

ПРИНЯТО

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
« 26 » сентября 2016 г. (протокол № 11)

приказом ректора ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
« 29 » сентября 2016 г. № 531-04

## **ПРОГРАММА**

вступительного испытания для поступающих в 2017 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: «Источники производства теплоты. Потребители теплоты»***

### ***Вопросы***

1. Классификация систем теплоснабжения и потребителей тепловой энергии промышленных предприятий.
2. Методы определения потребностей абонентов в тепловой энергии и горячей воде.
3. Виды тепловых нагрузок. Расчет сезонных тепловых нагрузок.
4. Принципиальные схемы водяных систем отопления.
5. Принципиальные схемы паровых систем отопления.
6. Принципиальные схемы горячего водоснабжения промышленных зданий и сооружений.
7. Принципиальные схемы тепловых пунктов.
8. Оборудование тепловых пунктов.
9. Методы регулирования тепловых нагрузок в системах теплоснабжения промышленного предприятия.
10. Общее уравнение регулирования отпуска тепловой энергии.
11. Качественное регулирование отпуска тепловой энергии.
12. Количественное регулирование отпуска тепловой энергии.
13. Количественно-качественное регулирование отпуска тепловой энергии.
14. Тепловые сети, их назначение и классификация.
15. Цель и задача гидравлического расчета тепловых сетей.
16. Методика гидравлического расчета тепловых сетей.
17. Построение пьезометрического графика тепловой сети.
18. Влияние давления в тепловой сети на выбор типа присоединения абонентов.
19. Подбор элеватора.
20. Подбор сетевых и подпитывающих насосов.
21. Основы теплового расчета тепловых сетей промышленного предприятия.
22. Тепловой расчет изоляции при надземной прокладке тепловых сетей.
23. Тепловой расчет изоляции при прокладке теплопроводов в каналах.
24. Трасса и профиль тепловых сетей.
25. Защита теплопроводов от коррозии.

26. Методы проведения гидравлических испытаний трубопроводов.
27. Конструктивные особенности прокладки теплопроводов в подземных каналах.
28. Требования к конструкции при бесканальной прокладке теплопроводов.
29. Требования к конструкции при воздушной прокладке теплопроводов.
30. Конструкции опор при воздушной прокладке теплопроводов.
31. Методы компенсации температурных удлинений теплопроводов. Конструкции соединительных и компенсаторных устройств.

### Задачи

1. Определить расчётный расход теплоты на отопление здания с толщиной стен в 2,5 кирпича и наружным объёмом  $V = 10\,000\text{ м}^3$ . Определить также годовой расход теплоты на отопление этого здания и число часов использования максимума тепловой нагрузки. Расчётная температура наружного воздуха  $t_{\text{нар}} = 26\text{ °С}$ , температура внутри помещения  $t_{\text{вн}} = 16\text{ °С}$ . Средняя температура наружного воздуха за отопительный период  $t_{\text{нар}}^{\text{сп}} = -5,3\text{ °С}$  при длительности  $T_{\text{от}} = 5000\text{ ч/год}$ . Отопительная характеристика здания  $0,4\text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$ .

2. Потребителю отпущена теплота  $Q = 1\text{ ГДж}$  в виде сухого насыщенного пара с абсолютным давлением  $0,5\text{ МПа}$ . Определить массу отпущенного пара, если от потребителя будет полностью возвращён конденсат с температурой  $100\text{ °С}$ . Определить также массу отпущенного пара, если от потребителя будет возвращено  $50\%$  конденсата. При расчёте принять, что температура холодной воды у источников теплоснабжения и потребителя  $10\text{ °С}$ . Энтальпию водяного пара принять  $h = 2748\text{ кДж/кг}$ .

