

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)



УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

А.И. Колосов

2026 г.

Система менеджмента качества

**ПРОГРАММА**  
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПРИ ПРИЕМЕ  
НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММАМ МАГИСТРАТУРЫ

**Тепломассообменные процессы и установки**

Направление подготовки: **13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, Программа:**

– *Промышленная теплоэнергетика*

Форма обучения: **очная, заочная**

Воронеж 2026

	ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ
	ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПРИ ПРИЕМЕ НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММЕ МАГИСТРАТУРЫ «ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА» НАПРАВЛЕНИЕ 13.04.01 «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА»

Программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» по дисциплинам, являющимся базовыми для обучения в магистратуре по направлению 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

## **I. Перечень элементов содержания, проверяемых на вступительном испытании**

### **Часть 1. Тепломассообменное оборудование предприятий**

#### Раздел 1. Рекуперативные и регенеративные теплообменные аппараты [1]

1. Характеристика основных теплоносителей, используемых в промышленности.
2. Основные конструкции рекуперативных теплообменных аппаратов.
3. Основные расчеты при проектировании ТОА. Оптимизация
4. Компоновка трубного пучка в рекуперативных ТОА. Коридорный и шахматный пучки. Расчет теплообмена на поверхности пучка.
5. Перегородки в межтрубном пространстве рекуперативных ТОА. Конструкции. Варианты установки.
6. Оребрение. Конструкции оребренных труб. Методы расчета теплообмена при оребрении
7. Теплообмен при кипении теплоносителя. Два кризиса кипения
8. Теплообмен при конденсации теплоносителя. Пленочная и капельная конденсация
9. Сложный теплообмен в рекуперативных ТОА
10. Тепловой проверочный расчет рекуперативных ТОА непрерывного действия
11. Компоновочный расчет рекуперативных ТОА непрерывного действия
12. Тепловой расчет рекуперативного ТОА периодического действия при изменении агрегатного состояния одного из теплоносителей
13. Тепловой расчет рекуперативного ТОА периодического действия при постоянном агрегатном состоянии теплоносителей
14. Регенеративные ТОА. Основные конструкции
15. Теплообмен в регенеративных ТОА
16. ТОА с «псевдооживленным» слоем. Характеристики слоя. Гидродинамика образования «кипящего» слоя.

	ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ
	ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПРИ ПРИЕМЕ НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММЕ МАГИСТРАТУРЫ «ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА» НАПРАВЛЕНИЕ 13.04.01 «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА»

## Раздел 2. Выпарные установки [2]

17. Выпаривание растворов. Основные процессы. Методы и способы выпаривания
18. Физико-химическая температурная депрессия. Причины возникновения. Методы расчета
19. Гидростатическая и гидродинамическая температурные депрессии.
20. Располагаемая и полезная разности температур.
21. Устройство и принцип работы выпарных аппаратов с естественной циркуляцией раствора
22. Устройство и принцип работы выпарных аппаратов с принудительной циркуляцией раствора
23. Устройство и принцип работы пленочных выпарных аппаратов
24. Многоступенчатое выпаривание. МВУ. Греющие теплоносители. Подогрев раствора.
25. Классификации МВУ.
26. Исходные данные и цели теплового расчета МВУ.
27. Распределение полезной разности температур по ступеням МВУ
28. Контактные выпарные аппараты. Конструкция ВА с аппаратами погружного горения
29. Кристаллизация в выпарных аппаратах. Механизм кристаллизации. Способы кристаллизации
30. Кристаллизаторы. Конструкция вакуум-кристаллизационного аппарата.
31. Установки адиабатного испарения. Принцип работы и конструкции

## Раздел 3. Ректификационные и дистилляционные аппараты [3]

32. Перегонка как способ разделения смесей. Бинарные смеси. Смеси с взаимно нерастворимыми и частично растворимыми компонентами.
33. Бинарные смеси с взаимно растворимыми компонентами. Виды смесей. Закон Рауля
34. Диаграммы состояния взаимнорастворимых идеальных смесей
35. Диаграммы состояния взаимнорастворимых реальных смесей. Законы Коновалова
36. Дистилляция. Одноступенчатая дистилляционная установка
37. Многоступенчатая дистилляционная установка. Дефлегмация
38. Ректификация. Конструкция и принцип ректификационной установки периодического действия. Изображение процессов на диаграмме
39. Ректификационная установка непрерывного действия. Конструкция. РУ для разделения многокомпонентных смесей
40. Цели расчета ректификационных установок. Метод теоретических тарелок. Уравнения рабочих линий
41. Метод «кинетической кривой» для расчета ректификационных установок

	ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ
	ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПРИ ПРИЕМЕ НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММЕ МАГИСТРАТУРЫ «ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА» НАПРАВЛЕНИЕ 13.04.01 «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА»

42. Влияние флегмового числа на работу ректификационной установки. Определение минимального флегмового числа
43. Определение оптимального флегмового числа методом Плановского и РТМ.
44. Экстрактивная ректификация. Азеотропная ректификация.

