

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»
(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор
по учебной работе
_____ Э.Ю. Майкова
« ____ » _____ 20.. г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины обязательной части
Блока 1 «Дисциплины (модули)»
«Термодинамика»

Направление подготовки бакалавров – 15.03.02 Технологические машины и оборудование.

Направленность (профиль) – Технологические машины и оборудование для разработки торфяных месторождений.

Тип задач профессиональной деятельности: проектно-конструкторская

Факультет природопользования и инженерной экологии
Кафедра гидравлики, теплотехники и гидропривода

Форма обучения – очная

Рабочая программа дисциплины соответствует ОХОП подготовки бакалавров в части требований к результатам обучения по дисциплине и учебному плану.

Разработчик программы: доц. кафедры ГТ и ГП

Ф.В. Качановский

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ГТ и ГП

«_____» _____ 20..__ г., протокол № _____.

Заведующий кафедрой

А.Л. Яблонев

Согласовано

Начальник учебно-методического
отдела УМУ

Д.А. Барчуков

Начальник отдела

комплектования
зональной научной библиотеки

О.Ф. Жмыхова

1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины «Термодинамика» является знание основных законов термодинамики, термодинамических процессов и циклов, свойств рабочих тел, основ расчёта теплообменных аппаратов.

Задачами дисциплины являются: **знание** общих законов термодинамики, уравнения состояния идеальных и реальных газов, уравнений термодинамических процессов жидкостей и газов; **умение** использовать в расчётах термодинамические свойства идеальных и реальных газов и паров, циклов паросиловых установок и обратных циклов.

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)». Базой для изучения курса являются физика, математика, программирование и алгоритмические языки. Изучение рассматриваемой дисциплины необходимо для последующего изучения дисциплин «Электротехника», «Математические методы в горном деле», «Процессы сушки дисперсных материалов», «Физика горных пород» и при написании выпускной квалификационной работы.

3. Планируемые результаты обучения дисциплине

3.1 Планируемые результаты обучения дисциплине

Компетенция, закреплённая за дисциплиной в ОХОП:

ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

Индикаторы универсальных компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХОП:

ИОПК-1.4. Применяет знания общеинженерных дисциплин в профессиональной деятельности

Показатели оценивания индикаторов достижения компетенции

Знать:

- 31. Основные законы термодинамики.
- 32. Основные параметры термодинамических процессов.
- 33. Основные уравнения термодинамики.

Уметь:

- У1. Решать простые задачи теплопередачи с помощью компьютера.
- У2. Решать простые задачи теплопереноса с помощью компьютера.

3.2. Технологии, обеспечивающие формирование компетенций

Проведение лекционных, практических и лабораторных занятий.

4. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

Таблица 1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Зачетные единицы	Академические часы
Общая трудоемкость дисциплины	4	144
Аудиторные занятия (всего)		60
В том числе:		
Лекции		30
Практические занятия (ПЗ)		15
Лабораторные работы (ЛР)		15
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (экзамен)		36
Самостоятельная работа обучающихся (всего)		48+36(экз)
В том числе:		
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		не предусмотрен
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Реферат		не предусмотрен
Другие виды самостоятельной работы: - подготовка к защите лабораторных работ		48+36(экз)

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Структура дисциплины

Таблица 2. Модули дисциплины, трудоемкость в часах и виды учебной работы

№	Наименование модуля	Трудоёмкость часы	Лекции	Практич. занятия	Лаб. практик-кум	Самост. работа
1	Предмет термодинамики.	21	4	2	3	7+5(экз)
2	Первый закон термодинамики.	24	5	3	4	7+5(экз)
3	Второй закон термодинамики.	20	5	3	-	7+5(экз)
4	Термодинамические свойства и теплоёмкость идеального газа.	22	4	2	4	7+5(экз)
5	Термодинамические процессы идеальных газов.	19	4	3	-	7+5(экз)
6	Реальные газы.	16	4	-	-	7+5(экз)
7	Истечение газов и паров.	22	4	2	4	6+6(экз)
	Всего на дисциплину	144	30	15	15	48+36(экз)

5.2. Содержание дисциплины

МОДУЛЬ 1 «Предмет термодинамики».

Предмет термодинамики (ТД) и основные черты термодинамического (ТД) метода. Виды энергии и формы обмена энергией. Термодинамическая система, окружающая среда и взаимодействие между ними. Состояние термодинамической системы, параметры и уравнение состояния. Внутренняя энергия термодинамической системы. Термодинамические процессы.

