

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Котова Лариса Анатольевна  
Должность: Директор филиала  
Дата подписания: 18.03.2023 11:30:05  
Уникальный программный ключ:  
10730ffe6b1ed036b744b6e9d97700b86e5c04a7

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»  
Новотроицкий филиал

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Техническая термодинамика

Закреплена за подразделением Кафедра математики и естествознания (Новотроицкий филиал)

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **заочная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану	180	Формы контроля на курсах: экзамен 2
в том числе:		
аудиторные занятия	24	
самостоятельная работа	147	
часов на контроль	9	

### Распределение часов дисциплины по курсам

Курс	2		Итого	
	уп	рп		
Лекции	12	12	12	12
Лабораторные	4	4	4	4
Практические	8	8	8	8
Итого ауд.	24	24	24	24
Контактная работа	24	24	24	24
Сам. работа	147	147	147	147
Часы на контроль	9	9	9	9
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

*к.ф.-м.н., доцент, Гюнтер Д.А.*

Рабочая программа

**Техническая термодинамика**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (уровень бакалавриата) (приказ от 05.03.2020 г. № № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника Профиль. Промышленная теплоэнергетика, 13.03.01\_21\_Теплоэнергетика и теплотехника\_ПрПТЭ\_заоч\_2020.plx , утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 21.04.2021, протокол № 30

Утверждена в составе ОПОП ВО:

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника Профиль. Промышленная теплоэнергетика, , утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 21.04.2021, протокол № 30

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра математики и естествознания (Новотроицкий филиал)**

Протокол от 24.06.2021 г., №11

Руководитель подразделения к.п.н., доцент Швалева А.В.

### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цель дисциплины - формирование у студентов правильного понимания границ применимости различных теплофизических понятий, законов, теорий и умения оценить степень достоверности результатов, полученных с помощью экспериментальных или теоретических методов исследования.
1.2	Задача дисциплины:
1.3	- дать необходимую теплотехническую подготовку;
1.4	- формирование фундаментальных основ знаний;
1.5	- овладение методами расчета и анализа рабочих процессов и циклов теплотехнических установок.
1.6	

### 2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В
2.1	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Аналитическая геометрия и векторная алгебра	
2.2	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Тепломассообмен	

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Первый закон термодинамики.</b>							
1.1	Законы термодинамики. /Лек/	2	3		Л2.1			
1.2	Уравнение первого закона термодинамики для стационарного потока массы. Формулировки второго закона термодинамики и связь между первым и вторым законами термодинамики. Формулировки и аналитическое выражение третьего закона термодинамики. /Пр/	2	1		Л1.1Л2.1			
1.3	Самоподготовка и решение задач из контрольной работы по разделу "Законы термодинамики". /Ср/	2	20		Л1.1Л3.1			
	<b>Раздел 2. Термодинамические свойства реальных газов. PV-диаграмма</b>							
2.1	Термодинамические свойства реальных газов. PV-диаграмма /Ср/	2	6		Л2.1Л3.1			
2.2	Вириальное уравнение состояния для умеренно сжатых газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса и его анализ. /Ср/	2	6		Л1.1Л2.1Л3.1			

2.3	Самоподготовка и решение задач из контрольной работы по разделу "Термодинамические свойства реальных газов". /Ср/	2	6		Л1.1Л2.1Л3.1			
<b>Раздел 3. Водяной пар.</b>								
3.1	Водяной пар. /Лек/	2	2		Л2.1			
3.2	Удельный объем, энтальпия и энтропия воды, влажного, сухого насыщенного и перегретого пара. /Ср/	2	6		Л1.1Л2.1Л3.1			
3.3	Самоподготовка и решение задач из контрольной работы по разделу "Водяной пар". /Ср/	2	6		Л1.1Л2.1Л3.1			
<b>Раздел 4. Истечение из сопел, дросселирование.</b>								
4.1	Коэффициенты скорости и расхода. Уравнение процесса дросселирования. /Пр/	2	1		Л1.1Л2.1			
4.2	Изучение адиабатного истечения газа через сужающее сопло при имитационном моделировании. /Лаб/	2	4		Л2.1			
4.3	Оформление отчета по лабораторной работе /Ср/	2	11		Л3.1			
4.4	Самоподготовка и решение задач из контрольной работы по разделу "Дросселирование". /Ср/	2	6		Л1.1Л2.1Л3.1			
<b>Раздел 5. Циклы паротурбинных установок.</b>								
5.1	Циклы паротурбинных установок. /Лек/	2	2		Л2.1			
5.2	Цикл и схема паротурбинной установки со вторичным перегревом пара; цикл в Ts- и hs-диаграммах. КПД цикла. /Пр/	2	1		Л1.1Л2.1			
5.3	Самоподготовка и решение задач из контрольной работы по разделу "Циклы паротурбинных установок". /Ср/	2	6		Л1.1Л2.1Л3.1			
<b>Раздел 6. Газовые циклы.</b>								
6.1	Газовые циклы. /Лек/	2	1		Л2.1			
6.2	Действительный цикл и его кпд. Влияние необратимости процессов сжатия и расширения. /Пр/	2	1		Л1.1Л2.1			
6.3	Самоподготовка и решение задач из контрольной работы по разделу "Газовые циклы". /Ср/	2	20		Л1.1Л2.1Л3.1			
<b>Раздел 7. Циклы реактивных двигателей и циклы атомных станций.</b>								

