

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального  
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет атомной энергетики и технологий  
Кафедра «Атомная энергетика»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
по дисциплине «Техническая термодинамика и теплотехника»

**Направления подготовки**  
«18.03.01. Химическая технология»

**Основная профессиональная образовательная программа**  
«Химическая технология неорганических веществ»

**Квалификация выпускника**  
Бакалавр

**Форма обучения**  
Очная

Балаково

### **Цель освоения дисциплины**

Цель преподавания дисциплины является получение знаний, необходимых для плодотворной творческой деятельности бакалавра. Дисциплина «Техническая термодинамика и теплотехника» формируют технологическое мировоззрение бакалавров для их производственно-технологической и проектно-конструкторской профессиональной деятельности.

### **Место дисциплины в структуре ООП ВО**

Курс «Техническая термодинамика и теплотехника» связан с необходимостью знаний основ общей физик и математики широкое использование, которых не только даёт возможность наиболее точно выразить теоретические закономерности, но и является необходимым инструментом их установления. Теоретические знания и практические навыки, полученные студентами при изучении дисциплины «Техническая термодинамика и теплотехника», должны быть использованы в процессе изучения последующих дисциплин: «Процессы и аппараты химической технологии», «Оборудование производств неорганических веществ», «Ресурсо- и энергосбережение в технологии неорганических веществ».

### **Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции:

– общепрофессиональные

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2	Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	З-ОПК-2 – Знать математические методы физических, химических явлений, основных законов физики и химии и применяет их в профессиональной деятельности У-ОПК-2 – Уметь решать математические, физические физико-химические и химические задачи для обработки, анализа и систематизации данных технологического процесса В-ОПК-2 – Владеет математическими, физическими, физико-химическими, химическими методами решения задач для определения последовательности проведения анализов физико-химических характеристик сырья, вспомогательных материалов и готовой продукции

– профессиональные

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-4	Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	З-ПК-4 — Знать требования, предъявляемых к технической документации, сырью, материалам, полуфабрикатам, комплектующим изделиям и готовой продукции У-ПК-4 — Уметь контролировать эффективность расходования сырья и основных материалов в соответствии с регламентом В-ПК-4 — Владеть навыками использования технических средств для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья, продукции и разрабатывает техническую документацию

#### Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

Направление/ цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспитательного потенциала учебной дисциплины	Вовлечение в разноплановую внеучебную деятельность
<b>Профессиональное и трудовое воспитание</b>	- формирование культуры исследовательской и инженерной деятельности <b>(В16)</b>	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования инженерного мышления и инженерной культуры за счёт практических студенческих исследований современных производственных систем; проектной деятельности студентов по разработке и оптимизации технологических систем, связанной с решением реальных производственных задач; прохождения через разнообразные игровые, творческие, фестивальные формы, требующие анализа сложного объекта, постановки относительно него преобразовательных задач для их оптимального решения.	1. Организация научно-практических конференций и встреч с ведущими специалистами предприятий города и ветеранами атомной отрасли. 2. Организация и проведение предметных олимпиад и участие в конкурсах профессионального мастерства. 3. Участие в ежегодных акциях студенческих строительных отрядов

## Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 5-ом семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 ак. часа.

### Календарный план

№ Р а з д е л а	№ Т е м ы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (в часах)					Аттес- тация раздела (форма)	Макси- маль- ный балл за раздел
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС		
1	1	Взаимное преобразование теплоты и работы	26	4		4	18	УО-1	25
	2	Процессы водяного пара и влажного воздуха	28	4		4	20		
2	3	Передача теплоты	26	4		4	18	УО-2	25
	4	Получение теплоты	28	4		4	20		
Вид промежуточной аттестации			108	16		16	76	Зачет	50