МОДУЛЬ 2 «Первый закон термодинамики».

Первый закон ТД как форма закона сохранения и превращения энергии. Работа. Свойства работы как формы обмена энергией. Потенциалы и координаты ТД взаимодействий. Энтропия как мера хаотичности, беспорядочности теплового движения. Теплота. Свойства теплоты как формы обмена энергией. Уравнение первого закона ТД закрытых и открытых ТД систем. Основное ТД тождество. Энтальпия. Располагаемая работа. Характеристические функции.

МОДУЛЬ 3 «Второй закон термодинамики».

Сущность второго закона ТД. Понятие о равновесных и обратимых ТД процессах. ТД анализ круговых процессов (циклов). Термический КПД. Холодильный коэффициент. Цикл Карно. Термический КПД цикла Карно. Понятие о ТД температурной шкале. Тепловая характеристика обратимых циклов.

МОДУЛЬ 4 «Термодинамические свойства и теплоёмкость идеального газа».

ТД характеристики идеального газа. Внутренняя энергия, энтальпия и энтропия идеального газа. Истинная и средняя теплоёмкости газов. Теплоёмкость идеального газа при $v=\text{const}$ и $p=\text{const}$. Основы кинетической теории теплоемкости.

МОДУЛЬ 5 «Термодинамические процессы идеальных газов».

Основные ТД процессы идеальных газов. Задачи изучения ТД процессов. Изохорный процесс. Изобарный процесс. Изотермный процесс. Адиабатный процесс. Политропный процесс.

МОДУЛЬ 6 «Реальные газы».

Качественные особенности реальных газов. Уравнение состояния реальных газов в вириальной форме. Уравнение Ван-дер-Ваальса.

МОДУЛЬ 7 «Истечение газов и паров».

Установившееся одномерное течение газов. Основные уравнения истечения. Адиабатное истечение газа. Истечение из сопла Лавалля. Влияние трения на процессы истечения из сопел и диффузоров. Параметры торможения. Нерасчётный режим истечения из сопла Лавалля. Скачки уплотнения. Процессы в эжекторах. Истечение реальных газов и паров.

5.3. Лабораторные работы

Таблица 3. Лабораторные работы и их трудоемкость

Порядковый номер модуля. Цели лабораторных работ	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость в часах
Модуль 1. Изучение процессов теплообмена при свободной и вынужденной конвекции на горизонтально расположенном трубопроводе	Исследование процессов теплообмена при горизонтальном трубопроводе.	4

Модуль 2. Определить с помощью уравнения первого закона ТД количество теплоты, отдаваемое в окружающую среду (теплопотери) в условиях лабораторной установки.	Первый закон термодинамики в приложении к решению одной из технических задач	4
Модуль 4. Определение экспериментальным путем параметров влажного воздуха; исследование процессов изменения параметров влажного воздуха с использованием	Определение параметров влажного воздуха	3
Модуль 7. Исследование зависимости массового расхода и скорости течения воздуха через суживающееся сопло от отношения давлений за соплом и перед ним.	Исследование процесса истечения воздуха через суживающееся сопло	4

5.4. Практические занятия

Таблица 4. Практические занятия и их трудоемкость

Модули. Цели практических занятий	Наименование практических занятий	Трудоемкость в часах
Модуль 1. Цель: определение параметров состояния термодинамической системы и уравнения состояния рабочего тела.	Решение задач	3
Модуль 2. Цель: определение теплоемкости, внутренней энергии и энтальпии рабочего тела, а также смеси рабочих тел.	Решение задач	3
Модуль 3. Цель: усвоение первого закона термодинамики.	Решение задач	3
Модуль 4. Цель: усвоение второго закона термодинамики.	Решение задач	2
Модуль 5. Цель: усвоение понятий влажного воздуха, истечения и дросселирования рабочих тел.	Решение задач	2
Модуль 6. Цель: усвоение понятий конвективный теплообмена. Знакомство с теплообменными аппаратами.	Решение задач	2

6. Самостоятельная работа обучающихся и текущий контроль их успеваемости

6.1. Цели самостоятельной работы

Формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умению подготовки выступления и ведения дискуссии.

