

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова»  
Физико-технический институт  
Кафедра «Теплофизика и теплоэнергетика»

Принято  
Ученым советом ФТИ  
Протокол № 184  
от 01.04. 2022 г.



Утверждаю  
Директор ФТИ  
Д.В. Николаев  
01.04. 2022 г.

## ПРОГРАММА

**вступительного экзамена по научной специальности:**

*1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника*

*Физико-математические науки, технические науки*

**Уровень высшего образования:** подготовка кадров высшей квалификации

**Тип образовательной программы:** программа подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

**Группа специальности:** 1.3. Физические науки

**Форма обучения:** очная

Якутск, 2022

**ПРОГРАММА**  
**вступительного экзамена по научной специальности**  
*1.3.14.Теплофизика и теоретическая теплотехника*

**Пояснительная записка**

Программа вступительного экзамена в аспирантуру по специальности *1.3.14.Теплофизика и теоретическая теплотехника* предназначена для лиц, желающих пройти обучение в Федеральном государственном автономном учреждении высшего образования "Северо-Восточный федеральный университет".

В программу входят порядок проведения вступительного испытания, критерии оценивания, список вопросов программы, учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы.

**Порядок проведения вступительных испытаний**

Вступительное испытание проводится в форме экзамена на основе билетов. Каждый экзаменационный билет содержит по 2 вопроса. Экзамен проходит в устной форме. Подготовка к ответу составляет 1 академический час (60 минут) без перерыва с момента раздачи билетов. Задания оцениваются от 0 до 10 баллов в зависимости от полноты и правильности ответов.

В случае проведения экзамена в дистанционном формате вступительное испытание проводится в режиме видеоконференцсвязи.

**Критерии оценивания**

Оценка поступающему за экзамен выставляется в соответствии со следующими критериями:

**Отлично (9-10 баллов).** Поступающий в аспирантуру уверенно владеет материалом, приводит точные формулировки законов, определений и других утверждений, сопровождает их строгими и полными доказательствами, понимает и объясняет физические процессы в технических устройствах и природе, уверенно отвечает на дополнительные вопросы программы вступительного испытания.

**Хорошо (6-8 баллов).** Поступающий в аспирантуру владеет материалом, приводит точные формулировки законов, определений и других утверждений, сопровождает их доказательствами, в которых допускает отдельные неточности. Отвечает на большинство дополнительных вопросов по программе вступительного испытания.

**Удовлетворительно (4-5 баллов).** Поступающий в аспирантуру знаком с основным материалом программы, приводит формулировки законов, определений и других утверждений, но допускает некоторые неточности, сопровождает их доказательствами, в которых допускает погрешности либо описывает основную схему доказательств без объяснений. Отвечает на дополнительные вопросы по программе вступительного испытания, допуская отдельные неточности.

**Неудовлетворительно (менее 4 баллов).** Поступающий в аспирантуру не владеет основным материалом программы, не знаком с основными законами, не способен приводить формулировки законов, определений и других утверждений, не понимает физику процессов в технике и природе, не знает схемы доказательств. Не отвечает на большинство дополнительных вопросов по программе вступительного испытания.



