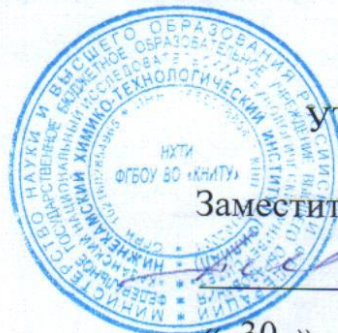


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УР

Н.И. Никифорова

« 30 » мая 2022 г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине

Б1.В.06 «Нагнетатели и тепловые двигатели»

(код и наименование дисциплины (модуля))

13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

(код и наименование направления подготовки)

«Энергообеспечение предприятий»

(наименование профиля/специализации)

бакалавр

квалификация

очная

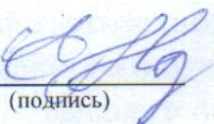
форма обучения

Нижекамск 2022 г.



Составитель ФОС:

Доцент  
(должность)

  
(подпись)

Гаврилов Е.Н.  
(Ф.И.О)

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры ЭТЭОП, протокол от  
21.04.2022 г. № 8

Зав. кафедрой

  
(подпись)

Тумаева Е.В  
(Ф.И.О.)

Эксперт:

Руководитель ООП Тумаева Е.В., зав. кафедрой ЭТЭОП НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»

Ф.И.О., должность, организация, подпись



**Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций  
с указанием этапов формирования в процессе освоения дисциплины**

Компетенции:

**ПК-1** - Способен проводить расчеты объектов теплоэнергетики по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование и схем их размещения на объекте проектирования.

ПК-1.1 - Знает назначение, классификацию систем теплоснабжения и потребителей теплоты и методы расчета расходов теплоты потребителей, гидравлического прочностного расчета элементов тепловых и паровых сетей.

ПК-1.2 - Умеет использовать типовые методики расчета объектов теплоэнергетики и определения схем их размещения на объекте.

ПК-1.3 - Владеет методами проектирования основного и вспомогательного оборудования систем теплоснабжения и объектов теплоэнергетики.

**ПК-4** - Способен организовать работу персонала по эксплуатации электро и теплоэнергетического оборудования.

ПК-4.1 - Знает основные законодательные акты и нормативы по организации работы персонала по эксплуатации электро и теплоэнергетического оборудования.

ПК-4.2 - Умеет организовать работу персонала по эксплуатации электро и теплоэнергетического оборудования.

ПК-4.3 - Владеет методами организации работу персонала по эксплуатации электро и теплоэнергетического оборудования.

<b>Индикаторы достижения компетенции</b>	<b>Этапы формирования в процессе освоения дисциплины</b>		<b>Наименование оценочного средства</b>
	<b>Лекции</b>	<b>Практические занятия</b>	
ПК-1.1	<b>Темы 1...6</b>	<b>Темы 1...6</b>	Коллоквиум, РГР, зачет
ПК-1.2	<b>Темы 1...6</b>	<b>Темы 1...6</b>	Коллоквиум, РГР, зачет
ПК-1.3	<b>Темы 1...6</b>	<b>Темы 1...6</b>	Коллоквиум, РГР, зачет
ПК-4.1	<b>Темы 1...6</b>	<b>Темы 1...6</b>	Коллоквиум, РГР, зачет
ПК-4.2	<b>Темы 1...6</b>	<b>Темы 1...6</b>	Коллоквиум, РГР, зачет
ПК-4.3	<b>Темы 1...6</b>	<b>Темы 1...6</b>	Коллоквиум, РГР, зачет

**Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)**

<b>Оценочные средства</b>	<b>Кол-во</b>	<b>Min, баллов (базовый уро- вень)</b>	<b>Max, баллов (повышенный уро- вень)</b>
<b>РГР</b>	<b>1</b>	<b>18</b>	<b>60</b>
<b>Коллоквиум</b>	<b>6</b>	<b>18</b>	<b>30</b>
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>1</b>	<b>24</b>	<b>40</b>
<b>Итого:</b>	<b>10</b>	<b>60</b>	<b>100</b>