6.2. Организация и содержание самостоятельной работы

Самостоятельная работа заключается в изучении отдельных тем курса по заданию преподавателя по рекомендуемой им учебной литературе, в подготовке к лабораторным работам и практическим занятиям, к текущему контролю успеваемости, в самостоятельном решении задач, в подготовке к экзамену.

В рамках дисциплины выполняется 4 лабораторных работы, которые защищаются посредством тестирования или устным опросом (по желанию обучающегося). Максимальная оценка за каждую выполненную лабораторную работу – 5 баллов, минимальная – 3 балла.

Выполнение всех лабораторных работ обязательно. В случае невыполнения лабораторной работы по уважительной причине студент имеет право выполнить ее самостоятельно в компьютерном классе, по согласованной с преподавателем совокупности исходных данных по модулю, по которому пропущена работа.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Теплотехника: учебник для техн. спец. вузов / В.Н. Луканин [и др.]; под ред. В.Н. Луканина. - 6-е изд.; стер. - Москва: Высшая школа, 2008. - 671 с. - Библиогр.: с. 670 - 671. - Текст: непосредственный. - ISBN 978-5-06-003958-0: 534 р. 60 к. - (ID=64402-16)

2. Замалеев, З.Х. Основы гидравлики и теплотехники: учебное пособие для студентов ВПО по программе бакалавриата по направлению подготовки "Строительство" (профили "Промышленное и гражданское строительство", "Водоснабжение и водоотведение") / З.Х. Замалеев, В.Н. Посохин, В.М. Чефанов. - 4-е изд.; стер. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2022. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ЭБС Лань. - Текст: электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 21.07.2022. - ISBN 978-5-507-44674-2. - URL: <https://e.lanbook.com/book/238526> . - (ID=99887-0)

3. Белов, Г.В. Термодинамика: учебник и практикум вузов: в 2 частях. Часть 2 / Г.В. Белов. - 3-е изд. - Москва: Юрайт, 2022. - (Высшее образование). - Образовательная платформа Юрайт. - Текст: электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-534-05094-3. - URL: <https://urait.ru/book/termodinamika-v-2-ch-chast-2-490731> . - (ID=130639-0)

4. Белов, Г.В. Термодинамика: учебник и практикум для вузов: в 2 частях. Часть 1 / Г.В. Белов. - 3-е изд. - Москва: Юрайт, 2022. - (Высшее образование). - Образовательная платформа Юрайт. - Текст: электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-534-05093-6. - URL: <https://urait.ru/book/termodinamika-v-2-ch-chast-1-490729> . - (ID=74842-0)

7.2. Дополнительная литература

1. Лариков, Н.Н. Теплотехника: учебник для вузов по спец. "Пр-во строит. изделий и конструкций" / Н.Н. Лариков. - 3-е изд.; перераб. и доп. - Москва: Стройиздат, 1985. - 432 с. - Текст: непосредственный. - 1 р. 30 к. - (ID=73879-175)

2. Кудинов, В.А. Техническая термодинамика и теплопередача: учебник для вузов / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, Е.В. Стефанюк. - 4-е изд.; доп. и перераб. - Москва: Юрайт, 2022. - (Высшее образование). - Образовательная платформа Юрайт. - Текст: электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-534-06669-2. - URL: <https://urait.ru/book/tehnicheskaya-termodinamika-i-teploperedacha-488731> . - (ID=74939-0)

3. Крайнов, А.В. Термодинамика и теплопередача: учебное пособие. Ч. 1: Термодинамика / А.В. Крайнов, Е.Н. Пашков. - Томск: Томский политехнический университет, 2017. - ЦОР IPR SMART. - Текст: электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-4387-0769-1. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/84039.html> . - (ID=137509-0)

4. Меркулов, М. В. Теплотехника, техническая термодинамика и теплоснабжение геологоразведочных работ: учебник и практикум для вузов / М. В. Меркулов, В. А. Косьянов, С. В. Головин. - Москва: Издательство Юрайт, 2022. - 330 с.- (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-14334-8. - Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. - URL: <https://urait.ru/bcode/496773> (дата обращения: 12.10.2022). - (ID=140867-0)

5. Кузнецов, Н.Д. Сборник задач и вопросов по теплотехническим измерениям и приборам: учеб. пособие для вузов по спец. "Автоматизация теплоэнергет. процессов" / Н.Д. Кузнецов, В.С. Чистяков. - 2-е изд.; доп. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 324 с. - Текст: непосредственный. - 1 р. 10 к. - (ID=89330-34)

