

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тамбовский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «ТГТУ»)

ПРИНЯТО

решением Ученого совета

ФГБОУ ВО «ТГТУ»

24 сентября 2018 г. (протокол № 12)

УТВЕРЖДЕНО

приказом ректора

ФГБОУ ВО «ТГТУ»

25 сентября 2018 г. № 224-04

## ПРОГРАММА

вступительного испытания для поступающих в 2019 году в магистратуру  
на направление подготовки

### **13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

по программе магистратуры

### **13.04.01.01 Технология производства электрической и тепловой энергии**

*Дисциплина: «Техническая термодинамика»*

#### ***Вопросы***

1. Первый закон термодинамики в общем виде, определение количеств воздействия данного рода, запись первого закона термодинамики для термомеханической системы (вывод).
2. Энтальпия, ее физический смысл, первый закон термодинамики в записи через энтальпию.
3. Теплоемкости газов. Теплоемкости  $c_p$  и  $c_v$ . Определение теплоемкости произвольного процесса (вывод). Экспериментальные методы определения теплоемкостей.
4. Энтропия как величина, характеризующая особенности теплообмена между системой и средой. Формулы для расчета энтропии (вывод).
5. Равновесные и неравновесные процессы, их особенности и значение для практики. Принцип возрастания энтропии (второй закон термодинамики).
6. Политропные процессы, связи между параметрами, расчет теплоты и работы за процесс (вывод).
7. Диаграмма  $h-s$  воды и пара, принцип ее построения, определение параметров состояния с ее помощью.
8. Первый закон термодинамики для потока газа в тепловой и механической формах (вывод).

9. Формулы для расчета скорости и расхода при течении идеального газа или водяного пара (вывод).
10. Связь между скоростью газа и скоростью звука, критические параметры потока (вывод).
11. Влияние формы канала на скорость истечения газа (вывод).
12. Дифференциальный и интегральный дроссель-эффекты (вывод).
13. Газовые смеси, способы описания и расчет их характеристик. Два способа получения смесей, расчет параметров смеси по известным параметрам исходных компонент.
14. Влажный воздух: его основные характеристики,  $h-d$  диаграмма влажного воздуха и работа с ней.
15. Расчет основных процессов с влажным воздухом (нагревание, охлаждение, осушка воздуха, работа сушильных камер).
16. Общие понятия о циклах. Особенности организации циклов холодильных машин и тепловых насосов. Понятие о холодильном и теплонасосном коэффициентах, их физический смысл.
17. Цикл и теорема Карно, термический КПД и холодильный коэффициент цикла Карно. Второй закон термодинамики применительно к теории циклов (вывод).
18. Потери работоспособности, коэффициент качества тепла (вывод).
19. Термодинамические циклы идеальных компрессоров. Влияние промежуточного охлаждения между ступенями на эффективность работы компрессора.
20. Термодинамические циклы реальных поршневых компрессоров.
21. Термодинамический анализ циклов поршневых ДВС (цикл Тринклера, частные случаи этого цикла).
22. Термодинамический анализ циклов проточных газотурбинных установок.
23. Паросиловая установка, работающая по циклу Ренкина, термодинамический анализ такого цикла. Способы повышения эффективности такого цикла.
24. Цикл воздушной холодильной машины. Определение удельной хладопроизводительности и холодильного коэффициента.
25. Цикл пароконденсаторной холодильной машины. Определение удельной хладопроизводительности и холодильного коэффициента.