7.1	Циклы реактивных двигателей и циклы атомных станций. /Лек/	2	1		Л1.1Л2.1			
7.2	Полезная работа цикла Ренкина. /Пр/	2	1		Л1.1Л2.1			
7.3	Самоподготовка и решение задач из контрольной работы по разделу "Циклы реактивных двигателей". /Ср/	2	12		Л1.1Л2.1Л3.1			
	<b>Раздел 8. Циклы холодильных установок.</b>							
8.1	Циклы холодильных установок. /Лек/	2	1		Л1.1Л2.1			
8.2	Обратные циклы. Обратный цикл Карно. /Пр/	2	1		Л1.1Л2.1			
8.3	Самоподготовка и решение задач из контрольной работы по разделу "Циклы холодильных установок". /Ср/	2	12		Л1.1Л2.1Л3.1			
	<b>Раздел 9. Основы химической термодинамики.</b>							
9.1	Основы химической термодинамики. /Лек/	2	2		Л1.1Л2.1			
9.2	Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса. /Пр/	2	2		Л1.1Л2.1			
9.3	Самоподготовка и решение задач из контрольной работы по разделу "Химическая термодинамика". /Ср/	2	12		Л1.1Л2.1Л3.1			
	<b>Раздел 10. Влажный воздух.</b>							
10.1	Влажный воздух. /Ср/	2	6		Л2.1Л3.1			
10.2	Абсолютная и относительная влажность влажного воздуха. /Ср/	2	6		Л1.1Л2.1Л3.1			
10.3	Самоподготовка и решение задач из контрольной работы по разделу "Влажный воздух". /Ср/	2	6		Л1.1Л2.1Л3.1			
10.4	/Экзамен/	2	9					

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### 5.1. Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену (зачёту с оценкой)

Вопросы к экзамену по дисциплине (УК-1\_У1, ПК-1\_У1):

1. Зависимость скорости и расхода газа через сопло от отношения конечного и начального давлений. Сопло Лавалья.
2. Истечение с учетом необратимости. Коэффициенты скорости и расхода.
3. Уравнение процесса дросселирования. Дросселирование идеального газа. Адиабатное дросселирование.
4. Процесс дросселирования водяного пара в  $h_s$ -диаграмме.
5. Температура инверсии. Кривая инверсии. Газовые смеси.
6. Принципиальная схема паротурбинной установки, цикл в  $p$ - и  $T_s$ -диаграммах. Термический КПД цикла.
7. Влияние начальных и конечных параметров пара на термический КПД цикла.
8. Необратимое расширение пара в турбине. Тепловой и энергетический балансы паротурбинной установки.
9. Цикл и схема паротурбинной установки со вторичным перегревом пара; цикл в  $T_s$ - и  $h_s$ -диаграммах. КПД цикла.
10. Регенеративный подогрев питательной воды. Термический КПД регенеративного цикла.
11. Эксергетический анализ цикла паротурбинной установки.
12. Бинарные циклы.
13. Магнитогидродинамические генераторы.
14. Термодинамические методы сравнения циклов тепловых двигателей.
15. Работа одноступенчатого компрессора. Отводимое тепло.
16. Многоступенчатый компрессор. Оптимальное распределение давления по ступеням. Необратимое адиабатное сжатие в компрессоре.
17. Индикаторная диаграмма и циклы поршневого ДВС.
18. Циклы с подводом тепла при  $v=\text{const}$ ,  $p=\text{const}$  и смешанным подводом тепла. КПД циклов и их термодинамический анализ.
19. Принципиальная схема и цикл газотурбинной установки с подводом тепла при постоянном давлении. Термический КПД идеального цикла. Действительный цикл и его КПД. Влияние необратимости процессов сжатия и расширения.
20. Регенерация, многоступенчатое сжатие и ступенчатый подвод тепла в газотурбинной установке.
21. Методы повышения термического КПД ГТУ.
22. Жидкостные реактивные двигатели. Воздушно-реактивные двигатели. Пульсирующий ВРД. Компрессорные ВРД.
23. Комбинированная выработка электроэнергии и тепла.
24. Термодинамические основы теплофикации.
25. Цикл Карно во влажном паре и его недостатки.
26. Основной цикл ПСУ-цикл Ренкина.
27. Полезная работа цикла Ренкина.
28. Термический КПД цикла Ренкина. Промежуточный перегрев пара.
29. Циклы атомных станций.
30. Обратные циклы. Обратный цикл Карно.
31. Холодильный коэффициент.
32. Схема и цикл воздушной холодильной установки.
33. Схема и цикл парокомпрессионной холодильной установки.
34. Вихревая труба.
35. Цикл термотрансформатора (теплового насоса).
36. Отопительный коэффициент.
37. Тепловой эффект химической реакции.
38. Закон Гесса.
39. Константа химического равновесия и изменение термодинамического потенциала. Зависимость константы равновесия от температуры.
40. Закон действующих масс.
41. Абсолютная и относительная влажность влажного воздуха.
42. Влажосодержание.
43. Температура точки росы.
44. Расчет термодинамических свойств влажного воздуха.  $h_d$ -диаграмма влажного воздуха.
45. Термодинамические процессы с влажным воздухом.
46. Теплоемкость и энтальпия влажного воздуха.