### Содержание лекционного курса

Темы лекций. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Взаимное превращение теплоты и работы</b> Понятие термодинамического процесса. Параметры термодинамического состояния. Основные термодинамические процессы. Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики. Прямые термодинамические циклы. Обратные термодинамические циклы	4	[1-8]
<b>Процессы водяного пара и влажного воздуха</b> Водяной пар и его параметры. Диаграммы водяного пара и процессы в них. Влажный воздух и его параметры. Диаграмма влажного воздуха и процессы в ней. Применение водяного пара и влажного воздуха в химической технологии.	4	[1-8]
<b>Передача теплоты</b> Теплопроводность.	4	[1-8]

Теплоотдача. Теплопередача. Перенос теплоты излучением. Тепловой баланс.		
<b>Получение теплоты</b> Топливо и его характеристики. Процессы сжигания топлива. Продукты сгорания топлива. Температура сгорания топлива.	4	[1-8]

### Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Расчет основных термодинамических процессов	4	[1-8]
Расчет процессов водяного пара и влажного воздуха	4	[1-8]
Расчет теплового баланса и переноса теплоты	4	[1-8]
Расчёт расхода топлива и количества продуктов сгорания	4	[1-8]

### Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
<b>Взаимное превращение теплоты и работы</b> Понятие теплоемкости. Понятие энтальпии. Понятие энтропии. Паросиловые циклы. Циклы Карно. Истечение газов и паров. Циклы получения холода.	18	[1-8]
<b>Процессы водяного пара и влажного воздуха</b> Водяной пар и его применение. Изображение основных термодинамических процессов в диаграммах водяного пара. Влажный воздух и его применение. Изображение основных процессов влажного воздуха в диаграмме влажного воздуха	20	[1-8]
<b>Передача теплоты</b> Теплопроводность и от чего она зависит. Теплоотдача и методы ее определения. Теплопередача и методы ее определения. Тепловой баланс.	18	[1-8]
<b>Получение теплоты</b> Виды топлив и их характеристики. Расчеты процессов горения и определения количества продуктов сгорания. Определение температуры сгорания.	20	[1-8]

### Образовательные технологии

Реализация освоения данной дисциплины обеспечивается доступом каждого обучающегося к базам данных и библиотечным фондам, формируемым по полному перечню дисциплин (модулей) основной образовательной программы. В БИТИ НИЯУ МИФИ действуют компьютерные классы, в которых проводятся занятия по различным дисциплинам направления подготовки «Химическая технология», в том числе и классы обеспечены доступом к сети Интернет для самостоятельной подготовки студентов. На кафедре имеются компьютеры с возможностью работы в специальных программах и доступа к современным профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам, к таким как база данных периодических изданий. Целью при этом является выработка у студентов навыков и компетенций, позволяющих самостоятельно вести исследовательскую и научно-педагогическую работу. Аудиторные занятия проводятся в виде лекций с использованием ПК и компьютерного проектора, практических занятий, с использованием ПК при проведении расчетов. Самостоятельная работа студентов проводится под руководством преподавателей, с оказанием консультаций и помощи при подготовке к контрольным работам, выполнении домашних заданий.

### Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства
Входной контроль			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
2	Взаимное преобразование теплоты и работы Процессы водяного пара и влажного воздуха	З-ОПК-2 – Демонстрирует понимание математических методов, физических, химических явлений, основных законов физики и химии и применяет их в профессиональной деятельности У-ОПК-2 – Демонстрирует умение в решении математических, физических, физико-химических и	Практические занятия Устный опрос в форме собеседования (УО-1)