3. Определить расходы сетевой воды у потребителя горячего водоснабжения при присоединении его по параллельной схеме к закрытой тепловой сети и к открытой сети. Максимальный расход теплоты составляет  $Q = 1\text{ МВт}$ . В обоих вариантах при расчётных условиях температура воды в подающем трубопроводе  $70\text{ °С}$ . Температура воды после подогревателя горячего водоснабжения  $30\text{ °С}$ . При варианте открытой тепловой сети часть воды на горячее водоснабжение отбирается из обратного трубопровода после системы отопления с температурой  $41,7\text{ °С}$ . Температура воды, поступающей в систему горячего водоснабжения, поддерживается  $60\text{ °С}$  при температуре холодной воды  $5\text{ °С}$ .

4. Какая масса теплоносителя теряется в секунду через образовавшееся при аварии отверстие сечением  $1\text{ см}^2$  в стенке трубопровода? Задачу решить для водяной сети с температурой воды  $< 100\text{ °С}$  и  $\rho \approx 1000\text{ кг/м}^3$  и для паропровода насыщенного пара. В обоих вариантах избыточное давление теплоносителей принять  $0,4\text{ МПа}$  и коэффициент расхода отверстия равным 1.

5. Определить расчётный расход теплоты на отопление механического цеха, если его объём по наружному периметру  $V = 15 \cdot 10^3\text{ м}^3$ , удельная отопительная характеристика  $q_0 = 0,35\text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$ , средняя температура воздуха в помещении  $t_{\text{вн}} = 12\text{ °С}$  и расчётная наружная температура воздуха  $t_{\text{н}} = -26\text{ °С}$ .

6. Определить суммарный расчётный расход теплоты на отопление и вентиляцию литейного цеха, если его объём по наружному периметру  $V = 10 \cdot 10^3\text{ м}^3$ , объём вентилируемых помещений составляет  $0,8\%$  от общего объёма. Удельная отопительная характеристика  $q_0 = 0,2\text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$ , удельная вентиляционная характеристика  $q_0 = 1,5\text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$ , средняя температура воздуха в помещении  $t_{\text{вн}} = 10\text{ °С}$  и расчётная наружная температура воздуха  $t_{\text{н}} = -28\text{ °С}$ .

7. Определить расчётный расход теплоты на горячее водоснабжение, на технологические и бытовые нужды механического цеха, если известно, что суммарный расход воды  $G_{\text{в}} = 2,5$  кг/с, средняя температура горячей воды  $t_{\text{гв}} = 50$  °С, температура холодной воды  $t_{\text{хв}} = 10$  °С, коэффициент использования тепла в водонагревателе  $\eta = 0,9$ . Теплоёмкость воды принять  $4,2$  кДж/(кг·К).

8. Определить расход воды на отопление при  $Q_{\text{о max}} = 4936$  кВт, температуре в подающей магистрали  $\tau_3 = 95$  °С, температуре воды в обратной магистрали  $\tau_{2\text{о}} = 70$  °С.

9. Определить расчётную производительность и расчётный напор питательного насоса котельной, если известны давление в барабане котла  $p_{\text{к}} = 3,6$  МПа, сопротивление всасывающего и нагнетательного трубопроводов  $H_{\text{сет}} = 0,2$  МПа, коэффициент запаса по напору  $\beta = 1,1$ , мощность электродвигателя для привода питательного насоса  $N_3 = 100$  кВт и КПД питательного насоса  $\eta_{\text{пн}} = 0,75$ .

10. Определить диаметр горловины  $d_{\text{г}}$  элеватора при условии, что приведённый расход воды для отопления равен  $G_{\text{пр}} = 14,56$  т/ч, температура сетевой воды  $\tau_1 = 150$  °С, температура воды в подающей магистрали  $\tau_3 = 95$  °С, температура воды в обратной магистрали  $\tau_{2\text{о}} = 70$  °С.

11. Определить предельную скорость воды в трубопроводах, выше которой линейное падение давления практически подчиняется квадратичному закону. При расчёте принять температуру воды  $75$  °С и эквивалентную шероховатость трубопроводов  $k_3 = 0,5$  мм.