#### Раздел 4. Сушильные установки [4]

45. Основные способы обезвоживания материалов. Естественная и искусственная сушка. Сушильный агент
46. Свойства влажных материалов. Виды связи влаги с материалом.
47. Динамика сушки. Основные движущие силы, перемещающие влагу внутри высушиваемого материала
48. Кинетика сушки. Первый и второй периоды сушки
49. Определение продолжительности первого и второго этапов сушки
50. Влияние способа подвода теплоты на перемещение влаги внутри высушиваемого материала
51. Теоретическая сушильная установка. Изображение процесса в теоретической СУ на диаграмме
52. Действительная сушильная установка. Изображение процесса в действительной СУ на диаграмме
53. Рециркуляция сушильного агента. Сушка с промежуточным подогревом сушильного агента
54. Контактные сушильные установки
55. Терморрадиационные сушильные установки
56. Сушка токами высокой частоты
57. Сублимационная сушка

#### Раздел 5. Холодильные установки [5]

58. Основные способы получения низких температур
59. Хладоагенты парокompрессионных холодильных установок. Хладоносители
60. Идеальная парокompрессионная холодильная установка. Холодильный коэффициент. Изображение цикла на диаграмме
61. Действительная одноступенчатая парокompрессионная холодильная установка. Изображение цикла на диаграмме
62. Двухступенчатая парокompрессионная холодильная установка. Изображение цикла на диаграмме
63. Каскадная парокompрессионная холодильная установка. Изображение цикла на диаграмме
64. Идеальная газовая холодильная установка. Изображение цикла на диаграмме
65. Идеальная газовая холодильная установка с регенерацией тепла. Изображение цикла на диаграмме

	ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ
	ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПРИ ПРИЕМЕ НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММЕ МАГИСТРАТУРЫ «ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА» НАПРАВЛЕНИЕ 13.04.01 «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА»

66. Действительная газовая холодильная установка. Изображение цикла на диаграмме
67. Идеальная абсорбционная холодильная установка
68. Действительная абсорбционная холодильная установка
69. Пароэжекторная холодильная установка. Изображение идеального и реального циклов на диаграмме
70. Термоэлектрические холодильные установки

#### Раздел 6. Смесительные теплообменные аппараты [6]

71. Влажный воздух. Количественные и качественные характеристики влажного воздуха
72. h-d диаграмма влажного воздуха. Изображение основных процессов на диаграмме: нагрев, охлаждение, адиабатное испарение, смешение двух потоков

### **Часть 2. Технологические энергоносители предприятий**

#### Раздел 1. Газоснабжение [9]

1. Горючие газы. Низшая и высшая теплота сгорания топлива. Условное топливо
2. Состав газового топлива. Природные газы.
3. Искусственные газы. Сжиженные газы.
4. Газовые месторождения. Строение. Условие возникновения месторождений.
5. Разновидности газовых месторождений по геологическим условиям
6. Разведка газовых и нефтяных месторождений. Виды и способы разведки
7. Добыча нефти и газа. Бурение скважин. Устройство буровых установок
8. Устройство газовой скважины. Фонтанная арматура. Эксплуатация газовых скважин
9. Газы из газоконденсатных месторождений. Обратная конденсация. Особенности эксплуатации
10. Сбор добываемых нефти и газа на месторождении. Одно и двухтрубные системы
11. Обработка газа перед его подачей в газотранспортную систему. Централизованная и децентрализованная схемы обработки.
12. Очистка от механических примесей и осушка перед подачей в газотранспортную систему
13. Очистка газа от соединений серы и углекислого газа перед подачей в газопровод
14. Одорация газа
15. Технологическая схема магистрального газопровода
16. Подземные хранилища газа

	ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ
	ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПРИ ПРИЕМЕ НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММЕ МАГИСТРАТУРЫ «ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА» НАПРАВЛЕНИЕ 13.04.01 «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА»

17. Городские газовые сети. Классификация газопроводов.
18. Устройство подземных, наземных и надземных газопроводов. Пересечения газопроводов с различными препятствиями
19. Стальные и полимерные трубы для газопроводов. Их монтаж и укладка
20. Арматура газовых сетей
21. Причины коррозии газовых сетей
22. Защита газопровода от коррозии и блуждающих токов. Пассивная и активная защита
23. Гидравлический расчет газопроводов. Определение диаметров и падений давлений на участках
24. Газорегуляторные пункты и установки. Их устройство, расположение в схеме системы газоснабжения
25. Промышленные газораспределительные системы