		<p>химических задач для обработки, анализа и систематизации данных технологического процесса</p> <p>В-ОПК-2 – Использует математические, физические, физико-химические, химические методы решения задач для определения последовательности проведения анализов физико-химических характеристик сырья, вспомогательных материалов и готовой продукции</p> <p>З-ПК-4 — Применяет знания для соблюдения требований, предъявляемых к технической документации, сырью, материалам, полуфабрикатам, комплектующим изделиям и готовой продукции</p> <p>У-ПК-4 — Контролирует эффективность расходования сырья и основных материалов в соответствии с регламентом</p> <p>В-ПК-4 — Использует технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья, продукции и разрабатывает техническую документацию</p>	
3	Передача теплоты	<p>З-ОПК-2 – Демонстрирует понимание математических методов, физических, химических явлений, основных законов физики и химии и применяет их в профессиональной деятельности</p> <p>У-ОПК-2 – Демонстрирует умение в решении математических, физических, физико-химических и химических задач для обработки, анализа и систематизации данных технологического процесса</p> <p>В-ОПК-2 – Использует математические, физические, физико-химические, химические методы решения задач для определения последовательности проведения анализов физико-химических характеристик сырья, вспомогательных материалов и готовой продукции</p>	<p>Практические занятия</p> <p>Устный опрос в форме собеседования (УО-2)</p>
	Получение теплоты		

		З-ПК-4 — Применяет знания для соблюдения требований, предъявляемых к технической документации, сырью, материалам, полуфабрикатам, комплектующим изделиям и готовой продукции У-ПК-4 — Контролирует эффективность расходования сырья и основных материалов в соответствии с регламентом В-ПК-4 — Использует технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья, продукции и разрабатывает техническую документацию	
Промежуточная аттестация			
4	Зачет	ОПК-2, ПК-4	Собеседование

### **Оценочные средства для входного контроля, текущего контроля и промежуточной аттестации (аннотация).**

Оценочные средства для входного контроля представляют собой вопросы, которые задаются студентам *в устной форме (УО)*.

В качестве оценочного средства текущего контроля при выполнении практического занятия используется решение *задач*, выполненных во время аудиторных занятий – средство контроля, позволяющее оценивать умение использовать теоретический материал для выполнения необходимых расчетов.

Для промежуточной аттестации предусмотрено проведение устного опроса (УО -1,2).

По итогам обучения выставляется зачет.

### **Перечень вопросов входного контроля**

1. Понятие теплоты.
2. Понятие работы.
3. Понятие температуры.
4. Понятие энергии.
5. Понятие массы.
6. Понятие давления.
7. Понятие термодинамического процесса
8. Понятие процесса теплопроводности.
9. Понятие процесса теплоотдачи.
10. Понятие топлива.



### **Перечень вопросов УО-1**

1. Понятие термодинамического процесса.
2. Какой процесс называют изохорным.
3. Что такое удельная теплоемкость.
4. Какая теплоемкость больше, при постоянном давлении или объеме и почему.
5. Назначение 1 закона термодинамики.
6. Что такое энтальпия.
7. Математическая формулировка 2 закона термодинамики.
8. Как называется максимальная работоспособность рабочего тела.
9. Какой процесс называется циклом и какие циклы рассматривает термодинамика.
10. Что такое термический КПД.
11. Что характеризует холодильный коэффициент.
12. Какой термодинамический цикл обладает наибольшим холодильным коэффициентом.
13. Что такое критическая точка воды.
14. По какой термодинамической диаграмме площадь фигуры процесса наглядно характеризует теплоту процесса.
15. Какой воздух легче: сухой или влажный и почему.

### **Перечень вопросов УО-2**

1. Способы переноса теплоты и их принципиальные отличия.
2. Понятие температурного поля и его виды.
3. Что такое тепловой поток.
4. Что характеризует коэффициент теплопроводности.
5. Назначение уравнения Фурье.
6. Единица измерения коэффициента температуропроводности.
7. Какие условия однозначности позволяют обеспечить единственность решения задачи распространения теплоты.
8. Как отличается распределение температуры в плоской и цилиндрической стенке.
9. Что дает 1 теорема подобия при решении задач теплообмена.
10. Единица измерения коэффициента теплопередачи.
11. При какой теплоотдаче: однофазной или двухфазной теплообмен интенсивнее и почему.
12. Назовите основные признаки топлива.
13. В чем разница между высшей и низшей теплотой сгорания.
14. В чем различаются составы топлива на рабочую и горючую массу.
15. Какие газообразные продукты образуются при сгорании газообразного топлива.

