

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой ТОТ
Хайрутдинов В.Ф.


«03» 02 2026 г.

Программа вступительных испытаний в магистратуру

Направление 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
Программа подготовки «Научноёмкие технологии и цифровые методы в
теплоэнергетике»

Институт химического и нефтяного машиностроения

Кафедра-разработчик программы:
Теоретических основ теплотехники

Казань, 2026

1. Вопросы программы вступительного экзамена в магистратуру по направлению 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», Программа подготовки «Наукоёмкие технологии и цифровые методы в теплоэнергетике».

«Техническая термодинамика»

1. Термодинамическая система. Термодинамические параметры состояния. Рабочее тело. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа. Универсальная газовая постоянная.
2. Смеси идеальных газов. Условная молекулярная масса смеси. Объемные и массовые доли. Закон Дальтона.
3. Первый закон термодинамики. Теплота и работа.
4. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Понятие о внутренней энергии.
5. Аналитическое выражение первого закона термодинамики для потока (для проточной системы).
6. Энтальпия и располагаемая работа.
7. Теплоемкость газов. Температурная зависимость теплоемкостей. Расчет средних теплоемкостей.
8. Теплоемкость газов. Удельные теплоемкости. Расчет количества тепла.
9. Изохорный процесс с идеальным газом. Изобарный процесс с идеальным газом.
10. Изотермический процесс с идеальным газом. Адиабатный процесс с идеальным газом.
11. Политропный процесс с идеальным газом. Работа расширения в политропном процессе. Теплоемкость политропного процесса.
12. Второй закон термодинамики (формулировки). Обратимые и необратимые процессы. Прямой обратимый цикл Карно. Значение цикла Карно и его к.п.д.
13. Понятие об энтропии. Интеграл Клаузиуса. Изменение энтропии в обратимых процессах.
14. Изменение энтропии в необратимых процессах. Аналитическое выражение второго закона термодинамики.
15. Физический смысл энтропии. Статистическое толкование второго закона термодинамики.
16. Эксергия. Эксергия потока массы. Эксергия теплового потока. Эксергия холода.
17. Эксергетический баланс и эксергетический к.п.д. Достоинства эксергетического метода.
18. Опыт Эндрюса. Уравнение состояния реального газа.
19. PV и TS диаграммы водяного пара.
20. hS диаграмма водяного пара. Расчет основных термодинамических процессов с помощью hS диаграммы.
21. Основные термодинамические процессы с водяным паром и изображение их в PV, TS и hS диаграммах.
22. Водяной пар. Состояния водяного пара. Степень сухости. Параметры влажного насыщенного пара.
23. Уравнение Клапейрона–Клаузиуса.
24. Циклы паросиловых установок с водяным паром. Изображение цикла Ренкина с насыщенным паром в PV и TS координатах.
25. Изображение цикла Ренкина с перегревом пара в PV и TS координатах.
26. Компрессоры. Процесс повышения давления на примере одноступенчатого поршневого компрессора.
27. Теоретическая индикаторная диаграмма компрессора в PV координатах.
28. Влажный воздух и его основные параметры. hd диаграмма.
29. Форма сопла и диффузора. Сопло Лаваля.

«Тепло- и массообмен»

1. Теплопроводность. Основные понятия и определения. Тепловой поток. Закон Фурье.
2. Понятие о температурном градиенте. Уравнение теплопроводности через плоскую стенку.
3. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
4. Теплопроводность однослойной плоской стенки при стационарном режиме. Теплопроводность многослойной плоской стенки.
5. Теплопроводность однослойной цилиндрической стенки при стационарном режиме. Теплопроводность многослойной цилиндрической стенки.
6. Критический диаметр цилиндрической стенки. Выбор тепловой изоляции для цилиндрической стенки.