6. Кузнецов, Б.Ф. Виртуальная лаборатория "Теплотехника". Версия 2.07: лабораторные работы: презентация / Б.Ф. Кузнецов; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь: ТвГТУ, 2007. - Текст: электронный. - 0-00. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/65384>. - (ID=65384-1)

7. Кузнецов, Б.Ф. Виртуальная лаборатория "Теплотехника". Версия 2.07: лабораторные работы: Демо-версия / Б.Ф. Кузнецов; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь: ТвГТУ, 2009. - Текст: электронный. - 0-00. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/75505> . - (ID=75505-1)

7.3. Методические материалы

Оценочные средства промежуточной аттестации в форме экзаменационных билетов по дисциплине "Термодинамика" направления подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование. Профиль: Технологические машины и оборудование для разработки торфяных месторождений: в составе учебно-методического комплекса / Каф. Гидравлика, теплотехника и гидропривод; разработ. Ф.В. Качановский. - Тверь: ТвГТУ, 2017. - (УМК-В). - Сервер. - Текст: электронный. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/131950> . - (ID=131950-0)

1. Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине "Термодинамика" направления подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование. Профиль: Технологические машины и оборудование для разработки торфяных месторождений: в составе учебно-методического комплекса / Каф. Гидравлика, теплотехника и гидропривод. - Тверь: ТвГТУ, 2017. - (УМК-М). - Сервер. - Текст: электронный. - (ID=132066-0)

2. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Термодинамика" направления подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование. Профиль: Технологические машины и оборудование для разработки торфяных месторождений: в составе учебно-методического комплекса / Каф. Гидравлика, теплотехника и гидропривод. - Тверь: ТвГТУ, 2017. - (УМК-М). - [Сервер](#). - Текст: электронный. - (ID=132064-0)

3. Конспект лекций по дисциплине "Термодинамика" направления подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование. Профиль: Технологические машины и оборудование для разработки торфяных месторождений: в составе учебно-методического комплекса / Каф. Гидравлика, теплотехника и гидропривод. - Тверь: ТвГТУ, 2017. - (УМК-Л). - [Сервер](#). - Текст: электронный. - (ID=132063-0)

4. Задание для контрольной работы для студентов заочной формы обучения по дисциплине "Термодинамика" направления подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование. Профиль: Технологические машины и оборудование для разработки торфяных месторождений: в составе учебно-методического комплекса / Каф. Гидравлика, теплотехника и гидропривод. - Тверь: ТвГТУ, 2017. - (УМК-КР). - [Сервер](#). - Текст: электронный. - (ID=132067-0)

5.

7.4. Программное обеспечение по дисциплине

1. Операционная система Microsoft Windows: лицензии № ICM-176609 и № ICM-176613 (Azure Dev Tools for Teaching).

2. Microsoft Office 2007 Russian Academic: OPEN No Level: лицензия № 41902814.

7.5. Специализированные базы данных, справочные системы, электронно-библиотечные системы, профессиональные порталы в Интернет

ЭБС и лицензионные ресурсы ТвГТУ размещены:

1. Ресурсы: <https://lib.tstu.tver.ru/header/obr-res>
2. ЭКТвГТУ: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/Web>
3. ЭБС "Лань": <https://e.lanbook.com/>
4. ЭБС "Университетская библиотека онлайн": <https://www.biblioclub.ru/>
5. ЭБС «IPRBooks»: <https://www.iprbookshop.ru/>
6. Электронная образовательная платформа "Юрайт" (ЭБС «Юрайт»): <https://urait.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY: <https://elibrary.ru/>
8. Информационная система "ТЕХНОРМАТИВ". Конфигурация "МАКСИМУМ": сетевая версия (годовое обновление): [нормативно-технические, нормативно-правовые и руководящие документы (ГОСТы, РД, СНИПы и др.). Диск 1,2,3,4. - М.: Технорматив, 2014. - (Документация для профессионалов). - CD. - Текст: электронный. - 119600 р. – (105501-1)
9. База данных учебно-методических комплексов: <https://lib.tstu.tver.ru/header/umk.html>

УМК размещен: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/116776>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

При изучении дисциплины «Термодинамика» используются современные средства обучения: наглядные пособия, презентации, схемы. Возможна демонстрация лекционного материала с помощью мультимедийного проектора.