### *Шкала оценивания*

Цифровое выражение	Выражение в баллах:	Словесное выражение	Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля:
			Зачет с оценкой
5	87 - 100	Отлично (зачтено)	Оценка «отлично» выставляется, если содержание курса освоено полностью; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал все предусмотренные программой задания выполнены; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий
4	74 - 86	Хорошо (зачтено)	Оценка «хорошо» выставляется, если содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
3	60 - 73	Удовлетворительно (зачтено)	Оценка «удовлетворительно» выставляется, если содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, большинство предусмотренных программой заданий выполнено, при ответе на поставленный вопрос допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
2	Ниже 60	Неудовлетворительно (не зачтено)	Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если пробелы в значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено

### **Краткая характеристика оценочных средств**

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1.	Практическое занятие	В ходе практических работ студенты овладевают умениями пользоваться работами с нормативными документами и инструктивными материалами, справочниками, составлять техническую документацию; выполнять чертежи, схемы, таблицы, решать разного рода задачи, делать вычисления, определять характеристики различных веществ, объектов, явлений. Цель практических занятий заключается в выработке у студентов навыков применения полученных знаний для решения практических задач в процессе совместной деятельности с преподавателями.	Темы практических занятий; контрольные вопросы и задания по теме практического занятия, вопросы коллоквиума
2.	Коллоквиум	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
5	Расчетно-графическая работа	Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине в целом.	Комплект заданий для выполнения расчетно-графической работы

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

*Факультет: информационных технологий*

*Кафедра: электротехники и энергообеспечения предприятий*

Учебным планом по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» для обучающихся предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине «Нагнетатели и тепловые двигатели» в объеме 36 часов. Обучающимся предлагаются разноуровневые задачи и задания реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей.

Цели практических занятий:

- 1) углубление и закрепление теоретических знаний, полученных студентами на лекции;
- 2) научиться проводить анализ совокупности физических явлений происходящих в нагнетателях и тепловых двигателях; идеализировать реальные явления;
- 3) научиться произвести расчеты процессов газодинамики и гидродинамики в нагнетателях и тепловых двигателях;
- 4) приобрести навыки расчета геометрических параметров насосов и компрессоров различных типов;
- 5) научиться регулировать работу насосов, компрессоров, паровых турбин и газотурбинных установок;
- 6) приобрести навыки теплового и прочностного расчета элементов нагнетателей и ДВС;
- 7) приобрести навыки работы со справочной и научной литературой.

**Задание 1: Насосы и компрессоры. Тепловые двигатели**

- 1) Расчет параметров насосов и компрессоров.
- 2) Подача и напор.
- 3) Расчет основных параметров тепловых двигателей.

**Задание 2: Термодинамические процессы в НнТД**

- 1) Расчет планов скоростей, напоров, подачи насосов.
- 2) Расчет производительности и напора,
- 3) КПД нагнетателей и тепловых двигателей. Регулирование работы НнТД.

**Задание 3: Насосы**

- 1) Расчет основных параметров насосов объемного типа.
- 2) Методы расчета параметров центробежных насосов.

**Задание 4: Конструкции и основы расчета компрессоров**

- 1) Расчет рабочего процесса поршневых компрессоров.
- 2) Расчет параметров роторных и винтовых компрессоров,
- 3) Расчет пластинчатых компрессоров,
- 4) Расчет осевых компрессоров.

### **Задание 5: Вопросы проектирования и методы расчета вентиляторов**

- 1) Расчет радиальных вентиляторов,
- 2) Расчет осевых вентиляторов,
- 3) Расчет осевых вентиляторов,
- 4) Определение параметров вентиляторов в сети.

### **Задание 6: Газотурбинные установки и ДВС**

- 1) Расчет турбинной решетки.
- 2) Мощность ступени и, потеря работоспособности и система КПД,
- 3) Режимы работы турбин.
- 4) Расчет основных параметров ДВС. Основы теплового расчета ДВС.
- 5) Расчет рабочего процесса и характеристик ГТУ.