7. Закон Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл. Основное уравнение теплопередачи.
8. Нестационарные процессы теплопроводности.
9. Конвективный теплообмен в однородной среде.
10. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена
11. Теория подобия. Теоремы подобия. Числа Рейнольдса, Прандтля, Грасгофа, Нуссельта. Физическая сущность критериев подобия, величины, входящие в них.
12. Вывод критериев подобия и критериальных уравнений теплообмена.
13. Условия подобия физических процессов.
14. Теплообмен при свободной конвекции.
15. Теплоотдача при турбулентном движении.
16. Теплоотдача при свободном движении около горизонтальной трубы.
17. Ламинарное течение жидкости в трубе.
18. Теплоотдача плоской пластины при постоянной температуре поверхности.
19. Учет переменности физических параметров.
20. Теплоотдача при вынужденном турбулентном течении жидкости. Переход ламинарного течения в турбулентное.
21. Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб.
22. Теплоотдача при поперечном омывании одиночной круглой трубы.
23. Теплообмен при конденсации пара.
24. Диффузионный пограничный слой.
25. Теплообмен при кипении однокомпонентных жидкостей. Режимы кипения жидкости. Отрывной диаметр пузыря.
26. Механизм процесса теплообмена при пузырьковом кипении жидкости. Зависимость теплового потока от температурного напора.
27. Система уравнений пограничного слоя.
28. Теплообмен излучением. Основные законы теплового излучения. Закон Планка. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа.
29. Лучистый теплообмен между телами.
30. Расчет рекуперативных теплообменных аппаратов.
31. Понятие о пограничном слое. Гидродинамическая и тепловая стабилизация при движении жидкости в трубах.
32. Расчет коэффициентов теплоотдачи при вынужденном ламинарном и ламинарном вязкостно-гравитационном течении различных жидкостей в горизонтальных трубах.
33. Средний логарифмический температурный напор между теплоносителями.
34. Сравнение прямоточной и противоточной схем движения теплоносителей в рекуперативных теплообменниках.
35. Основы теплового расчета теплообменных аппаратов. Уравнение теплопередачи. Уравнение теплового баланса.
36. Расчет теплоотдачи при турбулентном течении жидкостей в трубах. Эквивалентный диаметр.
37. Интенсификация процессов теплопередачи в теплообменных аппаратах.
38. Основные виды процессов переноса тепла: теплопроводность, конвекция, излучение. Физическая сущность этих процессов.
39. Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи, его физический смысл. Теплопередача через ребристую плоскую стенку.
40. Теплопередача через однослойную и многослойную плоскую стенку.
41. Определение коэффициента теплопередачи и температур поверхностей стенки. Термическое сопротивление теплоотдачи и теплопередачи.
42. Теплопередача через однослойную и многослойную цилиндрическую стенку.

«Сверхкритические флюидные технологии»

1. Критическая точка и сверхкритическое состояние.
2. Свойства сверхкритических флюидов.
3. Сверхкритическая экстракция, области применения.
4. Отличие сверхкритической экстракции от традиционной.
5. Преимущества CO₂ как сверхкритического флюида.

6. РТ диаграмма вещества
7. Понятие фаз и фазовых превращений
8. Опыт Эндрюса
9. Термодинамические циклы компрессорных и насосных машин
10. Основные методы измерения тепло- и температуропроводности газов в окрестностях критической точки
11. Методы измерения растворимости веществ в сверхкритических флюидах.
12. Области технологического использования СКФ и СКФ сред
13. Преимущества сверхкритического CO₂ как вытесняющего агента
14. Критические индексы
15. Статический метод исследования растворимости.
16. Динамический метод исследования растворимости.
17. Расчетная формула для определения растворимости компонента.
18. Методы анализа состава насыщенных растворов.
19. Современные технологии переработки растительного сырья.
20. Методы увеличения нефтеотдачи пластов. Первичные, вторичные третичные.
21. Понятие эффективности методов увеличения нефтеотдачи.
22. Принципиальная схема транспорта нефти с месторождения потребителю.

2. Учебно-методическое и информационное обеспечение программы вступительного экзамена в магистратуру по направлению 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», Программа подготовки «Наукоёмкие технологии и цифровые методы в теплоэнергетике».