### **Задачи**

1. Сколько кислорода ( $R = 259,8 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ) было закачено в баллон объемом  $V = 300 \text{ л}$ , если давление в нем увеличилось от  $p_1 = 0,15 \text{ МПа}$  до  $p_2 = 15 \text{ МПа}$ , а температура от  $t_1 = 23 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 33 \text{ }^\circ\text{C}$ ?
2. При изотермическом сжатии воздуха с начальными параметрами  $p_1 = 1,2 \text{ МПа}$ ,  $t_1 = 300 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $V_1 = 3 \text{ м}^3$  было отведено  $1000 \text{ кДж}$  тепла. Определить конечное состояние воздуха и работу сжатия.
3. В смеситель, по которому протекает перегретый пар с параметрами  $p = 3,5 \text{ МПа}$  и  $t = 500 \text{ }^\circ\text{C}$ , впрыскивается вода с температурой  $t_v = 200 \text{ }^\circ\text{C}$  для уменьшения температуры пара. Какое количество воды на  $1 \text{ кг}$  пара следует подавать, чтобы температура пара после испарения воды стала  $400 \text{ }^\circ\text{C}$ ?
4. Найти теоретическую скорость адиабатного истечения водяного пара из сопла Лавалля для следующих условий: параметры пара на входе в сопло  $p_1 = 1,6 \text{ МПа}$ ,  $t_1 = 300 \text{ }^\circ\text{C}$ . Давление на выходе из сопла  $p_2 = 0,1 \text{ МПа}$ . Определить также температуру пара  $t_2$  на выходе из сопла.

5. При испытаниях поршневого ДВС в течение 5-ти минут было израсходовано 80 г дизельного топлива (теплота сгорания  $Q_p^p = 42,5$  МДж/кг). При этом нагрузка электрогенератора, служащего тормозным устройством, определялась по ваттметру и составляла 5 кВт. Определить термический КПД двигателя на исследованном режиме.

6. Рассчитать термический КПД поршневого ДВС, работающего по циклу Тринклера, основные параметры которого следующие: степень сжатия  $\varepsilon = 19$ ; степень повышения давления  $\lambda = 1,5$ ; степень предварительного расширения  $\rho = 1,4$ .

7. Холодильная газовая машина, у которой процессы сжатия в компрессоре и расширения в детандере протекают адиабатно, имеет давление на выходе из компрессора  $p = 0,6$  МПа и температуру  $t_{\text{вых}} = 50$  °С, а на выходе из рефрижератора – температуру  $t_{\text{реф}} = -12$  °С. Определите холодильный коэффициент этой холодильной газовой машины.

8. Пользуясь  $h - s$  диаграммой водяного пара и таблицами насыщенных состояний, определить термический КПД паросилового цикла Ренкина, работающего при параметрах свежего пара  $p_1 = 8,5$  МПа и  $t_2 = 410$  °С, при этом давление в конденсаторе установки  $p_k = 0,05$  МПа.

9. Пользуясь  $h - s$  диаграммой водяного пара и таблицами насыщенных состояний, определить удельный расход пара в кг пара на 1 кВт·ч выработанной энергии для паросиловой установки с циклом Ренкина, при этом параметры свежего пара  $p_1 = 7,5$  МПа и  $t_2 = 510$  °С, давление в конденсаторе установки  $p_k = 0,045$  МПа.

### **Основная литература**

1. Теплотехника / под ред. В.И. Архарова. М.: 2004. – 454 с.
2. Ляшков, В.И. Теоретические основы теплотехники: учеб. пособие. / В.И. Ляшков. М.: Высш. шк., 2008. – 318 с.
3. Амирханов Д.Г. Техническая термодинамика [Электронный ресурс]: учебное пособие / Д.Г. Амирханов, Р.Д. Амирханов. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. — 264 с. — 978-5-7882-1664-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63486.html>
4. Яблоков В.А. Теория горения и взрыва [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Яблоков, С.В. Митрофанова. — Электрон. текстовые данные. — Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 102 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16067.html>

### **Дополнительная литература**

1. Кудинов, В.А. Техническая термодинамика: учеб. / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов. -М.: Высш. шк., 2000. – 261 с.
2. Зубарев, В.Н. Практикум по технической термодинамике: учеб. пособие / В.Н. Зубарев, А.А. Александров, В.С. Охотин. – М.: Высш. шк., 1986. – 314 с.
3. Кириллин, В.А. Техническая термодинамика: учеб / В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Щейндлин. М.: Наука, 1979. – 512 с.
4. Рабинович, О.Н. Сборник задач по технической термодинамике: учеб. пособие / О.Н. Рабинович. М.: 1973. – 393 с.