## Раздел 2. Водоснабжение [8]

26. Основные категории водопотребления. Требования к качеству воды по категориям
27. Система водоснабжения. Состав сооружений системы. Классификация систем
28. Источники водоснабжения. Требования к источникам. Характеристика различных источников
29. Водоприемные сооружения для забора воды из подземных источников
30. Водоприемные сооружения для забора воды из наземных источников
31. Типы насосных станций по месту в системе водоснабжения. Классификация насосных станций. Резервирование оборудования насосных станций
32. Основные характеристики качества природной воды
33. Основные задачи, возлагаемые на водоподготовительные сооружения
34. Коагуляция коллоидных растворов. Коагулянты. Флокулянты
35. Состав комплекса для коагулирования воды. Смесители
36. Камеры хлопьеобразования в составе комплекса для коагулирования воды
37. Отстаивание воды. Горизонтальные отстойники
38. Вертикальные и радиальные отстойники. Гидроциклоны
39. Фильтрация воды. Медленные и скорые фильтры
40. Принцип работы контактных осветлителей
41. Умягчение воды. Основные способы умягчения. Состав комплекса для реагентного умягчения воды
42. Умягчение воды методом ионного обмена.
43. Основные способы обессоливания воды. Принцип работы электродиализной установки
44. Опреснение воды. Основные способы промышленного опреснения воды
45. Основные способы обеззараживания воды. Хлорирование

	ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ
	ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПРИ ПРИЕМЕ НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММЕ МАГИСТРАТУРЫ «ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА» НАПРАВЛЕНИЕ 13.04.01 «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА»

46. Обеззараживание воды озонированием и бактерицидным облучением
47. Устройство водопроводной сети. Магистральные трубопроводы и абонентские ответвления. Схемы водопроводных сетей
48. Зонирование системы водоснабжения
49. Гидравлический расчет водопроводных сетей. Экономический диаметр. Предельный экономический расход
50. Нормы водопотребления для различных категорий водопотребления

### Раздел 3. Воздухоснабжение [7]

51. Классификация компрессорных машин. Поршневые компрессоры
52. Роторные компрессоры
53. Центробежные и осевые компрессоры
54. Привод компрессоров
55. Вспомогательное оборудование компрессорных станций. Состав и назначение
56. Требования, предъявляемые потребителями к качеству сжатого воздуха. Российский и международный стандарты чистоты воздуха
57. Основные источники и компоненты загрязнения сжатого воздуха
58. Забор воздуха компрессорами. Основные принципы очистки всасываемого воздуха
59. Конструкции устройств для очистки всасываемого воздуха
60. Промежуточное и конечное охлаждение воздуха на компрессорных станциях. Влажное сжатие воздуха
61. Очистка сжатого воздуха от капельных жидкостей. Масловодоотделители
62. Воздухосборники (ресиверы)
63. Основные способы осушки сжатого воздуха.
64. Конструкции и схемы адсорбционных осушителей сжатого воздуха
65. Термический способ осушки сжатого воздуха. Мембранные осушители
66. Нагрузки на компрессорную станцию. Метод укрупненных показателей
67. Расчетный метод определения нагрузок на компрессорную станцию
68. Расчет производительности компрессорной станции
69. Выбор типа устанавливаемых компрессоров на станции
70. Компоновка компрессорной станции. Состав сооружений станции. Виды компоновок
71. Трубопроводы и арматура компрессорной станции. Система продувки
72. Общие сведения о системе водоснабжения компрессорной станции. Определение потребности станции в охлаждающей воде
73. Регулирование производительности компрессорной станции. Виды регулирования. Регулирование воздействием на привод, коммуникации и на конструкцию компрессора

	ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ
	ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПРИ ПРИЕМЕ НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММЕ МАГИСТРАТУРЫ «ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА» НАПРАВЛЕНИЕ 13.04.01 «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА»

74. Внутрицеховые газопроводы компрессорной станции. Устройство, расположение, материалы

75. Межцеховые сети сжатого воздуха. Устройство, виды прокладки, монтаж

## II. Требования к уровню подготовки поступающего

Поступающий должен:

*знать:*

- основные типы, конструкции и технологические схемы тепломассообменного оборудования
- методы выбора, расчета и оптимизации тепломассообменного оборудования;
- основные типы, конструкции и технологические схемы систем производства и распределения энергоносителей
- определять и корректировать потребности предприятия в энергоносителях для технологических и энергетических потребителей
- выбирать рациональные виды энергетических станций для централизованной трансформации и генерации энергоносителей, состав их оборудования и режим работы.