Выполнение лабораторных работ предусмотрено в двух вариантах:

- на реальных физических моделях кафедры ГТиГ;
- на их виртуальных аналогах (виртуальные лаборатории), разработанных на кафедре ГТиГП.

Виртуальные лаборатории полностью соответствуют требованиям отраслевого стандарта Минобразования РФ ОСТ.2-98 "Системы автоматизированного лабораторного практикума".

Перечень основного оборудования (реального и виртуального):

Работа 1. Изучение процессов теплообмена при свободной и вынужденной конвекции на горизонтально расположенном трубопроводе

Работа 2. Определение с помощью уравнения первого закона ТД количества теплоты, отдаваемого в окружающую среду в условиях лабораторной установки.

Работа 3. Определение экспериментальным путем параметров влажного воздуха; исследование процессов изменения параметров влажного воздуха с использованием *I-d* диаграммы.

Работа 4. Исследование зависимости массового расхода и скорости течения воздуха через суживающееся сопло от отношения давлений за соплом и перед ним.

9. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

9.1. Фонд оценочных средств промежуточной аттестации в форме экзамена

1. Шкала оценивания промежуточной аттестации в форме экзамена – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

2. Критерии оценки за экзамен:

для категории «знать»:

выше базового – 2;

базовый – 1;

ниже базового – 0.

Критерии оценки и ее значение для категории «уметь» (бинарный критерий):

отсутствие умения – 0 балл;

наличие умения – 2 балла.

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

3. Вид экзамена – устный.

4. Экзаменационный билет соответствует форме, утвержденной Положением о рабочих программах дисциплин, соответствующих федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования с учетом профессиональных стандартов. Типовой образец экзаменационного билета приведен в Приложении.

Обучающемуся даётся право выбора заданий из числа, содержащихся в билете, принимая во внимание оценку, на которую он претендует.

Число экзаменационных билетов – 20. Число вопросов (заданий) в экзаменационном билете – 3.

Продолжительность экзамена – 60 минут.

При ответе на вопросы экзамена допускается использование справочными данными, ГОСТами, методическими указаниями по выполнению лабораторных работ в рамках данной дисциплины.

При желании студента покинуть пределы аудитории во время экзамена экзаменационный билет после его возвращения заменяется.

Вопросы к экзамену по дисциплине «Термодинамика»

1. Что такое энергия (в широком смысле) и что такое движение (в широком смысле)?
2. Назовите (и поясните) существующие формы движения (передачи) энергии и существующие виды энергии.
3. Тепловое движение: понятие.
4. Назовите (и поясните) способы термодинамического (энергетического) взаимодействия.
5. Что такое работа (понятие)?
6. Что такое теплообмен (понятие) и что такое теплота (понятие)?
7. Термодинамическая (ТД) система: понятие.
8. Что такое контрольная поверхность ТД системы?
9. Число ТД степеней свободы системы (понятие). Какими степенями свободы обладают простые ТД системы и какими - сложные ТД системы?
10. Закрытая (замкнутая) и открытая ТД системы: понятие.
11. Проточная и изолированная ТД системы: понятие.
12. Параметр состояния ТД системы: понятие. Назовите (и поясните) основные параметры ТД системы.
13. Функции состояния ТД системы: понятие.
14. Равновесное и неравновесное состояния ТД системы: понятие, примеры.
15. Уравнение состояния ТД системы: понятие, общий вид.
16. Дифференциальное уравнение состояния ТД системы: вывести и пояснить.
17. Дифференциальные ТД характеристики рабочего тела: назвать, показать связь с дифференциальным уравнением состояния ТД системы.
18. Внутренняя энергия ТД системы: определить и пояснить.
19. Что такое ТД процесс? Равновесный и неравновесный ТД процессы.
20. Изохорный, изобарный и адиабатный процессы: понятие и условия существования.
21. Изменение внутренней энергии ТД системы: как оно определяется.
22. Работа ТД процесса – это функция состояния системы или функция характера ТД процесса? Пояснить (доказательно).
23. Как работа ТД цикла изображается на pV -диаграмме?
24. Энтропия: понятие, определение. Связь энтропии и теплоты.
25. Основное ТД тождество: написать, пояснить.