**Дисциплина: «Источники производства теплоты»**

### **Вопросы**

1. Основные виды и схемы централизованного теплоснабжения.
2. Водяные системы теплоснабжения.
3. Классификация систем теплоснабжения.
4. Оценка эффективности теплофикации.
5. Определение расхода топлива на выработку электрической энергии теплоты на паротурбинных ТЭЦ.
6. Определение расхода топлива на отдельную выработку электрической энергии и теплоты.
7. Определение абсолютной экономии топлива при теплофикации от паротурбинных ТЭЦ.
8. Определение удельной экономии топлива при теплофикации.
9. Энергетические характеристики газотурбинных теплофикационных установок.
10. Энергетические характеристики парогазовых теплофикационных установок.
11. Методы регулирования систем централизованного теплоснабжения.
12. Центральное регулирование однородной тепловой нагрузки.
13. Центральное регулирование разнородной тепловой нагрузки.
14. Центральное регулирование однострунных систем теплоснабжения.
15. Гидравлический расчет тепловых сетей. Задачи. Схемы и конфигурации.
16. Порядок гидравлического расчета. Пьезометрический график.
17. Методика гидравлического расчета разветвленных тепловых сетей.
18. Тепловой расчет тепловых сетей. Основные расчетные зависимости. Методика теплового расчета.
19. Тепловой расчет тепловых сетей. Тепловые потери и коэффициент эффективности тепловой изоляции. Выбор толщины теплоизоляционного слоя.
20. Гидравлическая характеристика системы.
21. Гидравлический режим закрытых систем.
22. Гидравлический режим открытых систем.
23. Гидравлический удар в тепловых сетях.
24. Определение характеристик насосов.
25. Капитальные затраты в объектах теплоснабжающих систем.
26. Издержки производства и реализации продукции систем теплоснабжения.
27. Выбор схемы энергоснабжения района.
28. Оптимизация систем теплоснабжения.

### ***Основная литература***

1. Источники и системы теплоснабжения предприятий [Электронный ресурс]: учебник / В.М. Лебедев [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2013. – 384 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26805.html>
2. Быстрицкий Г.Ф. Основы энергетики: учебник для вузов / Г. Ф. Быстрицкий. – 4-е изд., стер. – М.: Кнорус, 2013. – 352 с.

### ***Дополнительная литература***

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов / Е. Я. Соколов. – 9-е изд., стер. – М.: ИД МЭИ, 2009. – 472 с.

2. Стерлигов В.А. Централизованное теплоснабжение предприятий, поселений и городских округов. Курсовое и дипломное проектирование [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Стерлигов, Т.Г. Мануковская, Е.М. Крамченков. – Электрон. текстовые данные. – Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. – 105 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55175.html>

3. Подпоринов Б.Ф. Теплоснабжение [Электронный ресурс]: учебное пособие / Б.Ф. Подпоринов. – Электрон. текстовые данные. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2011. – 267 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28404.html>

### **Дисциплина: «Потребители теплоты»**

#### ***Вопросы***

1. Классификация тепловых нагрузок теплопотребителей.
2. Тепловые потери помещения.
3. Теплопотеря теплопередачей через наружные ограждения.
4. Теплопотеря инфильтрацией.
5. Воздушные тепловые завесы.
6. Внутренние тепловыделения в помещении.
7. Расчет тепловой мощности на вентиляцию помещений.
8. Расчет тепловой мощности на горячее водоснабжение бытовых теплопотребителей.
9. Расчет тепловой мощности на горячее водоснабжение промышленными теплопотребителями.
10. Расчет тепловой мощности, отпускаемой промышленным паром.
11. Расчет тепловой мощности, потребляемой системами кондиционирования воздуха.
12. Годовое теплопотребление на отопление и вентиляцию.
13. Годовой отпуск теплоты на горячее водоснабжение.
14. Годовой отпуск теплоты с промышленным паром.
15. Годовой расход натурального топлива источником.
16. Регулирование расходов тепла и сетевой воды на горячее водоснабжение.
17. Параллельное присоединение подогревателей горячего водоснабжения.
18. Смешанная схема включения подогревателей.
19. Использование теплоты вентиляционных выбросов.

#### ***Основная литература***

1. Штокман Е.А. Теплогазоснабжение и вентиляция: учебное пособие для вузов / Е.А. Штокман, Ю.Н. Карагодин. – М.: АСВ, 2013. – 176 с.
2. Быстрицкий Г.Ф. Основы энергетики: учебник для вузов / Г. Ф. Быстрицкий. - 4-е изд., стер. – М.: Кнорус, 2013. - 352 с.

