, объемной и мольной теплоемкостям.

46. Что называется средней теплоемкостью?

47. Что называется истинной теплоемкостью?

48. Что такое теплоемкость при постоянном объеме и теплоемкость при постоянном давлении?

49. Как записывается и какой смысл уравнения Майера?

50. Какой смысл показателя адиабаты k и как он определяется?

51. Почему удельная теплоемкость при постоянном давлении всегда больше удельной теплоемкости при постоянном объеме?

52. Каким выражением устанавливается зависимость истинной теплоемкости реальных газов от температуры?

53. Какими уравнениями вычисляется средняя теплоемкость?

54. Что представляет собой теплоемкость газовой смеси и как она вычисляется?

55. Дайте определение основным термодинамическим процессам.

56. Изобразите графически изохору, изобару, изотерму и адиабату в p, υ- и T, s-координатах.

57. Напишите уравнения основных процессов.

58. Напишите формулы соотношений между основными параметрами для каждого процесса.

59. Напишите формулы удельной работы изменения объема для каждого процесса.

60. Напишите формулы располагаемой (полезной) работы для каждого процесса.

61. При каком условии основные процессы идеального газа будут политропными?

62. Напишите уравнение политропы и укажите, в каких пределах изменяется показатель политропы.

63. Укажите значения показателя политропы для основных процессов.

Экзаменационные вопросы (третий семестр)

1. Можно ли в круговом процессе превратить всю подведенную теплоту в работу?

2. Основные формулировки второго закона термодинамики.

3. Какие требуются условия для создания непрерывного процесса превращения теплоты в работу?

4. Какие бывают циклы?

5. Что называется термическим КПД?

6. Вывод выражения для термического КПД обратимого цикла Карно.

7. В каких случаях термический КПД цикла Карно может быть равен единице?

8. Можно ли получить термический КПД цикла теплового двигателя, больший термического КПД цикла Карно?

9. Обратимый цикл Карно.

10. Что такое холодильный коэффициент и как он определяется?

11. Свойство обратимых циклов Карно и первый интеграл Клаузиуса.

12. Свойства необратимых циклов Карно и второй интеграл Клаузиуса.

13. Каково изменение энтропии в замкнутой адиабатной системе, если в ней протекают обратимые и необратимые процессы?

14. Что выражает термодинамическое тождество?

15. Какими особенностями обладают термодинамические функции?

16. Какие термодинамические функции считаются основными?

17. Какими независимыми переменными определяется каждая из основных термодинамических функций?

18. Что такое изохорно-изотермический потенциал и связанная энергия?

19. Физический смысл изохорно-изотермического потенциала.

20. Из каких величин составляется общая энергия системы?

21. Уравнение максимальной работы Гиббса – Гельмгольца при постоянных *TV* и *Tp*.

22. Какие величины называются термодинамическими потенциалами?

23. Что представляет собой химический потенциал?

24. На какие классы делятся термодинамические системы?

25. Фазовые превращения первого и второго рода.

26. Какое состояние называется стабильным, лабильным, метастабильным?

27. Какие условия необходимо осуществлять для устойчивого равновесия термодинамической системы?

28. Что называется кипением, парообразованием и испарением?

29. Какие процессы называются сублимацией и десублимацией?

30. Какой пар называется влажным насыщенным, сухим насыщенным перегретым?

31. Что такое степень сухости и степень влажности?

32. Изобразить *p*, *υ*-диаграмму водяного пара.

33. Какие точки располагаются на пограничных кривых жидкости и пара?

34. Что относится к параметрам критической точки?

35. *T*, *s*-диаграмма водяного пара.

36. *i*, *s*-диаграмма водяного пара.

37. Написать уравнение первого закона термодинамики для потока.

38. Объяснить все величины, входящие в уравнение для потока.

39. Какие каналы называются соплами и диффузорами?

40. Какое состояние называется стационарным?

41. Написать уравнение неразрывности для потока.

42. Вывод уравнения работы проталкивания.

43. Уравнение первого закона термодинамики для потока с применением энтальпии.

44. Вследствие чего происходит изменение внешней кинетической энергии рабочего тела при адиабатном процессе истечения?

45. Какая величина называется располагаемой работой?

46. Графическое изображение располагаемой работы в *p*, *υ*-диаграмме.

47. Уравнение располагаемой работы для политропного и адиабатного процессов.

48. Уравнение располагаемой работы при адиабатном процессе с применением энтальпии.

49. Скорость истечения жидкости при адиабатном процессе.

50. Скорость истечения идеального газа при адиабатном процессе.

51. Массовый расход идеального газа.

52. Основные условия течения по каналам переменного сечения.

53. Дать описание комбинированного сопла Лаваля.

54. Как определяется скорость истечения и массовый расход газа при выходе из сопла Лаваля?

55. Как определяются площади минимального и выходного сечений сопла Лаваля?

56. Как определяется длина сопла Лаваля?

57. Какой процесс называется дросселированием и где он встречается?

58. Какие величины изменяются и какие остаются постоянными за суженным отверстием?

59. Уравнение процесса дросселирования.

60. Почему процесс дросселирования нельзя назвать изоэнтальпийным?

61. Как изменяется температура идеального газа при дросселировании?

62. Эффект Джоуля – Томсона и его уравнение.

63. Что такое дифференциальный и интегральный эффекты дросселирования?

64. Дросселирование реальных газов.

65. Что называется точкой и температурой инверсии?

66. Дифференциальный эффект Джоуля – Томсона для газов, подчиняющихся

уравнению Ван-дер-Ваальса.

67. Когда и при каких условиях температура реального газа при дросселировании повышается, понижается и остается без изменения?

68. Исследование процесса дросселирования водяного пара по *i*, *S*-диаграмме.

69. Изменение работоспособности водяного пара при дросселировании.

70. Что входит в состав влажного воздуха?

71. Что называется абсолютной и относительной влажностью воздуха?

72. Что означает влагосодержание воздуха и как оно вычисляется?

73. Что называется температурой точки росы и температурой мокрого термометра?

74. Для чего служит прибор психрометр и что он позволяет вычислять?

75. Что означает энтальпия влажного воздуха и как она определяется аналитически?

76. Чем вызвано создание газовых турбин?

77. Дать описание ГТУ с горением топлива при $p = const$. Вывести выражение для термического КПД.

78. Каков характер зависимости термического и эффективного КПД ГТУ с подводом теплоты при $\upsilon = const$ в зависимости от степени повышения давления?

79. Каковы методы повышения термического КПД ГТУ?

80. Как выглядит принципиальная схема и цикл в *p*, *V*- и *T*, *S*-диаграммах ГТУ с подводом теплоты при $p = const$ и регенерацией теплоты?