## Вопросы программы вступительного экзамена в аспирантуру по специальности

### 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника

1. Законы термодинамики. Энтропия. Статистическое обоснование закона возрастания энтропии. Термодинамические функции. Термодинамические величины. Связь между ними. Термодинамические функции. Термодинамические неравенства.
2. Теплоемкость. Классическая теория теплоемкости идеального газа. Соотношение Майера. Теплоемкость кристаллов. Модели Эйнштейна и Дебая.
3. Политропные процессы и их анализ. Основные термодинамические изопроцессы, как частные случаи политропного процесса.
4. Прямые и обратные циклы. Термический к.п.д., холодильный коэффициент, коэффициент трансформации теплоты. Цикл Карно и его термический к.п.д.
5. Реальные газы. Виральные коэффициенты. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Закон соответственных состояний. Изотермы Ван-дер-Ваальса. Сжимаемость. Эффект Джоуля-Томсона.
6. Фазовая диаграмма. Условия равновесия фаз. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Критическое состояние вещества. Физические свойства вещества около критической точки.
7. Уравнение первого закона термодинамики для потока. Адиабатные течения. Сопло и диффузор. Скорость истечения газа и расход газа при истечении из суживающегося сопла. Скорость звука. Сопло Лавала.
8. Явления переноса в газах. Вязкость. Теплопроводность. Диффузия. Термодиффузия. Пристеночные явления в умеренно разреженном газе.
9. Уравнение непрерывности. Модель идеальной жидкости. Уравнение Эйлера. Уравнение Бернулли.
10. Уравнение Навье-Стокса. Ламинарное установившееся течение вязкой жидкости в трубах. Закон Гагена-Пуазейля. Гидравлическое сопротивление трубопровода.
11. Основной закон теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Классический метод разделения переменных.
12. Теплофизические свойства вещества. Методы измерения теплофизических свойств.
13. Теплопередача при стационарном режиме через плоскую стенку при граничных условиях 1 и 3 рода. Термическое сопротивление, коэффициент теплопередачи для многослойной стенки.
14. Теплопередача при стационарном режиме через цилиндрическую стенку при граничных условиях 1 и 3 рода. Линейная плотность теплового потока. Критический диаметр цилиндрической стенки. Условие эффективной работы тепловой изоляции трубы.

15. Интенсификация теплопередачи. Теплопроводность в ребре постоянного поперечного сечения.
16. Краевая задача конвективного теплообмена в однородной среде. Условия однозначности.
17. Гидродинамический и тепловой пограничный слой. Уравнения конвективного теплообмена в приближении пограничного слоя. Решение Блазиуса и Польгаузена.
18. Турбулентное движение и турбулентный теплообмен.
19. Краевая задача конвективного теплообмена в безразмерных переменных. Числа подобия. Физический смысл чисел подобия. Моделирование.
20. Механизм теплообмена при конденсации чистого пара. Теплообмен при пленочной конденсации.
21. Механизм теплообмена при пузырьковом кипении жидкости. Кризисы кипения.
22. Основные законы теплового излучения.
23. Теплообмен излучением между плоскопараллельными поверхностями. Роль экранов.
24. Теплообмен излучением между телом и его оболочкой.
25. Теплообмен между телами, произвольно расположенными в пространстве. Угловые коэффициенты излучения.
26. Уравнение переноса излучения в поглощающей, излучающей, рассеивающей среде.
27. Теплообменные аппараты. Тепловой и гидравлический расчет теплообменных аппаратов.

**Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы  
вступительного экзамена в аспирантуру по специальности**

***1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника***

**Обязательная литература:**

1. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: Энергия, 1980.
2. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен. – М.: Изд-во МЭИ, 2011.
3. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика. – М.: ВШ, 2003.
4. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. – М.: Изд-во МЭИ, 2013.
5. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Гидравлика. – М.: Высшая школа, 2008.
6. Зарянкин А.Е. Механика несжимаемых и сжимаемых жидкостей: учебник для вузов. М.: Издат дом МЭИ, 2019



**Дополнительная литература:**

1. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967.
2. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1987.
3. Румер Ю.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. Новосибирск: Изд-во НГУ, 2000.
4. Теплоэнергетика и теплотехника: Справочник /Под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. М.: Изд-во МЭИ, 2001. Кн.2: Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент.

**Интернет-ресурсы:** (указываете по усмотрению)

1. <https://urait.ru/>
2. <http://www.iprbookshop.ru/>
3. <http://www.studentlibrary.ru/book>
4. <http://web.mit.edu/16.unified/www/FALL/thermodynamics/notes/node28.html>

Составитель (-и) программы: Саввинова Н.А., д.ф.-м.н., доцент, профессор кафедры «Теплофизика и теплоэнергетика» ФТИ СВФУ эл почта: [nasavv@mail.ru](mailto:nasavv@mail.ru)

Программа рекомендована на заседании кафедры «Теплофизика и теплоэнергетика» от 29.03.2022 г. протокол № 136