#### ***Дополнительная литература***

1. Шарапов В.И. Регулирование нагрузки систем теплоснабжения [Электронный ресурс]: монография / В.И. Шарапов, П.В. Ротов. – Электрон. текстовые данные. – М.:

Новости теплоснабжения, 2007. –165 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/4488.html>

2. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети [Электронный ресурс]: учебник для вузов / Соколов Е.Я.. – Электрон. текстовые данные. – М. : Издательский дом МЭИ, 2009. – 472 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33152.html>

3. Балашов, А.А. Проектирование систем отопления и вентиляции гражданских зданий./ А.А. Балашов, Н.Ю. Полунина.-Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 88 с.

### **Дисциплина: «Котельные установки и парогенераторы»**

#### ***Вопросы***

1. Функция и место парового котла в тепловой схеме ТЭС.
2. Технологическая схема котельной установки.
3. Классификация паровых котлов.
4. Типы и конструктивные схемы паровых котлов.
5. Основные определения и классификация энергетического топлива.
6. Элементарный состав и характеристики энергетического топлива.
7. Подготовка твердого топлива к сжиганию.
8. Подготовка жидкого топлива к сжиганию.
9. Подготовка газообразного топлива к сжиганию.
10. Общее (основное) уравнение теплового баланса котла.
11. Коэффициент полезного действия (КПД) котла.
12. Топочные камеры для сжигания топлива.
13. Основные методы сжигания топлива: бесфакельный, слоевой, факельно-слоевой.
14. Основные методы (способы) сжигания топлива: факельный прямоточный, факельный вихревой высокотемпературный.
15. Основные методы (способы) сжигания топлива: факельный вихревой низкотемпературный, сжигание в псевдоожигенном слое, пульсационное горение.
16. Газовоздушный тракт парового котла.
17. Тягодутьевые устройства.
18. Каркас и обмуровка котла.
19. Арматура и гарнитура парового котла.
20. Основные типы компоновок паровых котлов.

#### ***Задачи***

1. Определить расход воды в контуре циркуляции котельного агрегата Е-210-13,8-560 КБТ, если кратность циркуляции  $K = 10,2$ .
2. Чему равна теплота сгорания СО и Н<sub>2</sub>, отнесенная к 1 м<sup>3</sup> (в нормальных условиях) и 1 кг соответствующего газа?
3. В топке котельного агрегата Е-65-3,9-440 КТ сжигается 5000 кг/ч угля состава:  $C^r = 55,2 \%$ ;  $H^r = 3,8 \%$ ;  $N^r = 1,0 \%$ ;  $O^r = 5,8 \%$ ;  $S^r = 3,2 \%$ ;  $A^r = 23,0 \%$ ;  $W^r = 8,0 \%$ . Определить, насколько был увеличен объем подаваемого в топку воздуха, если известно, что при полном сгорании топлива содержание кислорода О<sub>2</sub> в дымовых газах увеличилось с 4 до 6 %.

5. Чему равен рассчитанный по низшей теплоте сгорания КПД (брутто) реального (с учетом теплотерь) котельного агрегата, работающего на Березовском буром угле марки 2Б со следующими характеристиками:  $Q_i^r = 15,66$  МДж/кг,  $H^r = 3,1$  %,  $W^r = 33$  %, если продукты сгорания в нем удалось бы охладить до температуры наружного воздуха, равной  $0$  °С? Суммарная величина тепловых потерь в котле составляет  $\sum q_i = 10$  %.

6. Исходная рабочая масса бурого угля Назаровского месторождения имеет значение  $Q_i^r = 12,85$  МДж/кг и  $W^r = 39,0$  %. Во сколько увеличится теплота сгорания топлива при переходе на электростанции от замкнутой к разомкнутой схеме сушки топлива с получением подсушенного топлива с окончательной влажностью пыли  $W^{пл} = 10,0$  %?