26. Энтальпия: понятие, определение.
27. Уравнение первого закона ТД, включающее энтальпию: написать, пояснить.
28. Располагаемая работа: понятие, определение, изображение на pV -диаграмме.
29. Свободная энергия (Гельмгольца) и свободная энтальпия (Гиббса): понятие, определения.
30. Уравнение первого закона ТД для потока газа: написать, пояснить.
31. Сущность второго закона термодинамики.
32. Равновесный ТД процесс и обратимый ТД процесс: понятия.
33. Основное свойство обратимых процессов расширения и сжатия: пояснить с помощью pV -диаграммы.
34. Как формулируется второй закон ТД применительно к тепловым процессам?
35. Полезная работа цикла: понятие, пояснить с помощью pV -диаграммы.
36. Термический КПД и холодильный коэффициент: понятия, определения.
37. Цикл Карно: понятие, пояснить с помощью pV -диаграммы. Термический КПД цикла Карно, его свойства.
38. Почему удельная внутренняя энергия $u=f(s,v)$ считается одной из характеристических функций (доказательно пояснить).
39. Почему энтальпия $i=f(s,p)$ считается одной из характеристических функций (доказательно пояснить).
40. Почему свободная энергия (Гельмгольца) $F=f(v,T)$ считается одной из характеристических функций (доказательно пояснить).
41. Почему свободная энтальпия (Гиббса) $G=f(p,T)$ считается одной из характеристических функций (доказательно пояснить).
42. Какие функции в ТД при соответствующих независимых переменных принадлежат к характеристическим функциям (написать их и пояснить)?
43. Особое свойство, которым обладают четыре характеристические функции $u(s,v)$, $i(s,p)$, $F(T,v)$, $G(T,p)$. Написать формулы, выражающие это свойство и пояснить.
44. Соотношения взаимности Максвелла: написать и пояснить.
45. Через какую характеристическую функцию можно выразить такую ТД характеристику рабочего тела (вещества), как коэффициент адиабатной сжимаемости? Привести соответствующую формулу и пояснить.
46. При каком выборе условий сопряжения со средой сумму элементарных работ немеханического характера можно определить через изменение характеристических функций? Написать соответствующие выражения и пояснить.
47. Какие уравнения называются дифференциальными уравнениями термодинамики?
48. Напишите (и поясните) дифференциальное уравнение ТД для удельной внутренней энергии в переменных v и T .
49. Напишите (и поясните) дифференциальное уравнение ТД для удельной энтропии в переменных v и T .

50. Напишите (и поясните) дифференциальное уравнение ТД для удельной энтальпии в переменных p и T .
51. Напишите (и поясните) дифференциальное уравнение ТД для удельной энтропии в переменных p и T .
52. Напишите (и поясните) дифференциальное уравнение ТД для удельной внутренней энергии в переменных v и p .
53. Напишите (и поясните) дифференциальное уравнение ТД для удельной энтропии в переменных v и p .
54. Напишите (и поясните) дифференциальное уравнение ТД для удельной энтальпии в переменных v и p .
55. Напишите и поясните дифференциальное уравнение Майера.
56. Напишите (и поясните) дифференциальные уравнения для удельных теплоёмкостей c_p и c_v в переменных v и p .
57. Свойства удельной внутренней энергии идеального газа: доказательно пояснить.
58. ТД характеристики идеального газа в конечном виде: написать, пояснить.
59. Дифференциальные уравнения для внутренней энергии, энтропии и энтальпии при независимых переменных v и p и удельных теплоёмкостях c_p и c_v в качестве коэффициентов: написать, пояснить способ получения.
60. Истинная теплоёмкость газа; массовая, молярная и объемная теплоемкости газа: понятия, определения, размерности.
61. Изохорная и изобарная удельные теплоёмкости газа: понятия, определения.
62. Универсальная газовая постоянная: как её можно определить?
63. Отношение теплоёмкостей c_p и c_v : от чего зависит и где используется?
64. Уравнение изохорного процесса: написать и пояснить.
65. Внешняя и располагаемая работы при изохорном процессе: что можно сказать о них?
66. Уравнение первого закона ТД при изохорном процессе: написать и пояснить.
67. Удельная теплота, подводимая к рабочему телу в изохорном процессе: как она определяется (формула)?
68. Изменение удельной энтропии в изохорном процессе: написать формулу и пояснить.
69. Уравнение изобарного процесса: написать и пояснить.
70. Работа при изобарном процессе: как определяется (формула)?
71. Располагаемая работа при изобарном процессе: написать формулу и пояснить.
72. Удельная теплота, подводимая к рабочему телу в изобарном процессе: как она определяется (формула)?
73. Как связана удельная теплота, подводимая к рабочему телу, и энтальпия в изобарном процессе?
74. Изменение энтропии в изобарном процессе: как определяется?
75. Как связана теплота и работа в изотермном процессе?
76. Как определяются внешняя и располагаемая работы при изотермном процессе: написать формулы и пояснить.