а) основная литература:

1. Амирханов Д.Г., Гумеров Ф.М. Термодинамические основы сверхкритических флюидных технологий. Изд. КНИТУ, Казань, 2009, 359 С.
2. Газизов Р.А., Амирханов Д.Г., Гумеров Ф.М. и др. Практикум по основам СКФ-технологий. Изд. КНИТУ, Казань, 2019, 392 С.
3. Павлова И.Б. Методы термодинамического анализа эффективности теплоэнергетических установок. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011 г. 112 с.
4. Кузнецова И.В. Критические явления и сверхкритические флюидные технологии. Под редакцией проф. Гумерова Ф.М. Казань. Инновационно-издательский дом «Бутлеровское наследие». 2016, 116 С.

б) дополнительная литература:

1. Гумеров Ф.М., Сагдеев А.А., Амирханов Д.Г. Растворимость веществ в сверхкритических флюидных средах. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co.KG. Dudweiler Landstr. 99, 66123 Saarbrucken, Germany. 2016, 336 С.
2. Галимова А.Т., Сагдеев А.А., Гумеров Ф.М. Сверхкритическая флюидная экстракционная регенерация катализатора оксид алюминия активный. Казань. Изд. «Бриг». 2016. 168 С.
3. Каюмов Р.А., Сагдеев А.А., Гумеров Ф.М. Утилизация молибденсодержащего отхода с использованием сверхкритических флюидных сред. Казань. Изд. «Бриг». 2016. 144 С.
4. Габитов Ф.Р., Гумеров Ф.М. Высокое давление: оборудование для современных технологий. М. Изд. «Университетская книга». 2016. 340 С.
5. Чернышев А.К., Чернышев К.А. Диоксид углерода. Свойства, улавливание (получение), применение. М. Изд. «Галлея-принт». 2013, 903 С.
6. Амирханов Д.Г., Гумеров Ф.М., Сагдеев А.А., Галимов А.Т. Растворимость веществ в сверхкритических флюидных средах. Казань. Изд. «Отечество». 2014. 264 С.
7. Гумеров Ф.М., Сагдеев А.А., Биалов Т.Р. и др. Катализаторы: регенерация с использованием сверхкритического флюидного CO₂-экстракционного процесса. Казань. Изд. «Бриг». 2015. 264 С.
8. Гумеров Ф.М., Усманов Р.А., Мазанов С.В. и др. Биодизельное топливо. Переэтерификация в сверхкритических флюидных условиях. Казань. Инновационно-издательский дом «Бутлеровское наследие». 2017, 360 С.

9. Мазанов С.В., Усманов Р.А., Гумеров Ф.М. Гетеро-генный катализ при получении биодизельного топлива. Переэтерификация растительных масел в спиртовой среде в СБКФ и СКФ условиях. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG. Dudweiler Landstr. 99, 66123 Saarbrücken, Germany. 2017, 189 С.
10. Габитова А.Р., Гильмутдинов И.И., Кузнецова И.В. Методы оптимизации в теплоэнергетике: учебно-методическое пособие. Минобрнауки России, Казан.нац.исслед.технол.ун-т. – Казань: Изд-во “Ихлас”, 2022. – 108 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. ЭБС «РУКОНТ» – Режим доступа: <http://rucont.ru>
2. ЭБС «IPRbooks» – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>
3. ЭБС «Лань» – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/books/>
4. ЭБС «КнигаФонд» – Режим доступа: <http://www.knigafund.ru>
5. ЭЧЗ «БиблиоТех» – Режим доступа: <https://kstu.bibliotech.ru>
6. ЭБС «Консультант студента»- Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru>
7. ЭБС «Znaniium.com» - Режим доступа: <http://znaniium.com/>
8. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ – Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru>
9. Научная электронная библиотека. Доступ свободный: www.elibrary.ru
10. Доступ к научным публикациям. <https://www.sciencedirect.com>