7. Определить во сколько возрастет скорость горения коксовой частицы антрацита по уравнению  $C + O_2 = CO_2$  при его сжигании в котельном агрегате с жидким шлакоудалением, чем при его сжигании в котельном агрегате с твердым шлакоудалением, если средние адиабатные температуры горения топлива соответственно равны:  $t_1 = 1800$  °С,  $t_2 = 1600$  °С, значение энергии активации реакции  $E = 147$  МДж/моль. Универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К).

8. Определить энергию активации реакции горения коксовой частицы бурого угля по уравнению  $C + O_2 = CO_2$ , если известно, что при снижении температуры протекания реакции  $t_1 = 1500$  °С до  $t_2 = 1400$  °С, скорость реакции снижается в 1,5 раза. В первом приближении константы  $k_0 = \text{const}$ . Универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К).

9. Определить расход натурального топлива и тепловое напряжение топочного объема котлоагрегата Е-420-13,8-560 БТ, работающего на райчихинском буром угле марки 2Б с низшей теплотой сгорания топлива на рабочую массу  $Q_i^r = 11720$  кДж/кг, если потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива  $q_4 = 0,5$  %, расход условного топлива  $V_{усл} = 39,3$  т/ч. Ширина топочной камеры  $b_T = 14,46$  м, площадь боковой стенки топки  $F_{бок} = 183,95$  м<sup>2</sup>.

10. Определить скорость пароводяной смеси, скорость циркуляции водяной смеси, приведенные скорости пара и воды в контуре естественной циркуляции бокового экрана котельного агрегата ПК-10 Ш, работающего при давлении в барабане  $p_6 = 10,8$  МПа, если среднее массовое паросодержание потока  $\bar{x} = 0,05$ , массовый расход пароводяной смеси через систем  $G_{см} = 215,0$  кг/с. Экран выполнен из труб с внутренним диаметром  $d_{вн} = 0,064$  м, число экранных труб бокового экрана  $n = 78$  шт.

11. Определить величину непрерывной продувки и расход воды на выходе из расширителя непрерывной продувки котельного агрегата паропроизводительностью  $D_{пе} = 5,56$  кг/с, если давление в барабане котлоагрегата  $p_6 = 1,37$  МПа, давление в расширителе  $p_p = 0,118$  МПа, степень сухости пара, выходящего из расширителя,  $x = 0,98$ , солесодержание питательной воды  $S_{пв} = 8,75 \cdot 10^{-5}$  кг/кг и солесодержание продувочной воды  $S_{пр} = 3 \cdot 10^{-3}$  кг/кг.

12. Котлоагрегат Е-320-13,8-560 КТ набрал нагрузку с 60% до 100% от номинала при этом расход продувочной воды не был изменен  $W_{пр1} = 1,5$  кг/с. Насколько необходимо увеличить расход продувочной воды после набора нагрузки для поддержания солесодержания продувочной воды на том же уровне.

13. Определить плотность экранирования стен топочной камеры котельного агрегата ПК-10 Ш, если ширина топочной камеры  $b_T = 9,77$  м, наружный диаметр труб  $d_n = 0,076$  м, число труб фронтального экрана  $n = 102$  шт.

14. Определить ширину топочной камеры котельного агрегата ПК-10 Ш, если наружный диаметр труб  $d_n = 0,06$  м, плотность экранирования стен топочной камеры  $\sigma_s = 1,33$ , число труб фронтального экрана  $n = 180$  шт.

15. Определить массовую скорость пара в ширмовом пароперегревателе котельного агрегата Е-320-13,8-560 КТ, если расход пара через пароперегреватель  $D_{\text{шм}} = 86,0$  кг/с. Ширина топочной камеры  $b_T = 12,06$  м., ширина ширмы  $b_{\text{ш}} = 1,4$  м, поперечный шаг расположения ширм  $S_1 = 0,71$  м, продольный шаг расположения труб в ширме  $S_2 = 0,035$  м, ширмах  $n_x = 2$ .

16. Определить температуру точки росы продуктов сгорания в котельном агрегате Е-420-13,8-560 БЖ, работающем на подмосковном буром угле марки 2Б. Состав угля:  $C^r = 24,3$  %;  $H^r = 1,9$  %;  $S^r = 2,5$  %;  $O^r = 8,2$  %;  $A^r = 30,6$  %;  $W^r = 32,1$  %. Доля золы топлива, уносимой продуктами сгорания из топки,  $a_{\text{ун}} = 0,85$ . Температура конденсации водяных паров  $t_k = 50$  °С.