77. Как определяется изменение энтропии в изотермном процессе: написать формулу и пояснить.
78. Вывести уравнение адиабатного процесса для идеального газа.
79. Внешняя и располагаемая работы при адиабатном процессе. Как они связаны между собой: написать формулы и пояснить.
80. Вывести уравнение политропного процесса для идеального газа.
81. Какова связь политропного процесса с изохорным, изобарным, изотермным и адиабатным процессами?
82. Как определяются внешняя и располагаемая работы в политропном процессе: написать формулы и пояснить.
83. Как можно определить удельную теплоёмкость политропного процесса?
84. Как определяется теплота, подведенная к рабочему телу в политропном процессе?
85. Как определяется изменение удельной энтальпии рабочего тела в политропном процессе при постоянной изобарной теплоёмкости?
86. Изменение удельной энтропии в политропном процессе: написать формулы и пояснить.
87. Верхняя и нижняя пограничные кривые: какие состояния газа соответствуют точкам на этих кривых?
88. Критическая точка: где находится, каково состояние вещества в этой точке?
89. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса: написать, пояснить смысл.
90. Перегретый пар и влажный пар: понятия.
91. Тройная точка: пояснить её смысл с помощью диаграммы.
92. Уравнение состояния реального газа в наиболее общей форме: написать, пояснить. В чём состоит трудность применения этого уравнения?
93. Уравнение состояния реального газа Ван-дер-Ваальса: написать, пояснить.
94. Изотермы, отвечающие уравнению Ван-дер-Ваальса: их общий вид, сравнение с (экспериментальными) изотермами реального газа.
95. Пересыщенный пар и перегретая жидкость: понятия.
96. Какова область применимости уравнения Ван-дер-Ваальса?
97. Температура насыщения и давление насыщения: понятие.
98. Кипение: понятие. Сравните температуру кипения жидкости и температуру насыщения.
99. Сравните температуру, при которой пар конденсируется, с температурой насыщения.
100. В каком состоянии находится вещество правее верхней пограничной кривой и левее нижней пограничной кривой? Ответ обосновать.
101. Как связаны область влажного пара и критическая температура?
102. Поверхностная фаза жидкости: её основные свойства.
103. Характеристические функции, называемые свободной энергией и свободной энтальпией: написать формулы и пояснить.
104. Поверхностное натяжение: понятие, определение (формула). Как оно ведёт себя при изменении температуры?

105. Как связаны между собой деформационные и тепловые свойства поверхностного слоя: написать соответствующую формулу и пояснить.
106. Как соотносятся между собой внутренняя энергия и свободная энергии поверхностного слоя? Написать подходящую формулу и пояснить.
107. Написать уравнение Лапласа и пояснить его смысл.
108. Как изменяется теплоемкость жидкостей при изменении давления?
109. Удельная теплота парообразования: из каких частей она состоит, на что расходуется теплота этих частей.
110. Влажный пар: понятие, где он расположен на p - v -диаграмме.
111. Степень сухости и степень влажности пара: понятия, определения (формулы).
112. Закон аддитивности: его смысл, какие величины ему подчиняются.
113. Степень сухости пара: как она зависит от удельного объема, от удельной энтропии, от удельной внутренней энергии, от удельной энтальпии фаз?
114. Удельная изобарная теплоемкость внутри двухфазной области: что о ней можно сказать.
115. Что Вы можете сказать о скачке удельной теплоемкости при переходе жидкости в двухфазную область?
116. Что Вы можете сказать о скачке теплоемкости на верхней пограничной кривой?
117. Перегретый пар: понятие, при каких условиях он возникает. Степень перегрева пара: понятие.
118. Из каких уравнений состоит система, описывающая течение газа в канале? Назвать и пояснить, какие величины определяются с помощью этой системы уравнений.
119. Напишите общее дифференциальное уравнение сплошности (неразрывности) потока газа, поясните его смысл и происхождение.
120. Напишите общее интегральное уравнение сплошности (неразрывности) потока газа, поясните его смысл и происхождение.
121. Уравнение движения газа для одномерного потока: поясните его смысл и происхождение.
122. Скорость адиабатного истечения газа из коноидального сопла: написать соответствующую формулу и пояснить с помощью схемы.
123. Расход газа при адиабатном истечении из коноидального сопла: написать соответствующую формулу и пояснить с помощью схемы.
124. Критический режим истечения газа из сопла: дайте его исчерпывающую характеристику, сопроводив её формулами и схемой (графиком).
125. Сопло Лавалья: форма, назначение, как ведут себя давление и скорость потока газа в таком сопле (показать на схеме).
126. Число Маха: понятие, определение.
127. Какие каналы называют сверхзвуковыми диффузорами.
128. Удельная располагаемая работа при адиабатном истечении газа из сопла без трения и с трением: как определяются, как соотносятся друг с другом. Коэффициент потери энергии при истечении из сопла. Пояснить с помощью соответствующей диаграммы.

