

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»**

**Утверждаю  
И.о. директора ИТАЭ**

\_\_\_\_\_ **А.А. Дудолин**

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ  
ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В МАГИСТРАТУРУ**

**Направление подготовки:  
14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика**

**Магистерские программы**

**Физика и техника низких температур  
Теплофизика и молекулярная физика  
Физико-технические проблемы атомной энергетики  
Прикладная физика плазмы и управляемый термоядерный синтез**

**Москва 2026**

## І Базовая часть экзамена

### Техническая термодинамика

1. Аналитические выражения и формулировки первого закона термодинамики. Теплота и работа.
2. Цикл Карно и его КПД. Теоремы Карно.
3. Формулировки второго закона термодинамики. Обратимые процессы, их определение. Аналитическое выражение второго закона термодинамики для обратимых процессов.
4. Необратимые процессы, причины необратимости, привести примеры. Аналитическое выражение второго закона термодинамики для необратимых процессов.
5. Энтропия изолированной системы. Примеры: теплообмен между двумя телами и смешение идеальных газов.
6. Характеристические функции, их определение. Характеристическая функция Гиббса (энергия Гиббса), характеристическая функция Гельмгольца (энергия Гельмгольца).
7. Зависимости энтропии от давления и объема – уравнения Максвелла.
8. Дифференциальные соотношения между калорическими ( $s, h, c_p$ ) и термическими ( $p, v, T$ ) свойствами реального газа.
9. Изохорный процесс идеального газа. Соотношения параметров ( $p-T$ ), теплота процесса. Изображение процесса в  $p, v$ - и  $T, s$ - диаграммах.
10. Изобарный процесс идеального газа. Соотношения параметров ( $p-V$ ), теплота и работа расширения. Изображение процесса в  $p, v$ - и  $T, s$ - диаграммах.
14. Расчет адиабатных процессов для идеальных газов, теплоемкость которых постоянна; соотношения параметров ( $p-v, p-T, v-T$ ), работа расширения и техническая работа. Изображение процесса в  $p, v$ - и  $T, s$ - диаграммах.
15. Расчет адиабатных процессов для идеальных газов, теплоемкость которых зависит от температуры; соотношения параметров ( $p-T$  и  $v-T$ ), работа расширения и техническая работа. Изображение процесса в  $p, v$ - и  $T, s$ - диаграммах.
16. Политропные процессы идеального газа. Соотношения параметров ( $p-v, p-T, v-T$ ), теплота и работа расширения. Изображение процессов в  $p, v$ - и  $T, s$ - диаграммах.
17. Смеси газов, способы задания смеси, массовая и мольная доли компонентов смеси и их взаимный пересчет, кажущаяся молекулярная масса и удельная газовая постоянная смеси.
18. Смеси идеальных газов. Парциальное давление и парциальный объем компонентов смеси. Законы Дальтона и Амага. Расчет удельных и мольных термодинамических свойств смеси идеальных газов: удельные и мольные объемы, теплоемкости, внутренние энергии и энтальпии смеси.
19. Свойства реального газа в сравнении с идеальным газом. Покажите различия, используя формулы, численные значения, термодинамические диаграммы.
20. Фазовые переходы и фазовое равновесие, теплота фазовых переходов. Укажите фазовые переходы на термодинамических диаграммах ( $p, T$ - и  $p, v$ -).
21. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса; поясните смысл всех обозначений в уравнении. Используя уравнение, объясните вид кривых фазового перехода в  $p, T$ - диаграмме.
22. Изобарный процесс реального газа. Расчет теплоты и работы процесса. Изображение процесса в термодинамических диаграммах ( $p, T$ -,  $p, v$ -,  $T, s$ -).
23. Изохорный процесс реального газа. Расчет теплоты процесса. Изображение процесса в термодинамических диаграммах ( $p, T$ -,  $p, v$ -,  $T, s$ -).
24. Адиабатный обратимый процесс реального газа, расчет работы расширения и технической работы. Изображение процесса в термодинамических диаграммах ( $T, s$ -,  $h, s$ -).
25. Изотермический процесс реального газа. Расчет теплоты и работы расширения