### **Критерии оценки практических занятий**

После проведения практических занятий по каждой теме (заданию) проводится тестирование каждого обучающегося в виде проведения коллоквиума. Учащемуся задаются несколько вопросов из списка вопросов коллоквиумов. В зависимости от уровня освоенности темы обучающемуся ставится обобщенная оценка за тему практического занятия и коллоквиума по этой теме.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

*Факультет: информационных технологий*

*Кафедра: электротехники и энергообеспечения предприятий*

Направление подготовки: 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»  
Профиль «Энергообеспечение предприятий»

**Вопросы тестов (коллоквиумов)**  
**для проверки промежуточного контроля знаний студентов**  
по дисциплине **«Нагнетатели и тепловые двигатели»**

**Коллоквиум (тест) №1.**

**1. Общие сведения о нагнетателях и тепловых двигателях**

- 1.1. Что называется насосом и компрессорной установкой
- 1.2. Чем отличаются динамические и объемные машины?
- 1.3. Классификация насосов по энергетическим признакам.
- 1.4. Классификация компрессоров по энергетическим признакам.
- 1.5. Деление лопастных насосов по конструктивным признакам.
- 1.6. Что называется напором насоса?
- 1.7. Как определяется давление, развиваемое насосом?
- 1.8. Связь между напором и развиваемым давлением.
- 1.9. Как определяется полезная мощность насоса?
- 1.10. КПД насоса и его составляющие.
- 1.11. Назначение и основные элементы паровых турбин.
- 1.12. Назначение и принцип работы ДВС.
- 1.13. Устройство газотурбинных устройств.

**Коллоквиум (тест) №2**

**2. Насосы**

- 2.1. Нарисуйте схему рабочего колеса центробежного насоса.
- 2.2. Постройте планы скоростей для рабочего колеса центробежного насоса.
- 2.3. Формула Эйлера для напора центробежного насоса.
- 2.4. Формула для теоретического напора при отсутствии подкрутки потока.
- 2.5. Формула, для учета гидравлических сопротивлений в межлопаточных каналах.
- 2.6. Действительный напор насоса. Отношение статического напора к полному.
- 2.7. Назначение и конструктивные особенности подводов центробежных насосов.
- 2.8. Назначение и типы отводов
- 2.9. Формула для напора в безразмерном виде. Что называется безразмерным напором и безразмерной производительностью насоса?
- 2.10. Что называется коэффициентом быстроходности? Формулы для коэффициентов пропорциональности подачи, напора и эффективной мощности насосов.
- 2.11. Причины возникновения осевых усилий. Формула для осевой силы в центробежных насосах.
- 2.12. Рисунок колеса с двухсторонним входом жидкости.

- 2.13. Регулирование производительности насоса дросселированием.
- 2.14. Формулы для полезной и эффективной мощностей насосов. Соотношение для КПД дросселированием.
- 2.15. Суть метода регулирования производительности байпасированием.
- 2.16. Регулирование производительности изменением частоты вращения рабочего колеса.
- 2.17. Формула для эффективной мощности параллельно соединенных насосов
- 2.18. Как строится суммарная характеристика двух последовательно соединенных насосов?
- 2.19. Для чего предназначены центробежные горизонтальные насосы?
- 2.20. Нарисуйте схему вихревого и поясните работу вихревого насоса. Как определяется напор вихревого насоса?
- 2.21. Эффективная (потребляемая) мощность вихревого насоса. КПД вихревого насоса.
- 2.22. Средняя производительность идеального поршневого насоса.
- 2.23. Формула для среднего объема воздуха для насосов простого действия.
- 2.24. Нарисуйте схему шестеренного насоса и объясните принцип работы. Формула для производительности шестеренного насоса.
- 2.25. Какие способы применяются для регулирования производительности объемных насосов?