### **Основная литература**

1. Рудобашта, С.П. Теплотехника. Учебник для вузов. Издание второе, дополненное. – М.: Издательство «Перо». 2015. – 672 с.

2. Котельные установки. Паровые котлы: учебное пособие для студентов вузов / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, О.Н. Попов и др.; Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов: ФГБОУ ВПО «ТГТУ». 2014. – 80 с.

### **Дополнительная литература**

1. Котельные установки: учебное пособие для студентов вузов / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, О.Н. Попов и др.; Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов: ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 80 с.

2. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. Изд. 3-е, перераб. и доп. С.-Петербург: НПО ЦКТИ-ВТИ. 1998. – 257 с.

### **Дисциплина: «Тепловые двигатели и нагнетатели»**

#### **Вопросы**

1. Назначение, роль и место тепловых двигателей и нагнетателей в современной экономике. Парогазовая силовая установка как пример комплексного применения этих машин.

2. Принцип действия и основы устройства паровых турбин. Особенности работы активных и реактивных турбин, степень реактивности турбины.

3. Классификация паровых турбин (по назначению, по конструктивному выполнению, по принципу действия, по принципу парораспределения).

4. Понятие о сопловой и лопаточной решетках, характеристики решетки. Треугольники скоростей и основы газодинамического расчета решеток (определение скоростей на выходе из сопла и на входе и выходе для лопаточного канала).

5. Расчет размеров сопла и межлопаточных каналов в паровых и газовых турбинах.

6. Выбор числа ступеней и числа цилиндров паровой турбины.

7. Типы потерь и структура КПД паровой турбины и ГТУ.

8. Тепловая схема теплосиловой установки с отбором пара на регенерацию и теплофикацию.
9. Классификация и принципиальные схемы ГТУ внутреннего и внешнего сгорания.
10. Режимы работы и способы регулирования мощности ГТУ.
11. Назначение и классификация поршневых ДВС, их основные входные и выходные параметры. Безразмерные характеристики цикла ДВС.
12. Деление газовых нагнетателей на компрессоры, газодувки и вентиляторы. Другие виды нагнетателей.
13. Назначение и классификация компрессоров. Допустимые степени повышения давления, многоступенчатое сжатие.
14. Газо- и гидродинамические основы расчета турбогидромашин. Уравнения Бернулли, Эйлера, и неразрывности для установившихся режимов течения.
15. Устройство и рабочий процесс центробежного компрессора.
16. Принципиальная схема поршневого компрессора.
17. Конструктивные типы поршневых компрессоров.
18. Компрессорные установки, вспомогательное оборудование этих установок.
19. Особенности устройства и рабочего процесса центробежных вентиляторов. Конструкции рабочих колес. Вентиляционные установки.
20. Особенности устройства осевых вентиляторов.