### **Перечень вопросов к зачету:**

1. Предмет и методы технической термодинамики. Общие понятия и определения.
2. Понятия термодинамического процесса и термодинамической системы.
3. Основные термодинамические параметры состояния.
4. Термодинамическое равновесие.
5. Основные параметры состояния идеальных газов. Уравнения состояния идеальных газов. Основные законы идеальных газов.
6. Свойства реальных газов.
7. Смесь идеальных газов. Основные свойства газовых смесей.
8. Газовая постоянная смеси газов. Парциальные давления.
9. Уравнение состояния Ван-дер-Ваальса
10. Понятия внутренней энергии и работы расширения газа. Первый закон термодинамики
11. Аналитическое выражение работы процесса.
12. Понятия энтальпии и энтропии.
13. Обратимые и необратимые процессы.
14. Основные положения второго закона термодинамики.
15. Круговые термодинамические процессы, или циклы.
16. Теорема Карно.
17. Свойства обратимых и необратимых циклов и математическое выражение второго закона термодинамики.
18. Максимальная работа. Эксергия.
19. Водяной пар. Парообразование, испарение, кипение, конденсация, сублимация и десублимация
20. Процесс парообразования в закрытом сосуде
21. Понятия насыщенного и ненасыщенного пара. Степень сухости пара. Перегретый пар
22. Особенности  $p$ - $v$ -диаграммы водяного пара
23. Теплота парообразования
24. Основные термодинамические процессы и водяного пара. Изохорный процесс
25. Основные термодинамические процессы и водяного пара. Изобарный процесс
26. Основные термодинамические процессы и водяного пара. Изотермный процесс
27. Основные термодинамические процессы и водяного пара. Адиабатный процесс
28. Первый закон термодинамики в применении к потоку движущегося газа

29. Сопло и диффузор
30. Располагаемая работа при истечении газа
31. Скорость истечения и секундный расход идеального газа
32. Критическая скорость
33. Сопло Лавалья
34. Дросселирование газов и паров
35. Эффект Джоуля-Томсона
36. Влажный воздух. Насыщенный и ненасыщенный влажный воздух. Общее давление влажного воздуха.
37. Абсолютная и относительная влажность. Температура точки росы
38. Компрессор. Разновидности компрессоров. Одноступенчатый поршневой компрессор
39. Теоретическая индикаторная диаграмма одноступенчатого поршневого компрессора
40. Вредное пространство одноступенчатого поршневого компрессора.
41. Объемный коэффициент полезного действия компрессора, коэффициент наполнения
42. Теплопроводность.
43. Теплоотдача.
44. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенки
45. Теплоотдача при фазовом превращении
46. Тепловой баланс
47. Средняя разность температур при теплопередаче
48. Понятие топлива и его виды
49. Физические и теплотехнические свойства топлив
50. Состав топлив
51. Продукты сгорания топлив и определение их количества
52. Температура сгорания топлив и определение ее величины

### Шкалы оценки образовательных достижений

Баллы (итоговой рейтинговой оценки)	Освоение компетенций	Требования к знаниям
100-85	Продвинутый уровень	Ответы на поставленные вопросы полные, четкие и развернутые. Решения задач логичны, доказательны и демонстрируют аналитические и творческие способности студента.
84-70	Средний уровень	Даются полные ответы на поставленные вопросы. Показано умение выделять причинно-следственные связи. При решении задач допущены незначительные ошибки, исправленные с помощью «наводящих» вопросов преподавателя.
69-60	Базовый	Ответы на вопросы и решения поставленных задач

	уровень	недостаточно полные. Логика и последовательность в решении задач имеют нарушения. В ответах отсутствуют выводы.
--	---------	---

Студент, получивший менее 60% от максимального балла за раздел дисциплины или промежуточную аттестацию, считается неаттестованным по данной дисциплине.