129. Удельная располагаемая работа, затрачиваемая на сжатие газа в диффузоре без трения и с трением: как определяются, как соотносятся друг с другом. Пояснить с помощью соответствующей диаграммы.

130. Как определяются параметры адиабатного торможения потока газа в точке встречи потока с твёрдым телом?

131. Нерасчетный режим истечения через сопло Лавалля: понятие, условия возникновения. Пояснить с помощью схемы.

132. Скачки уплотнения: понятие, условия возникновения. Схема распределения давления в прямом скачке.

133. Какова цель термодинамического расчета эжектора?

134. КПД эжектора: понятие, как определяется.

135. Понятие о действительных циклах тепловых двигателей. На чём основано изучение таких циклов и почему.

136. В чём состоит идеализация циклов тепловых машин. С какой целью она делается?

137. Понятие обобщённого цикла. Параметры такого цикла: назвать и пояснить с помощью диаграммы.

138. Термический КПД обобщённого цикла: привести формулу и пояснить.

139. Удельная работа обобщённого цикла: привести формулу и пояснить.

140. На какие группы подразделяют двигатели внутреннего сгорания (ДВС): назвать и пояснить.

141. Смешанный ТД цикл ДВС: дать понятие и пояснить с помощью диаграммы. КПД цикла. Среднее давление цикла.

142. ТД цикл ДВС с подводом теплоты при постоянном объёме: дать понятие и пояснить с помощью диаграммы. КПД цикла. Среднее давление цикла.

143. ТД цикл ДВС с подводом теплоты при постоянном давлении: дать понятие и пояснить с помощью диаграммы. КПД цикла. Среднее давление цикла.

9.2. Фонд оценочных средств промежуточной аттестации в форме зачета

УП зачет по дисциплине не предусмотрен.

9.3. Оценочные средства промежуточной аттестации в форме курсового проекта или курсовой работы

Учебным планом курсовая работа и курсовой проект по дисциплине не предусмотрены.

10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Студенты перед началом изучения дисциплины должны быть ознакомлены с системами кредитных единиц и балльно-рейтинговой оценки, которые должны быть опубликованы и размещены на сайте вуза или кафедры.

В учебном процессе рекомендуется внедрение субъект-субъектной педагогической технологии, при которой в расписании каждого преподавателя определяется время консультаций студентов по закрепленному за ним модулю дисциплины.

Рекомендуется обеспечить студентов электронными учебниками, учебно-методическим комплексом по дисциплине, включая методические указания к выполнению лабораторных работ и всех видов самостоятельной работы.

11. Внесение изменений и дополнений в рабочую программу дисциплины

Кафедра ежегодно обновляет содержание рабочих программ дисциплин, которые оформляются протоколами заседаний дисциплин, форма которых утверждена Положением о рабочих программах дисциплин, соответствующих ФГОС ВО.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов 15.03.02: Технологические машины и
оборудование

Профиль – Технологические машины и оборудование для разработки
торфяных месторождений

Вид деятельности – проектно-конструкторская

Кафедра гидравлики, теплотехники и гидропривода

Дисциплина «Термодинамика»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1__

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:

Цикл Карно: понятие

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 1 балл:

Построить цикл Карно на p -диаграмме

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

По построенному циклу определить работу цикла.

Критерии итоговой оценки за зачет:

«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;

«не зачтено» - при сумме баллов 0, или 1.

Составитель: доцент кафедры ГТиГП _____ Ф.В. Качановский

Заведующий кафедрой ГТиГП: д.т.н., доцент _____ А.Л. Яблонев