### *Задачи*

1. Определить действительную скорость истечения пара из сопла реактивной турбины со степенью реактивности  $\rho=0,5$ , если параметры пара на входе в сопло  $p_1=2,6$  МПа и  $t_1=340$  °С, а давление на выходе  $p_2=1,6$  МПа. Коэффициент скорости сопла  $\varphi=0,91$ . Начальная скорость пара перед соплом  $w_1=120$  м/с.
2. Определить потери энергии на преодоление внутреннего трения при истечении пара из сопла реактивной турбины со степенью реактивности  $\rho=0,5$ , если параметры пара на входе в сопло  $p_1=2,7$  МПа и  $t_1=340$  °С, а давление на выходе  $p_2=1,2$  МПа. Коэффициент скорости сопла  $\varphi=0,93$ . Начальная скорость пара перед соплом  $w_1=50$  м/с.
3. Определить относительную скорость течения пара на входе в лопаточную решетку активной турбины  $w_1$ , если параметры пара на входе в сопло  $p_1=2,5$  МПа и  $t_1=340$  °С, а давление на выходе  $p_2=1,5$  МПа. Коэффициент скорости сопла  $\varphi=0,89$ , начальная скорость пара перед соплом  $w_1=50$  м/с, средний диаметр ступени  $D=800$  мм, число оборотов турбины  $n=3000$  об/мин и входной угол  $\alpha_1=18^\circ$ .
4. Определить окружную скорость  $U$  на входе в лопаточную решетку реактивной турбины со степенью реактивности  $\rho=0,5$ , если средний диаметр ступени  $D=1200$  мм, число оборотов турбины  $n=3000$  об/мин.
5. Определить внутренний относительный КПД ступени  $\eta_{io}$  при истечении пара из сопла реактивной турбины со степенью реактивности  $\rho=0,5$ , если параметры пара на входе в сопло  $p_1=2,7$  МПа и  $t_1=340$  °С, а давление на выходе  $p_2=1,5$  МПа. Коэффициент скорости сопла  $\varphi=0,93$ . Начальная скорость пара перед соплом  $w_1=50$  м/с.
6. Определить относительную скорость течения пара  $w_2$  на выходе из лопаточной решетки реактивной турбины со степенью реактивности  $\rho=0,5$ , если параметры пара на входе в сопло  $p_1=2,5$  МПа и  $t_1=340$  °С, а давление на выходе  $p_2=1,5$  МПа. Коэффициент скорости сопла  $\varphi=0,89$ , начальная скорость пара перед соплом  $w_1=40$  м/с, средний диа-

метр ступени  $D=900$  мм, число оборотов турбины  $n=1500$  об/мин и входной угол абсолютной  $\alpha_1=20^\circ$ , скоростной коэффициент лопаток  $\psi=0,87$ .

7. Определить абсолютную скорость течения пара  $C_2$  на выходе из лопаточной решетки реактивной турбины со степенью реактивности  $\rho=0,5$ , если параметры пара на входе в сопло  $p_1=2,5$  МПа и  $t_1=370$  °С, а давление на выходе  $p_2=1,5$  МПа. Коэффициент скорости сопла  $\phi=0,89$ , начальная скорость пара перед соплом  $w_1=125$  м/с, средний диаметр ступени  $D=900$  мм, число оборотов турбины  $n=1500$  об/мин и входной угол рабочей решетки  $\alpha_1=20^\circ$ , выходной угол  $\beta_2=22^\circ$ , скоростной коэффициент лопаток  $\psi=0,87$ .

8. Определить абсолютную скорость течения пара  $C_2$  на выходе из лопаточной решетки активной турбины, если параметры пара на входе в сопло  $p_1=2,5$  МПа и  $t_1=340$  °С, а давление на выходе  $p_2=1,5$  МПа. Коэффициент скорости сопла  $\phi=0,89$ , начальная скорость пара перед соплом  $w_1=50$  м/с, средний диаметр ступени  $D=900$  мм, число оборотов турбины  $n=1500$  об/мин и входной угол  $\alpha_1=20^\circ$ , выходной угол  $\beta_2=22^\circ$ , скоростной коэффициент лопаток  $\psi=0,87$ .

9. Определить площадь  $F_2$  выходного сечения сопла одной из ступеней активной турбины, если параметры пара на входе в сопло  $p_1=2,5$  МПа и  $t_1=340$  °С, а давление на выходе  $p_2=1,8$  МПа. Коэффициент скорости сопла  $\phi=0,89$ , начальная скорость пара перед соплом  $C_0=50$  м/с, действительный массовый расход пара через сопло  $M=2,5$  кг/с.

10. Паровая турбина работает с начальными параметрами  $p_0=3,5$  МПа и  $t_0=435$  °С. Давление пара в конденсаторе  $p_k=0,008$  МПа. Турбина приводит в действие электрогенератор мощностью  $N_r=1500$  кВт. Внутренний относительный КПД турбины  $\eta_{i0}=0,77$ , механический КПД  $\eta_m=0,91$ , КПД генератора  $\eta_r=0,97$ . Определить действительный расход пара  $D$  (в кг/с) через турбину.