### Коллоквиум (тест) 3

#### 3. Компрессорные машины

- 3.1. Какими параметрами характеризуются компрессоры? Классификация компрессоров по конечному давлению.
- 3.2. Какие особенности надо учитывать при конструировании компрессоров?
- 3.2. Какие типы поршневых компрессоров распространены и где они применяются?
- 3.4. Где применяются винтовые компрессоры и какие у них особенности работы?
- 3.5. Области применения ротационно-пластинчатых компрессоров.
- 3.6. Какие области применения жидкостно-кольцевых машин и центробежных компрессоров?
- 3.7. Характеристики осевых компрессоров.
- 3.8. Нарисуйте схемы бескрейцкопфных поршневых компрессоров.
- 3.9. Нарисуйте схемы крейцкопфных поршневых компрессоров в одну линию и L – типа .
- 3.10. Нарисуйте схемы крейцкопфных поршневых компрессоров V – и Ш – типов.
- 3.11. Нарисуйте схему работы двухроторного компрессора
- 3.12. Нарисуйте  $pV$  – диаграмму идеального и реального циклов поршневого компрессора и поясните принцип работы.
- 3.13. Что называется коэффициентом подачи компрессора и произведением каких коэффициентов он представляется?
- 3.14. Напишите формулу для потери объема всасывания при обратном расширении.
- 3.15. Нарисуйте примерный график зависимости объемного КПД от относительного мертвого объема  $\alpha$  и степени повышения давления  $\lambda$ .
- 3.16. Нарисуйте схему и  $pV$  – диаграмму двухступенчатого компрессора одностороннего действия.
- 3.17. Назначение маслоуловителей в компрессорах и принцип их действия.
- 3.18. Формула для объемной подачи поршневого компрессора. Формула Дарси-Вейсбаха.
- 3.19. Схема регулирования подачи дросселированием на всасывании (5.34)
- 3.20.  $p-v$  - диаграмма регулирования подачи дросселированием на всасывании.
- 3.21. Поясните принцип работы ротационно-пластинчатого компрессора (рис. 3.5)
- 3.22. Нарисуйте схему и объясните принцип работы жидкостно-кольцевого компрессора.
- 3.16. Объясните принцип работы винтового компрессора.

### Коллоквиум (тест) 4

#### 4. Вентиляторы

- 4.1. Опишите принцип работы центробежного вентилятора.
- 4.2. Чем центробежные вентиляторы отличаются от центробежных компрессоров?



- 4.3. Какие технические параметры характеризуют работу вентилятора?
- 4.5. Что называют коэффициентом быстроходности вентилятора?
- 4.6. Как определяют полный КПД вентилятора?
- 4.7. Что называют напором  $H$  в газо- и гидромеханике?
- 4.8. Запишите уравнение Бернулли для потока газа. Как определяется значение  $\Gamma_{vdP}$  при политропном сжатии в вентиляторе?
- 4.9. Запишите уравнение неразрывности потока в интегральной и дифференциальной формах.
- 4.10. Что называют характеристикой вентилятора? Какой вид она имеет?
- 4.11. Как подбирают число оборотов вентилятора, обеспечивающее подачу  $G$  при напоре  $H$ ?
- 4.12. Как строятся безразмерные характеристики вентиляторов?
- 4.13. Как устроены рабочие колеса центробежных вентиляторов?
- 4.14. Как устроен корпус центробежного вентилятора?
- 4.15. Как устроено рабочее колесо центробежного вентилятора с двухсторонним входом?
- 4.16. Что включает в себя вентиляторная установка?
- 4.17. Для чего у осевых вентиляторов ставят передний обтекатель?
- 4.18. Как регулируют подачу у осевых вентиляторов?
- 4.19. Для чего на выходе из осевого вентилятора устанавливают лопаточный спрямляющий аппарат? Как он устроен?
- 4.20. От чего зависит устойчивость режима работы вентиляторов и компрессоров?
- 4.21. Что такое помпаж вентилятора? Почему он недопустим?
- 4.22. Как может быть организовано антипомпажное регулирование?

### **Коллоквиум (тест) 5**

#### **5. Струйные аппараты**

- 5.1. Общие вопросы проектирования струйных аппаратов.
- 5.2. Струйные аппараты для пневмотранспорта.
- 5.3. Расчет струйных аппаратов с большой степенью расширения и умеренной степенью сжатия.
- 5.4. Определение геометрических размеров струйных аппаратов.
- 5.5. Расчет поля рабочих характеристик струйных аппаратов.
- 5.6. Предельные режимы работы струйных аппаратов.
- 5.7. Расчет струйного аппарата с малой степенью сжатия.
- 5.8. Расчет струйных аппаратов для пневмотранспорта зернистых материалов.