*уметь:*

- проводить инженерные расчеты энергетического оборудования;
- разбираться в процессах, протекающих в изученном оборудовании;
- разбираться в нормативной документации.

*владеть:*

- навыками работы с нормативной и справочной документацией;
- навыками расчета и оптимизации тепломассообменного оборудования;
- навыками определения материальных, энергетических и людских затрат в системах энергоснабжения предприятия и выработке путей сокращения этих затрат.

## III. Критерии оценивания работ поступающих

Вступительное испытание в магистратуру проходит в виде письменного тестирования. Результаты тестирования оцениваются по 100-балльной шкале.

Каждый билет содержит 15 тестовых вопросов. Вопросы делятся по категориям сложности: 10 вопросов категории А (оцениваются по 5 баллов каждый) и 5 вопросов категории В (оцениваются по 10 баллов каждый). Суммарная оценка не превышает 100 баллов.

Продолжительность вступительного испытания – 2 академических часа (90 минут).

	ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ
	ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПРИ ПРИЕМЕ НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММЕ МАГИСТРАТУРЫ «ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА» НАПРАВЛЕНИЕ 13.04.01 «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА»

#### IV. Примеры тестовых заданий

##### Задания категории А

##### Пример 1

*Вопрос:* Какой из перечисленных промышленных теплоносителей обладает возможностью транспортировки на самые дальние расстояния

*Тип вопроса:* единственный правильный ответ

*Варианты ответа:*

1. Водяной пар
2. Горячая вода
3. Дымовые газы
4. Высокотемпературные теплоносители
5. Низкотемпературные теплоносители

*Правильный ответ:* 2

##### Пример 2

*Вопрос:* Наиболее распространенным вариантом привода компрессоров является:

*Тип вопроса:* единственный правильный ответ

*Варианты ответа:*

1. Электродвигатель
2. Двигатель внутреннего сгорания
3. Паровая или газовая турбина

*Правильный ответ:* 1

##### Задания категории В

##### Пример 3

*Вопрос:* Поршневые компрессоры обладают следующими недостатками

*Тип вопроса:* несколько правильных ответов

*Варианты ответов:*

1. Неравномерность подачи воздуха в сеть
2. Неуравновешенность движущихся масс
3. Большие габариты машин и фундаментов
4. Значительное загрязнение нагнетаемого воздуха водой и компрессорным маслом
5. Ограничение по максимальному давлению нагнетаемого воздуха

*Правильные ответы:* 1, 2, 3

	ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ
	ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПРИ ПРИЕМЕ НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММЕ МАГИСТРАТУРЫ «ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА» НАПРАВЛЕНИЕ 13.04.01 «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА»

#### Пример 4

*Вопрос:* Указать очередность видов расчетов при проектировании рекуперативных теплообменных аппаратов

*Тип вопроса:* расстановка вариантов ответов в определенном порядке

*Варианты ответов:*

1. Механический (прочностной) расчет
2. Компоновочный расчет
3. Тепловой конструктивный расчет
4. Гидравлический расчет

*Правильный ответ:* 3, 2, 4, 1

#### V. Рекомендуемая литература

1. Портнов В.В. Рекуперативные и регенеративные теплообменные аппараты. Учебное пособие. Воронеж. Изд-во ВГТУ. 2008 г. 118 с.
2. Портнов В.В. Выпаривание. Учебное пособие. Воронеж. Изд-во ВГТУ. 2011 г. 103 с.
3. Портнов В.В. Ректификационные и дистилляционные установки. Учебное пособие. Воронеж. Изд-во ВГТУ. 2009 г. 82 с.
4. Портнов В.В. Сушильные установки. Учебное пособие. Воронеж. Изд-во ВГТУ. 2013 г. 119 с.
5. Портнов В.В. Холодильные установки. Учебное пособие. Воронеж. Изд-во ВГТУ. 2014 г. 98 с.
6. Портнов В.В. Смесительные теплообменные аппараты. Учебное пособие. Воронеж. Изд-во ВГТУ. 2015 г. 75 с.
7. Портнов В.В. , Орловцева О.А. Воздухоснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие в 2 ч. Воронеж. Изд-во ВГТУ. 2017-2018 г.
8. Портнов В.В. Водоснабжение. Учебное пособие. Воронеж. Изд-во ВГТУ. 2007 г. 236 с.
9. Портнов В.В. Газоснабжение. Учебное пособие. Воронеж. Изд-во ВГТУ. 2017 г. 119 с.