11. Паровая турбина работает с начальными параметрами  $p_0=3,5$  МПа и  $t_0=435$  °С. Давление пара в конденсаторе  $p_k=0,008$  МПа. Турбина приводит в действие электрогенератор. Внутренний относительный КПД турбины  $\eta_{i0}=0,77$ , механический КПД  $\eta_m=0,91$ , КПД генератора  $\eta_r=0,97$ . Действительный расход пара через турбину  $D=5$  кг/с. Определить мощность электрогенератора  $N_r$ .

12. Определить эффективную мощность четырехцилиндрового четырехтактного дизеля, если среднее индикаторное давление его  $p_i=0,62$  МПа, число оборотов  $n=1200$  об/мин, диаметр цилиндра  $D=120$  мм, радиус кривошипа коленчатого вала  $R=70$  мм, механический КПД двигателя  $\eta_m=0,87$ .

13. Определить удельный эффективный расход топлива для четырехцилиндрового четырехтактного дизеля, если среднее индикаторное давление его  $p_i=0,62$  МПа, число оборотов  $n=1200$  об/мин, диаметр цилиндра  $D=120$  мм, радиус кривошипа коленчатого вала  $R=70$  мм, механический КПД двигателя  $\eta_m=0,87$ , внутренний КПД  $\eta_i=0,37$ . Теплота сгорания дизельного топлива  $41500$  кДж/кг.

14. Определить массовый расход воздуха для четырехцилиндрового четырехтактного дизеля, если у него число оборотов  $n=1200$  об/мин, диаметр цилиндра  $D=120$  мм, ход поршня  $S=110$  мм, коэффициент наполнения цилиндров  $\eta_n=0,87$ . Температура воздуха на входе в цилиндр  $t_{вх}=45$  °С, давление  $p_{вх}=0,095$  МПа.

15. Определить среднюю скорость поршня для четырехцилиндрового четырехтактного дизеля, если у него число оборотов  $n=1200$  об/мин, диаметр цилиндра  $D=120$  мм, ход поршня  $S=110$  мм.

16. Определить объем камеры сгорания для четырехцилиндрового четырехтактного дизеля, если у него диаметр цилиндра  $D=120$  мм, ход поршня  $S=110$  мм, а степень сжатия  $\varepsilon=16,5$ .

17. Определить объем камеры сгорания для четырехцилиндрового двухтактного дизеля с прямоточно-клапанной продувкой, если у него диаметр цилиндра  $D=150$  мм, рабочий ход поршня  $S_p=140$  мм, высота продувочных окон  $h=40$  мм, а степень сжатия  $\varepsilon=18,5$ .

18. Определить число ступеней сжатия и теоретическую работу на привод осевого компрессора, служащего для сжатия воздуха от  $p_1=0,1$  МПа до  $p_2=0,5$  МПа с подачей  $G=0,2$  м<sup>3</sup>/с. Температура воздуха на всасывании  $t_{вс}=20$  °С.

19. Определить число ступеней сжатия и работу на привод центробежного компрессора, служащего для сжатия воздуха от  $p_1=0,1$  МПа до  $p_2=0,5$  МПа с подачей  $G=0,2$  м<sup>3</sup>/с. Температура воздуха на всасывании  $t_{вс}=10$  °С. Адиабатный КПД принять равным  $\eta_{ад}=0,87$ .

20. Определить число ступеней сжатия и работу на привод поршневого компрессора, служащего для сжатия воздуха от  $p_1=0,1$  МПа до  $p_2=1,5$  МПа с подачей  $G=0,2$  м<sup>3</sup>/с. Температура воздуха на всасывании  $t_{вс}=20$  °С.

### ***Основная литература***

1. Ляшков, В.И. Тепловые двигатели и нагнетатели: учеб. пособие / В.И Ляшков. – М.: Абрис, ТГТУ, 2012. – 167 с.

2. Цанев, С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учебное пособие для вузов / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.Н. Ремезов; под ред. С.В. Цанева. – 2-е изд., стер. – М.: МЭИ, 2006. – 584 с.

### ***Дополнительная литература***

1. Гримитлин, А.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры в инженерном оборудовании зданий: учеб. пособие / А.М. Гримитлин, О.П. Иванов, В.А. Пухкал. – СПб.: АВОК Северо-Запад, 2006. – 210 с.

2. Попов, А.Н. Вакуумная техника [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Н. Попов. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2012. – 167 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com>