### **Коллоквиум (тест) 6**

#### **6. Двигатели внутреннего сгорания**

- 6.1. Приведите классификацию поршневых ДВС.
- 6.2. Как устроены комбинированные ДВС?
- 6.3. Изобразите  $p$ - $V$ -диаграмму реального цикла современного четырехтактного двигателя.
- 6.4. Изобразите  $p$ - $V$ -диаграмму цикла двухтактного дизельного двигателя.
- 6.5. Какие безразмерные параметры принято применять для характеристики циклов поршневых ДВС? Что такое степень сжатия?
- 6.6. Что характеризует индикаторный КПД  $\eta_i$  поршневого ДВС?
- 6.7. Как рассчитать размеры цилиндра и ход поршня ДВС?
- 6.8. Что учитывает коэффициент использования теплоты в камере сгорания ДВС?
- 6.9. Для чего на двигатель всегда устанавливают маховик?
- 6.10. Под каким давлением дизельное топливо впрыскивается в камеру сгорания?
- 6.11. Каким образом дизельный двигатель запускается в работу?
- 6.12. Для чего и как устраивают водяное охлаждение ДВС?
- 6.13. Как организована смазка деталей ДВС?
- 6.14. Перечислите направления использования ГТУ.

- 6.15. Изобразите и прокомментируйте цикл простейшей ГТУ на  $T-s$ -диаграмме.  
6.16. Как запускают в работу ГТУ? Что для этого предусматривают в установке?  
6.17. В чем основная особенность многоагрегатных ГТУ? В чем их преимущества?  
6.18. Изобразите в координатах  $T-s$  рабочий цикл многоагрегатной ГТУ.  
6.19. Как осуществляется регенерация теплоты отработавших газов в ГТУ?  
6.20. Что показывает величина адиабатного КПД  $\eta_{ад}$  ГТУ?

### **КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ ВО ВРЕМЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ (КОЛЛОКВИУМОВ)**

В процессе изучения дисциплины «Нагнетатели и тепловые двигатели» для проверки уровня освоения основных разделов курса предусмотрены меры промежуточного контроля знаний студентов в виде тестирования во время коллоквиумов после изучения соответствующих разделов. Коллоквиумы (тестирование) проводится во время практических занятий. Студенты заранее информируются о предстоящем тестировании за две недели и получают список вопросов тестирования. Так дисциплина связана с изучением конструкции и методов расчета основных узлов нагнетателей и двигателей, то получить строго однозначные ответы не обязательно. Конструкции узлов могут иметь различные варианты. Методы расчетов, основанные на эмпирических формулах, содержат множества коэффициентов, определяемых по справочникам или номограммам. Поэтому в случае записи структуры эмпирической формулы и пояснения методов определения входящих в них коэффициентов, ответ можно считать вполне достаточной.

Из всего списка вопросов студенту преподаватель методом случайного выбора задает два три вопроса. Ответы оцениваются по традиционной «пятибалльной» системе и полученные баллы добавляются к персональным семестровым рейтингам студента.

Система критериев рейтинговой системы оценки знаний по курсу приложена в виде отдельного документа ФОС.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

*Факультет: информационных технологий*

*Кафедра: электротехники и энергообеспечения предприятий*

Направление подготовки: 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Профиль/специализация: «Энергообеспечение предприятий»

**Комплект заданий для выполнения  
контрольной расчетно-графической работы**  
по дисциплине «Нагнетатели и тепловые двигатели»

В течение семестра студенты выполняют расчетно-графическую работу (РГР).