- процесса. Изображение процесса в термодинамических диаграммах ( $p, T, p, v$ ).
26. Адиабатный необратимый процесс реального газа. Расчет технической работы в потоке пара и жидкости, внутренний относительный (адиабатный) КПД. Изображение процессов в термодинамических диаграммах ( $p, v, T, s, h, s$ ).
  27. Уравнение Ван-дер-Ваальса, смысл констант уравнения, изотермы Ван-дер-Ваальса в  $p, v$ - диаграмме, правило Максвелла.
  28. Вириальные уравнения состояния, вириальные коэффициенты, точка (температура) Бойля,  $z, p$ -диаграмма реального газа.
  29. Процессы расчетного и нерасчетного течения газа или пара в суживающихся соплах. Расчет скорости и массового расхода газа или пара. Влияние трения, скоростной коэффициент сопла. Изображение процессов в  $h, s$ - диаграмме.
  30. Процессы течения в комбинированных соплах (соплах Лавалья). Расчет скорости и массового расхода газа или пара. Влияние трения, скоростной коэффициент сопла. Изображение процессов в  $h, s$ - диаграмме.
  31. Кризис течения в суживающихся соплах и в соплах Лавалья, скорость звука. Закон обращения воздействия.
  32. Адиабатное дросселирование. Характеристика процесса, изменение термодинамических свойств ( $p, T, h, s$ ) в процессе дросселирования, изображение процесса в  $h, s$ - диаграмме. Эффект Джоуля – Томсона, кривая инверсии в  $p, T$ - диаграмме.
  33. Влияние процесса сжатия на удельную работу компрессора. Процессы в охлаждаемых компрессорах. Расчет отводимой теплоты, удельной работы и мощности компрессора, Изображение процесса в термодинамических диаграммах ( $p, v, T, s$ ).
  34. Принципиальная схема и цикл простой паротурбинной установки – цикл Ренкина, изображение цикла в  $T, s$ - диаграмме и процесса в турбине в  $h, s$ - диаграмме. Расчет удельной работы цикла и мощности установки, термического и внутреннего КПД цикла.
  35. Теплофикационные циклы паротурбинных установок (ПТУ-ТЭЦ), преимущества ПТУ-ТЭЦ. Принципиальная схема ПТУ-ТЭЦ и цикл в  $T, s$ -диаграмме. Показатели эффективности теплофикационных циклов.
  36. Принципиальная схема и цикл простой газотурбинной установки – цикл Брайтона, изображение цикла в  $T, s$ - диаграмме. Расчет удельной работы цикла и мощности установки, термического и внутреннего КПД цикла.
  37. Теплофикационные циклы газотурбинных установок (ГТУ-ТЭЦ), преимущества ГТУ-ТЭЦ. Принципиальная схема ГТУ-ТЭЦ и цикл в  $T, s$ -диаграмме. Показатели эффективности теплофикационных циклов.
  38. Обратные термодинамические циклы холодильных установок и их характеристики: подведенная и отведенная теплота, удельная работа цикла, холодопроизводительность, потребляемая мощность, холодильный коэффициент и эксергетический КПД. Изображение обратных циклов холодильных установок в  $T, s$  – диаграмме.
  42. Обратный обратимый цикл Карно – цикл холодильной установки, условия обратимости цикла. Изображение цикла в  $T, s$ - диаграмме. Холодопроизводительность, работа и холодильный коэффициент цикла.
  43. Принципиальная схема и цикл парокомпрессионной холодильной установки, изображение цикла в  $T, s$  – диаграмме. Удельная работа, холодопроизводительность, холодильный коэффициент и эксергетический КПД цикла, потребляемая мощность установки.
  44. Обратные термодинамические циклы теплонасосных установок (ТНУ) и их характеристики: подведенная и отведенная теплота, удельная работа цикла, теплопроизводительность (тепловая мощность), потребляемая мощность, отопительный коэффициент и эксергетический КПД. Изображение обратных циклов ТНУ в  $T, s$  – диаграмме.
  45. Обратный обратимый цикл Карно – цикл теплонасосной установки (ТНУ), условия

- обратимости цикла. Изображение цикла в  $T,s$ - диаграмме.  
Теплопроизводительность, работа и отопительный коэффициент цикла.
46. Принципиальная схема и цикл парокompрессионной теплонасосной установки (ТНУ), изображение цикла в  $T,s$  – диаграмме. Удельная работа, теплопроизводительность (тепловая мощность), потребляемая мощность, отопительный коэффициент и эксергетический КПД цикла.