Итоговая оценка выставляется путем перевода набранных баллов в соответствии со следующей таблицей:

Оценка по 5-балльной шкале	Сумма баллов за разделы и экзамен	Оценка ECTS
5 – «отлично»	90-100	A
4 – «хорошо»	85-89	B
	75-84	C
	70-74	D
3 – «удовлетворительно»	65-69	E
	60-64	
2 – «неудовлетворительно»	Менее 60	F

### Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

#### Основная литература:

1.Ляшков В.И. Теоретические основы теплотехники / В.И. Ляшков. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 328с. (Учебники для вузов. Специальная литература <https://obuchalka.org/2017030693411/teoreticheskie-osnovi-teplotekniki-lyashkov-v-i-2015.html>

2.Кудинов А.А. Горение органического топлива: Учебное пособие / А.А. Кудинов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 390с. Учебники для вузов. Специальная литература).<https://znanium.com/catalog/document?id=227580>

3.Техническая термодинамика. Круговые процессы: теория и применение : учебное пособие / А. А. Куликов, И. В. Иванова, А. Ф. Смоляков, И. Н. Дюкова. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2018. — 44 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/112724/#1>

#### Дополнительная литература

4.Хазен Г.А. и др.Теплотехника.М.:Выш.шк.,1981- 480 с.

5.Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача.М.:1980, -386 с.

6.Теплоэнергетика и теплотехника. Справочник в 4 кн. (под ред. А.В.Клименко и др.) М.:МЭИ, 2004. 632 с

7.Галкин, А. Ф. Термодинамика. Сборник задач : учебное пособие / А. Ф. Галкин. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 80 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/92622/#1>

8.Теплотехника. Практический курс : учебное пособие / Г. А. Круглов, Р. И. Булгакова, Е. С. Круглова, М. В. Андреева. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 192 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/96253/#2>

### **Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

Процесс реализации образовательной программы обеспечен необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения: «Word», «Power Paint».

### **Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины**

Лекционные занятия проводятся в специализированной аудитории, оснащенной мультимедийным оборудованием. Практические занятия проводятся в аудитории оснащенной стандартными комплектами отечественных и зарубежных приборов и установок. Мультимедийный курс лекций, видеофильмы, макеты и плакаты.

### **Учебно-методические рекомендации для студентов**

#### **1. Указания для прослушивания лекций**

Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю. Не надо опасаться, что вопросы могут быть простыми.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам решения задач (здесь возможен выборочный контроль знаний студентов).

Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

#### **2. Указания для выполнения самостоятельной работы**

Получить у преподавателя задание и список рекомендованной литературы. Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю.

Подготовить письменный отчет о проделанной работе.

При выполнении фронтальных заданий по усмотрению преподавателя работа может быть оценена без письменного отчета на основе ответов на

контрольные вопросы, при условии активной самостоятельной работы.

Подготовить ответы на контрольные вопросы.

### **Методические рекомендации для преподавателей**

#### **1. Указания для проведения лекций**

На первой вводной лекции сделать общий обзор содержания курса и отметить новые методы и подходы к решению задач, рассматриваемых в курсе, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия. Перед изложением текущего лекционного материала напомнить об основных итогах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и осуществить выборочный контроль знания студентов.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов.

Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя, категориальный аппарат. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного практического занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на занятии с докладами и рефератами.

На последней лекции уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в курсе.

#### **2. Указания по контролю самостоятельной работы студентов**

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным.

При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе.

При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология».

Рабочую программу составил доц.



доцент, Устинов Н.А.

Рецензент:



доцент, Герасимова В.М.

Программа одобрена на заседании УМКН 18.03.01 «Химическая технология» от 15.11.2021 года, протокол № 2

Председатель учебно-методической комиссии



Н.М. Чернова