**Цели работ:**

*закрепление у студентов умения:*

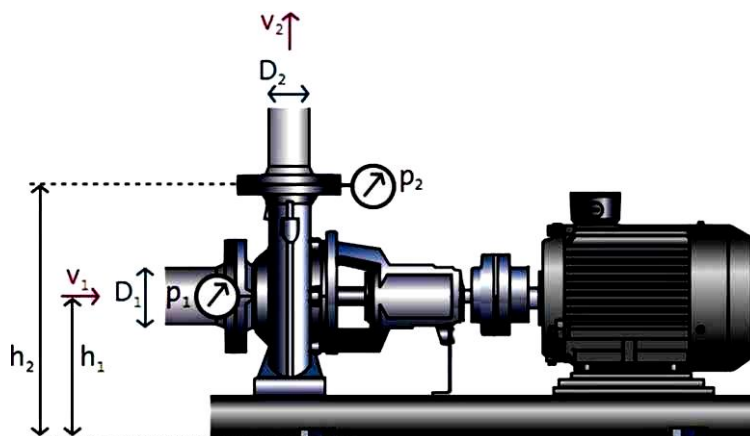
- применять теоретические знания на практике;
- проводить анализ специальной и технической литературы;
- выделять научную новизну и практическую значимость;
- выделять основные понятия исследования курсового проекта;
- приобретать практические навыки по выбору оптимального варианта решения поставленной проблемы;
- способствовать у студентов развитию навыков:
  - самостоятельной работы со справочной и технической литературой при обосновании выбора конкретного технического решения по заданным параметрам;

**Содержание работ**

**Расчетно-графическая работа 1**

**Задание 1**

Рассчитать напор насоса, установленного в системе и мощность вала для перекачивания жидкости расходом  $\bar{V}$ . Давление всасывающего патрубка  $p_1$  и его диаметр  $D_1$ , давление напорного патрубка  $p_2$  и его диаметр  $D_2$ . Разница высот между двумя патрубками, где установлен манометр  $\Delta h$ .



№ варианта	Перекачиваемая жидкость	$\bar{V}$ , м <sup>3</sup> /ч	$p_1$ , кПа	$D_1$ , мм	$p_2$ , кПа	$D_2$ , мм	$\Delta h$ , мм
0	Вода	40	50	250	300	250	0
1	Бензин	50	100	225	350	225	150
2	Оливковое масло	60	150	200	400	200	250
3	50% пропилен Гли- коль $t = 20^\circ\text{C}$	70	200	175	450	175	350
4	50% пропилен гли- коль $t = -20^\circ\text{C}$	80	250	150	500	150	450
5	Вода	90	250	125	300	125	0
6	Бензин	100	200	100	350	100	150
7	Оливковое масло	110	150	75	400	75	250
8	50% пропилен Гли- коль $t = 20^\circ\text{C}$	120	100	50	450	50	350
9	50% пропилен гли- коль $t = -20^\circ\text{C}$	130	50	25	500	25	450

### Задание 2

Необходимо подобрать насос для перекачки воды с расходом  $\bar{V}$  из подземного резервуара глубиной  $h_1$  по трубе длиной  $L_1$  и диаметром  $D_1$  в бак, размещенный на высоте  $h_2$  относительно уровня установки насоса по трубе длиной  $L_2$  и диаметром  $D_2$ . Конечное давление в баке должно быть  $p_2$ .

Определить потребление энергии при снижении расхода на 20% с использованием дроссельного и частотного регулирования.

№ варианта	$\bar{V}$ , м <sup>3</sup> /ч	$h_1$ , м	$L_1$ , м	$D_1$ , мм	$h_2$ , м	$L_2$ , м	$p_2$ бар	$D_2$ , мм
0	5	0	5	25	10	5	2	250
1	10	2	10	50	12	10	2.5	225
2	15	4	15	75	14	15	3	200
3	25	6	20	100	16	20	3.5	175
4	30	8	25	125	18	25	4	150
5	35	8	25	150	20	25	2	125
6	40	6	20	175	22	20	2.5	100
7	45	4	15	200	24	15	3	75
8	50	2	100	225	26	10	3.5	50
9	55	0	50	250	28	5	4	25

### Задание 3

Необходимо рассчитать мощность привода компрессора для подачи сжатого воздуха расходом  $G$  килограммов в секунду при параметрах  $p_k$  и  $t_k = t_1$ , где  $t_1$  - температура окружающей среды.

Определить: количество ступеней компрессора; степень повышения давления в каждой ступени; количество тепла, отведенного от воздуха в цилиндрах компрессора, в промежуточных и конечном холодильниках.



Давление воздуха на входе в первую ступень компрессора  $p_1 = 0,1$  МПа и температура  $t_1 = 27^\circ\text{C}$ . Допустимое повышение температуры воздуха в каждой ступени  $\Delta t$ , показатель политропы сжатия  $n$ .