## II Специальная часть экзамена

### Тепломассообмен

1. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Закон Фурье. Условия однозначности.
2. Стационарная теплопроводность одно- и многослойной плоской стенки.
3. Стационарная теплопроводность одно- и многослойной цилиндрической стенки.
4. Условие рационального выбора материала тепловой изоляции для цилиндрической стенки.
5. Теплопередача через ребренную стенку.
6. Стационарная теплопроводность плоской стенки при наличии внутренних источников теплоты.
7. Стационарная теплопроводность цилиндра при наличии внутренних источников теплоты.
8. Система уравнений конвективного теплообмена.
9. Приближение пограничного слоя.
10. Осреднение уравнений конвективного теплообмена для турбулентного пограничного слоя.
11. Подобие физических процессов. Критерии подобия.
12. Метод анализа размерностей. Значение теории подобия для обработки результатов экспериментов.
13. Аналогия Рейнольдса и ее современная модификация.
14. Продольное обтекание пластины, ламинарный пограничный слой.
15. Продольное обтекание пластины, турбулентный пограничный слой.
16. Особенности гидродинамики и теплообмена при обтекании тел конечных размеров.
17. Конвективный теплообмен при ламинарном течении в трубах.
18. Конвективный теплообмен при турбулентном течении в трубах.
19. Свободная конвекция около вертикальной пластины при ламинарном течении.
20. Законы излучения черного тела. Особенности реальных поверхностей.
22. Решение Нуссельта для пленочной конденсации на вертикальной стенке и его последующие уточнения.
23. Пленочная конденсация на вертикальной стенке при турбулентном течении конденсированной пленки.
24. Пленочная конденсация на горизонтальной трубе.
25. Механизм и теплообмен при капельной конденсации.
26. Классификация процессов кипения. Режимы кипения в большом объеме. Кривая кипения.
27. Теплоотдача при пузырьковом режиме кипения в большом объеме.
28. Кризисы кипения. Различные подходы к определению критического теплового потока.
29. Теплоотдача при пленочном режиме кипения в большом объеме.
30. Особенности кипения при движении жидкости в трубах. Смена режимов течения.
31. Модели теплообмена при пузырьковом течении кипящей жидкости в каналах.
32. Совместные процессы тепло- и массообмена. Диффузия, закон Фика.
33. Система дифференциальных уравнений для тепло- и массообмена.

## Литература

### а) основная литература:

1. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика, 5-е изд. М.: Издательский дом МЭИ, 2008, 496 с.
2. Аметистов Е.В. Основы теории теплообмена. М.: Издательство МЭИ, 2000, 247 с.
3. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. М.: Энергия, 1981, 416 с.
4. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: Учебное пособие для вузов. – М.: Издательство МЭИ, 2008. – 550 с., ил.
5. Теория тепломассообмена: Учебник для технических университетов и вузов/ Ред. Леонтьев А.И. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1997. 683 с.

### б) дополнительная литература:

1. Александров А.А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок. Учебное пособие. М.: Издательство МЭИ, 2004, 158 с.
2. Сборник задач по технической термодинамике/ Андрианова Т.Н., Дзампов Б.В., Зубарев В.Н., Ремизов С.А., Филатов Н.Я., 5-е изд. М.: Издательский дом МЭИ, 2006, 356 с.
3. Краснощеков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче: Учебное пособие для теплоэнергетических специальностей вузов. М.: Энергия, 1980, 288 с.
4. Галин Н.М., Кириллов П.Л. Тепломассообмен, М.: Энергоатомиздат, 1987, 37с.

Согласовано:

Зав. кафедрой НТ \_\_\_\_\_ Ю.Ю. Пузина

Зав. кафедрой ИТФ \_\_\_\_\_ Д.Н. Герасимов

Зав. кафедрой АЭС \_\_\_\_\_ М.С. Хвостова

Зав. кафедрой ОФиЯС \_\_\_\_\_ А.В. Дедов