### 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы, проекты и др.

Задание на контрольную работу разбивается по вариантам.

Текущий контроль за выполнением РГР осуществляется преподавателем путем проверки разделов в соответствии с планом выполнения.

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Формой промежуточной аттестации по дисциплине является экзамен.

Ниже представлен образец билета для экзамена, проводимого в письменной форме.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«МИСиС»  
НОВОТРОИЦКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра Математики и естествознания

БИЛЕТ К ЭКЗАМЕНУ № 0

Дисциплина: «Техническая термодинамика», 4 семестр  
Направление: 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»  
Форма обучения: заочная  
Форма проведения экзамена: письменная

1. Необратимое расширение пара в турбине. Тепловой и энергетический балансы паротурбинной установки.
2. Тепловой эффект химической реакции.
3. Задача.

Составил: ст.преподаватель \_\_\_\_\_ Д.А. Гюнтер  
(подпись)  
Зав. кафедрой МиЕ \_\_\_\_\_ Д.А. Гюнтер  
(подпись)

01.09.2020 г.

Дистанционно экзамен может проводиться в LMS Canvas по выше представленному образцу билета.  
Продолжительность экзамена 60 минут, отправка работы 20 минут.

### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Критерии оценивания ответа на экзамене

Оценка «отлично» выставляется, когда обучающийся демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, показывает свободное владение монологической речью и способность быстро реагировать на уточняющие вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется, когда обучающийся демонстрирует прочные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, но при этом делает несущественные ошибки, которые быстро исправляет самостоятельно или при незначительной коррекции преподавателем.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, когда обучающийся неглубокие теоретические знания, проявляет слабо сформированные навыки анализа явлений и процессов, недостаточное умение делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает не достаточно свободное владение терминологией, логичностью и последовательностью изложения, делает ошибки, которые может исправить только при коррекции преподавателем.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, когда обучающийся демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, не владеет терминологией, проявляет отсутствие логичности и последовательностью изложения, делает ошибки, которые не может исправить даже при коррекции преподавателем.

Прохождение контрольного мероприятия по сдаче экзамена считается выполненным успешно, если при его оценивании получена оценка не ниже «удовлетворительно».

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л1.1	В.А.Кудинов	Техническая термодинамика: Учеб. пособие		М.: Высшая школа, 2003,

<b>6.1.2. Дополнительная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л2.1	Федина В.В., Тимофеева А.С.. Никитченко Т.В.	Техническая термодинамика: учебное пособие		ТНТ, 2015,
<b>6.1.3. Методические разработки</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л3.1	Шаповалов А.Н.	Техническая термодинамика: Методические указания для самостоятельной работы		НФ НИТУ «МИСиС», 2011,
<b>6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»</b>				
Э1				
Э2				
<b>6.3 Перечень программного обеспечения</b>				
<b>6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных</b>				

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Освоение дисциплины предполагает как проведение традиционных аудиторных занятий, так и работу в электронной информационно-образовательной среде НИТУ «МИСиС» (ЭИОС), частью которой непосредственно предназначенной для осуществления образовательного процесса является Электронный образовательный ресурс LMS Canvas.

Рекомендации по успешному освоению курса в традиционной форме.

Для успешного усвоения теоретического материала необходимо регулярно посещать лекции, перечитывать лекционный материал, значительное внимание уделять самостоятельному изучению дисциплины.

Программа дисциплины включает лекционные, практические занятия и лабораторные занятия, выполнение курсовой работы.

Курсовая работа отличается значительными затратами времени и требует от студента знаний лекционного материала, методических указаний по выполнению курсовой работы и большого внимания. В связи с этим, при планировании своей самостоятельной работы вам следует учитывать, что пропуск лекционных занятий и невнимательное отношение к изучению методических указаний существенно осложнит выполнение курсовой работы.