Ответить на вопрос: во сколько раз увеличится мощность привода компрессора, если сжатие производить в одноступенчатом компрессоре при выбранном показателе политропы  $n$ ?

Также необходимо произвести подбор компрессора.



№ варианта	$\Delta t$ , $^\circ\text{C}$	$p_k$ , МПа	$n$	$G$ , кг/с
0	100	11	1.29	0.2
1	110	12	1.31	0.3
2	120	13	1.32	0.4
3	130	14	1.36	0.5
4	140	15	1.28	0.6
5	150	16	1.3	0.7
6	160	17	1.25	0.8
7	170	18	1.3	0.9
8	180	19	1.37	1.0
9	190	20	1.33	1.2

#### Задание 4

Провести расчет теоретического цикла поршневого ДВС. Исходными данными для выполнения расчетов служат: одна из схем цикла; степень сжатия  $\epsilon$ , степень повышения давления  $\lambda$ , и степень предварительного расширения  $\rho$ ; температура воздуха  $T_1$ , поступающего в цилиндры двигателя, и теоретическая мощность двигателя  $N$ .

При выполнении расчетов давление рабочего тела до подачи его в ДВС принять равным  $p_1 = 10^5$  Па. Теплоемкость считать не зависящей от температуры. Принять:  $c_p = 1,005$  кДж/(кг·К),  $c_v = 0,71$  кДж/(кг·К), показатель адиабаты  $c_p/c_v = 1,4$ .

Требуется: рассчитать параметры рабочего тела  $i$ ,  $p$ ,  $s$ ,  $T$ ,  $v$  для узловых точек цикла; построить цикл в масштабе в координатах  $p-v$  и  $T-s$ ; определить подведенное тепло, отведенное тепло и работу цикла; рассчитать термический коэффициент полезного действия цикла.



№ варианта	Схема цикла	$\varepsilon$	$\lambda$	$\rho$	$T_1, ^\circ\text{C}$	$N, \text{кВт}$
0	Отто	7	2.5	1	-20	50
1	Дизеля	16	1	2.4	-10	60
2	Тринкпера	14	1.7	1.5	0	70
3	Отто	8	3	1	10	80
4	Дизеля	18	1	2.6	20	90
5	Тринклера	15	1.6	1.6	30	100
6	Отто	9	3.5	1	40	110
7	Дизеля	20	1	2.8	50	120
8	Тринклера	16	1.5	1.7	60	130
9	Тринклера	17	1.4	1.8	70	140

## Расчетно-графическая работа 2

### Проектирование рабочего колеса центробежного компрессора

Варианты к заданию на проектирование рабочего колеса центробежного компрессора.

№ п/п	Производительность $\bar{V}$ , $\text{м}^3/\text{мин}$	Конечное давление $p_n, \text{МПа}$			Начальное давление $p_n$ , МПа	Начальная температура $T_n$ , К
		а)	б)	в)		
1	2400	0,6	0,55	0,50	0,1	273
2	2500					
3	2600	0,5	0,45	0,4	0,12	278
4	2700					
5	2800	0,45	0,4	0,35	0,13	283
6	2900					
7	3000	0,4	0,5	0,55	0,14	288
8	3100					
9	3200	0,5	0,55	0,6	0,15	293
10	3300					

Рабочее тело: а) воздух ; б) метан; в) азот

### Критерии оценки:

За каждый раздел расчетно-графической контрольной работы выставляются рейтинговые баллы в пределах, предусмотренных по рейтинговой системе оценок

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
*Факультет: информационных технологий*

*Кафедра: электротехники и энергообеспечения предприятий*

Направление подготовки: 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»  
Профиль/специализация: «Энергообеспечение предприятий»

**ВОПРОСЫ ЗАЧЕТА С ОЦЕНКОЙ**  
по дисциплине «Нагнетатели и тепловые двигатели»

**1. Общие сведения о нагнетателях и тепловых двигателях**

- 1.1. Роль и место тепловых двигателей и нагнетателей.
- 1.2. Основные определения и классификация насосов и компрессоров.
- 1.3. Основные параметры гидравлических машин для подачи жидкостей и газов.
- 1.4. Области применения насосов и компрессоров.
- 1.5. Работа насоса подключенного к сети.
- 1.6. Принцип действия, основные устройства и классификация паровых турбин.
- 1.7. Назначение, классификация и принципиальные схемы газотурбинных установок.
- 1.8. Назначение поршневых двигателей внутреннего сгорания.