12. Определить тепловые потери и количество выпадающего конденсата для паропровода насыщенного пара, проложенного на открытом воздухе. Данные для расчёта следующие:  $d/d_{\text{в}} = 219/207$  мм;  $l = 500$  м;  $p_{\text{ср}} = 0,6$  МПа (абс.);  $\delta_{\text{и}} = 75$  мм;  $\lambda_{\text{и}} = 0,12$  Вт/(м·°С);  $t_{\text{о}} = -30$  °С. При расчёте коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции к воздуху принять  $\alpha_{\text{и}} = 23$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С). Местные тепловые потери учесть коэффициентом  $\beta = 0,25$ .

### Перечень литературы:

#### Основная литература.

1. Ляликов, Б.А. Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий. Часть II: учебное пособие / Б.А. Ляликов. Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 2-е изд., стер. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 172 с.

2. Беспалов, В.И. Системы и источники энергоснабжения: учебное пособие / В.И. Беспалов. Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 160 с. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://www.window.edu.ru>

3. Буров, В.Д. Тепловые электрические станции: учебник для вузов / В.Д. Буров, Е.В. Дорохов, Д.П. Елизаров и др.; Под ред. В.М. Лавыгина, А.С. Седлова, С.В. Цанева. – 3-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 466 с. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://www.window.edu.ru>, Студенческий сайт специальности "Тепловые электрические станции", <http://www.03-ts.ru/>

#### Дополнительная литература.

1. Фокин, В.М. Теплогенерирующие установки систем теплоснабжения / Фокин В.М. – М.: Машиностроение-1, 2006. – 240 с.

2. Назмеев, Ю.Г. Теплоэнергетические системы и энергобалансы промышленных предприятий / Ю.Г. Назмеев, И.А. Конахин. – М.: Издательство МЭИ, 2002. – 407 с.
3. Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472 с.
4. Губарев, А.В. Теплогенерирующие установки. Часть 1: учебное пособие / А.В. Губарев, Ю.В. Васильченко. Под общ. ред. Ю.В. Васильченко. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2008. – 162 с.

#### Периодическая литература

1. Теплоэнергетика.
2. Промышленная теплоэнергетика.
3. Электрические станции.
4. Энергосбережение.

Периодическая литература, доступная на сайте <http://elibrary.ru/>

5. Электрические станции.
6. Энергетика.
7. Энергетика за рубежом.
8. Энергохозяйство за рубежом.

#### Internet-ресурсы

1. <http://www.entsn.ru>. Сайт журнала «Новости теплоснабжения».
2. <http://www.rosteplo.ru/>. Информационная система по теплоснабжению, 2003-2014.
3. <http://elib.mexmat.ru/books/83720>. Сайт электронной библиотеки Попечительского совета механико-математического факультета Московского государственного университета.
4. <http://www.03-ts.ru>
5. <http://elibrary.ru/>

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

***Вопросы***

1. Классификация паровых котлов. Основные параметры и обозначения паровых котлов.
2. Типы и конструктивные схемы паровых котлов с естественной и многократно принудительной циркуляцией, прямоточных котлов.
3. Основные определения и классификация энергетического топлива.
4. Элементарный состав и характеристики энергетического топлива. Теплота сгорания органического топлива.
5. Общее (основное) уравнение теплового баланса котла. Коэффициент избытка воздуха. Коэффициент полезного действия котла и расход топлива. Тепловые потери в котлоагрегате.
6. Горелочные устройства. Механические форсунки. Ротационные форсунки. Паровоздушные и паромеханические форсунки.
7. Горелочные устройства. Вихревые горелки. Газовые горелки. Газомазутные горелки.
8. Образование пара. Требования, предъявляемые к воде и пару. Непрерывная и периодическая продувка.
9. Методы получения чистого пара. Схемы и конструкции сепарирующих устройств.
10. Системы шлакозолоудаления. Механическая, пневматическая и гидравлическая схема шлакозолоудаления.
11. Испарительные поверхности нагрева парового котла. Гладкотрубные и газоплотные топочные экраны. Вертикальные топочные экраны котлов с естественной циркуляцией. Топочные экраны прямоточных котлов.
12. Виды пароперегревателей. Компоновка пароперегревателей. Регулирование температуры перегретого пара.
13. Низкотемпературные поверхности нагрева. Воздухоподогреватели. Экономайзеры. Коррозия поверхностей нагрева.
14. Газовоздушный тракт парового котла. Тягодутьевые устройства.
15. Подготовка твердого, жидкого и газообразного топлива к сжиганию.
16. Теплообмен в топочной камере. Методы расчёта теплообмена в топочной камере.
17. Топочные устройства для сжигания топлива.
18. Каркас и обмуровка котла.
19. Арматура парового котла. Вентили. Задвижки. Запорные краны. Трехходовые краны.
20. Арматура парового котла. Обратные клапаны. Предохранительные клапаны. Редукционные клапаны.
21. Арматура парового котла. Редукционно-охладительная установка.
22. Гарнитура парового котла.