Подготовка к выполнению курсовой работы заключается в изучении соответствующих методических указаний и стандартов по оформлению работы. Задание на выполнение курсовой работы выдается на 2 неделе семестра, срок сдачи на проверку - 14 неделя. Консультации по вопросам, связанным с выполнением курсовой работы проводятся по согласованию с преподавателем, ведущим дисциплину, в соответствии с расписанием.

Оформленная в соответствии со стандартами курсовая работа сдается на кафедру металлургических технологий и оборудования. Правильно выполненная работа допускается к защите, которая проводится в устной форме на экзаменационной сессии. Работа, не допущенная к защите, возвращается студенту на доработку.

Лабораторные работы отличаются значительными энергозатратами. Часть работ проводится при использовании высокотемпературных агрегатов, связана со значительными затратами времени, кроме того, для их полноценного выполнения требуется участие в ней нескольких студентов под руководством преподавателя или лаборанта. В связи с этим, при планировании своей учебной работы вам следует учитывать, что пропуск лабораторного занятия связан со сложностями их выполнения.

Подготовка к выполнению лабораторной работы заключается в составлении теоретического введения к лабораторной работе. После выполнения лабораторной работы оформляется отчет. Работа считается полностью зачтенной после ее защиты. Защита лабораторных работ проводится на лабораторных занятиях.

Участие в практических занятиях требует от студентов высокой степени самостоятельности и способствует более глубокому освоению теоретических положений и их практического использования. На практических занятиях студенты под руководством преподавателя выполняют расчеты задач.

Подготовка к экзамену по дисциплине заключается в изучении теоретического материала по конспектам лекций, источникам основной и дополнительной литературы.

Рекомендации по освоению дисциплины в дистанционной форме посредством электронной информационно-образовательной среды НИТУ «МИСиС» (ЭИОС), частью которой непосредственно предназначенной для осуществления образовательного процесса является Электронный образовательный ресурс LMS Canvas.

LMS Canvas используется преимущественно для асинхронного взаимодействия между участниками образовательного процесса посредством сети «Интернет».

Чтобы эффективно использовать возможности LMS Canvas, а соответственно и успешно освоить дисциплину, нужно:

- 1) зарегистрироваться на курсе, для чего следует перейти по ссылке, выдаваемой сотрудниками деканата или преподавателем. Логин и пароль для регистрации и работе с курсом совпадает с логином и паролем от личного кабинета НИТУ МИСиС;
- 2) в рубрике «В начало» ознакомиться с содержанием курса, вопросами для самостоятельной подготовки, условиями допуска к аттестации, формой промежуточной аттестации (зачет/экзамен), критериями оценивания и др.;



- 3) в рубрике «Модули», заходя в соответствующие разделы изучать учебные материалы, размещенные преподавателем. В т.ч. пользоваться литературой, рекомендованной преподавателем, переходя по ссылкам;
- 4) в рубрике «Библиотека» возможно подбирать для выполнения письменных работ (контрольные, домашние работы, курсовые работы/проекты) литературу, размещенную в ЭБС НИТУ «МИСиС»;
- 5) в рубрике «Задания» нужно ознакомиться с содержанием задания к письменной работе, сроками сдачи, критериями оценки. В установленные сроки выполнить работу(ы), подгрузить здесь же для проверки. Если работа содержит рисунки, формулы, то с целью сохранения форматирования ее нужно подгружать в pdf формате.  
Работа, подгружаемая для проверки, должна:
- содержать все структурные элементы: титульный лист, введение, основную часть, заключение, список источников, приложения (при необходимости);
  - быть оформлена в соответствии с требованиями.
- Преподаватель в течение установленного срока (не более десяти дней) проверяет работу и размещает в комментариях к заданию рецензию. В ней он указывает как положительные стороны работы, так замечания. При наличии в рецензии замечаний и рекомендаций, нужно внести поправки в работу, подгрузить ее заново для повторной проверки. При этом важно следить за сроками, в течение которых должно быть выполнено задание. При нарушении сроков, указанных преподавателем возможность подгрузить работу остается, но система выводит сообщение о нарушении сроков. По окончании семестра подгрузить работу не получится;
- 6) в рубрике «Тесты» пройти тестовые задания, освоив соответствующий материал, размещенный в рубрике «Модули»;
- 7) в рубрике «Оценки» отслеживать свою успеваемость;
- 8) в рубрике «Объявления» читать объявления, размещаемые преподавателем, давать обратную связь;
- 9) в рубрике «Обсуждения» создавать обсуждения и участвовать в них (обсуждаются общие моменты, вызывающие вопросы у большинства группы). Данная рубрика также может быть использована для взаимной проверки;
- 10) проявлять регулярную активность на курсе.