**2. Насосы**

- 2.1. Общие закономерности работы центробежных насосов.
- 2.2. Подводы и отводы центробежных машин.
- 2.3. Подобие центробежных насосов. Коэффициент быстроходности.
- 2.4. Пересчет характеристик центробежных насосов при изменении частоты вращения.
- 2.5. Компенсация осевых усилий в центробежных насосах.
- 2.6. Регулирование подачи центробежных насосов.
- 2.7. Соединения центробежных насосов.
- 2.8. Неустойчивость работы центробежных насосов.
- 2.9. Характеристика центробежных насосов для нефтехимической промышленности.
- 2.10. Грязевые, фекальные насосы и насосы для сточных вод.
- 2.11. Вихревые и Центробежно-вихревые насосы.
- 2.12. Поршневые и роторные насосы.
- 2.13. Шестеренные насосы.
- 2.14. Способы регулирования производительности насосов объемного типа.

**3. Компрессорные машины**

- 3.1. Назначение и области применения компрессорных машин.
- 3.2. Поршневые компрессоры.
- 3.3. Двухроторные компрессоры.
- 3.4. Ротационно-пластинчатые компрессоры.
- 3.5. Жидкостно-кольцевые компрессоры.
- 3.6. Винтовые компрессоры.
- 3.7. Центробежные компрессоры.
- 3.8. Осевые компрессоры.

3.9. Элементы теории компрессорных машин.

3.10. Регулирование подачи компрессоров.

#### **4. Вентиляторы**

4.1. Особенности рабочего процесса центробежных вентиляторов и их характеристики.

4.2. Конструкции центробежных вентиляторов.

4.3. Осевые вентиляторы.

4.4. Смерчевые и диаметрально-радиальные вентиляторы.

4.4. Устойчивость режимов работы вентиляторов на сеть.

#### **5. Струйные аппараты**

5.1. Общие вопросы проектирования струйных аппаратов.

5.2. Струйные аппараты для пневмотранспорта.

5.3. Расчет струйных аппаратов с большой степенью расширения и умеренной степенью сжатия.

5.4. Определение геометрических размеров струйных аппаратов.

5.5. Расчет поля рабочих характеристик струйных аппаратов.

5.6. Предельные режимы работы струйных аппаратов.

5.7. Расчет струйного аппарата с малой степенью сжатия.

5.8. Расчет струйных аппаратов для пневмотранспорта зернистых материалов.

#### **6. Двигатели внутреннего сгорания**

6.1. Рабочий процесс в поршневых двигателях внутреннего сгорания.

6.2. Основные параметры и характеристики ДВС.

6.3. Основы теплового расчета двигателей внутреннего сгорания.

6.4. Кинематика и динамика двигателей внутреннего сгорания.

6.5. Конструктивные особенности ДВС.

6.6. Принципиальные схемы газотурбинных установок.

6.7. Рабочий процесс и характеристики газотурбинных установок.

6.8. Режимы работы и регулирование газотурбинных установок.

6.9. Конструкции газовых турбин.

### **КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ НА ЗАЧЕТЕ**

Так как для приема зачета с оценкой не выделяется специальное время при согласии студента оценку можно поставить по результатам проверки знаний во время промежуточного контроля в случае выполнения всех предусмотренных заданий. В случае не согласия студента зачет принимается путем опроса по вопросам для зачета.

Студенту задаются 3 вопроса.

Первый вопрос по разделам: «Общие сведения о нагнетателях и тепловых двигателях», «Насосы». В зависимости от полноты и качества ответа ставится до 12 баллов.

Второй вопрос посвящен вопросам разделов: «Компрессорные установки», «Вентиляторы». При условии записи правильных расчетных формул и схем ставится до 12 баллов.

Третий вопрос посвящен вопросам разделов: «Струйные аппараты» и «Паровые турбины. Двигатели внутреннего сгорания». В зависимости от полноты и качества ответа ставится до 12 баллов.