23. Основные типы компоновок паровых котлов.
24. Тепловая схема котла.
25. Эксплуатация котельных установок. Растопка котла и подключение его к паропроводу. Поддержание материального равновесия котла.
26. Эксплуатация котельных установок. Уход за арматурой. Обслуживание топок. Уход за питательными устройствами. Обслуживание вспомогательного оборудования.
27. Эксплуатация котельных установок. Кратковременная остановка котла. Длительная остановка котла. Аварийная остановка котла.
28. Эксплуатация котельных установок. Планово-предупредительный ремонт. Межремонтное обслуживание. Текущий ремонт. Капитальный ремонт. Аварийный ремонт.
29. Содержание вредных примесей в продуктах сгорания. Золоулавливание.
30. Очистка продуктов сгорания от оксидов серы и азота.

#### Основная литература.

1. Жуков, Н.П. Котельные установки: учебное пособие / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, О.Н. Попов [и др.]; Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 80 с. – 50 экз.
2. Жуков, Н.П. Котельные установки. Паровые котлы : учебное пособие / Н. П. Жуков, Н.Ф. Майникова, О.Н. Попов [и др.]. Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 80 с. – 50 экз.

#### Дополнительная литература.

1. Бойко, Е.А. Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие для вузов / Е.А. Бойко, И.С. Деринг, С.А. Михайленко; Красноярск: Сибирский федеральный ун-т. – 2-е изд., расшир. и перераб. – Томск: Изд-во Томск. политех. ун-та, 2009. – 606 с.
2. Сидельковский, Л.Н. Котельные установки промышленных предприятий: учебник для вузов / Л.Н. Сидельковский, В.Н. Юренев. - 4-е изд., препринт. – М.: Бастет, 2009. – 528 с.
3. Эстеркин, Р.И. Котельные установки. Курсовое и дипломное проектирование: учеб. пособие для техникумов / Р. И. Эстеркин. – СПб.: Интеграл, 2011. – 280 с.
4. Делягин, Г.Н. Теплогенерирующие установки: учебник для вузов / Г. Н. Делягин, В.И. Лебедев, Б. А. Пермяков, П. А. Хаванов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Бастет, 2010. – 624 с.

#### Периодическая литература

1. Теплоэнергетика.
2. Промышленная теплоэнергетика.
3. Электрические станции.
4. Экология и промышленность России.
5. Энергосбережение.
6. Электрические станции.
7. Энергетика.
8. Энергетика за рубежом.
9. Энергохозяйство за рубежом.

Периодическая литература, доступная на сайте <http://elibrary.ru/>

**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 холодопроизводительности и холодильного коэффициента.
25. Цикл парокомпрессорной холодильной машины. Определение удельной холодопроизводительности 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  $t_{\text{в}} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$  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 Лаваля 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  $80 \text{ г}$  дизельного топлива (теплота сгорания  $Q_{\text{н}}^{\text{p}} = 42,5 \text{ МДж}/\text{кг}$ ). При этом нагрузка электрогенератора, служащего тормозным устройством, определялась по ваттметру и составляла  $5 \text{ кВт}$ . 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  $p = 0,6 \text{ МПа}$  и температуру  $t_{\text{вых}} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ , а на выходе из рефрижератора – температуру  $t_{\text{реф}} = -12 \text{ }^\circ\text{C}$ . 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  $p_1 = 8,5 \text{ МПа}$  и  $t_2 = 410 \text{ }^\circ\text{C}$ , при этом давление в конденсаторе установки  $p_{\text{к}} = 0,05 \text{ МПа}$ .

9. Пользуясь  $h - s$  диаграммой водяного пара и таблицами насыщенных состояний, определить удельный расход пара в  $\text{кг}$  пара на  $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$  выработанной энергии для паро-



силовой 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. Ляшков, В.И. Теоретические основы теплотехники. Учеб. пособие для вузов / Под ред. В.И. Ляшкова. – М.: Высш. шк, 2008. – 318 с.

2. Рудобашта, С.П. Диффузия в химико-технологических процессах: учебное пособие для вузов / С. П. Рудобашта, Э. М. Карташов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: КолосС, 2010. – 478 с.

#### Дополнительная литература.

1. Жуков, Н.П. Определение гранулометрического состава твердых топлив ситовым методом: лабораторная работа / Н.П. Жуков, Е.В. Кариб, А.С. Чех, И.В. Рогов. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2007. – 12 с.

2. Ляшков, В.И. Технический анализ твердого топлива: лаб. работы № 1 и № 2 по теплотехнике / В. И. Ляшков. – Тамбов: ТИХМ, 1977. – 24 с.

3. Быченко, В.И. Термодинамика: лаб. работы / В. И. Быченко, В. И. Ляшков; ТИХМ. – Тамбов, 1992. – 32 с.:

4. Быченко, В.И. Теплопередача: лаб. работы / В. И. Быченко, И. А. Черепенников; Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов, 1995. – 32 с.

#### Периодическая литература

1. ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА: Ежемес. теорет. и науч.-практ. журн. / РАН и др.

2. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА: Ежемес. производ. - техн. журн. / Министерство энергетики РФ.

#### Internet-ресурсы

1. <http://www.xumuk.ru/teplotehnika/>

2. <http://www.teplota.org.ua/>

3. <http://x-term.ru/>

**Дисциплина: «Основы трансформации теплоты.**  
**Нагнетатели и тепловые двигатели»**

***Вопросы***

1. Общие понятия о термотрансформаторах: назначение, особенности термодинамических циклов на примере воздушной холодильной машины.
2. Парокомпрессионные холодильные машины. Схема устройства и реализуемый термодинамический цикл.
3. Абсорбционные холодильные машины. Устройство и функционирование водоаммиачной машины.
4. Тепловые насосы: назначение, преимущества и недостатки, схемные решения.
5. Повышающие термотрансформаторы. Назначение, особенности схемных решений.
6. Принцип действия и основы устройства паровых турбин. Особенности работы активных и реактивных турбин, степень реактивности турбины.
7. Понятие о сопловой и лопаточной решётках, характеристики решётки. Треугольники скоростей и основы газодинамического расчета решеток.
8. Выбор числа ступеней и числа цилиндров паровой турбины. Расчёт размеров сопл и межлопаточных каналов.
9. Расчёт крутящего момента и теоретической мощности ступени давления турбины.
10. Типы потерь и структура КПД паровых турбин и ГТУ.
11. Работа турбины на частичных режимах, способы регулирования мощности паровых турбин и ГТУ.
12. Классификация и принципиальные схемы ГТУ внутреннего и внешнего сгорания. Преимущества и недостатки импульсных ГТУ. Преимущества и недостатки двухвальных газовых турбин.
13. Рабочие процессы проточных ГТУ с несколькими камерами сгорания.  $T-s$  диаграмма рабочего процесса многоступенчатой турбины с дожиганием топлива и регенерацией тепла отработанных газов.
14. Назначение и классификация поршневых ДВС, их основные входные и выходные параметры. Безразмерные характеристики цикла ДВС. Средняя скорость, поршня как мера быстроходности двигателя.
15. Основы теплового расчета ДВС. Определение основных размеров рабочего цилиндра, числа цилиндров и числа оборотов двигателя.
16. Потери работоспособности в ДВС, понятие о внутреннем относительном КПД. Эффективный КПД двигателя. Среднее индикаторное и среднее эффективное давление.
17. Кинематика и динамика кривошипно-шатунного механизма. Силы, действующие в поршневых ДВС, их уравнивание.
18. Скоростные и нагрузочная и другие характеристики поршневых ДВС.

19. Назначение и классификация компрессоров. Допустимые степени повышения давления, многоступенчатое сжатие, роль промежуточного охлаждения.
20. Газо- и гидродинамические основы расчета турбо - и гидромашин. Уравнения Д. Бернулли, Л. Эйлера и неразрывности для установившихся режимов течения.
21. Устройство осевых компрессоров. Решетки направляющего аппарата и рабочих лопаток. Треугольники скоростей в характерных точках осевого компрессора.
22. Определение выходного давления и работы на привод осевого компрессора. Внутренний политропный КПД компрессора. Определение числа оборотов, диаметра рабочего колеса и числа лопаток осевого компрессора.
23. Устройство и рабочий процесс центробежного компрессора. Теоретический напор и подача центробежного компрессора. Работа на привод и потребляемая мощность компрессора.
24. Принципиальная схема поршневого компрессора. Идеальная и реальная индикаторные диаграммы поршневого компрессора. Коэффициент подачи компрессора, его зависимость от величины мертвого объема.
25. Факторы, ограничивающие степень повышения давления. Определение числа ступеней компрессора. Сравнительный анализ различных вариантов сжатия газа в компрессоре (адиабатное, политропное, изотермическое).
26. Конструктивные типы поршневых компрессоров. Компрессорные установки, вспомогательное оборудование этих установок.
27. Регулирование подачи и характеристика поршневого компрессора.
28. Центробежные вентиляторы. Основы устройства и принцип работы. Расчет скоростей на рабочих лопатках и в направляющем аппарате центробежного вентилятора.
29. Безразмерные характеристики центробежных вентиляторов и определение рабочей точки на них.
30. Формы рабочих колес и их влияние на выходные характеристики центробежного вентилятора.

### **Задачи**

1. 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  $\phi = 0,93$ . Начальная скорость пара перед соплом  $c_1 = 50$  м/с.

2. Определить относительную скорость течения пара на входе в лопаточную решетку реактивной турбины  $w_1$  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  $\phi = 0,89$ , начальная скорость пара перед соплом  $c_1 = 50$  м/с, средний диаметр ступени  $d = 900$  мм, число оборотов турбины  $n = 3000$  об/мин, входной угол  $\alpha = 20$ °С.

3. Определить внутренний относительный КПД ступени 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  $\phi = 0,93$ . Начальная скорость пара перед соплом  $c_1 = 50$  м/с.

4. 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. Коэффици-

ент скорости сопла  $\varphi = 0,89$ , начальная скорость пара перед соплом  $c_1 = 50$  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  $\psi = 0,87$ .

5. Определить площадь выходного сечения  $f_2$  одной из ступеней сопла реактивной турбины со степенью реактивности  $\rho = 0,5$ , если параметры пара на входе в сопло  $p_1 = 2,4$  МПа и  $t_1 = 340^\circ\text{C}$ , а давление на выходе  $p_2 = 1,1$  МПа. Коэффициент скорости сопла  $\varphi = 0,89$ , начальная скорость пара перед соплом  $c_1 = 50$  м/с, действительный массовый расход пара через сопло  $M = 2,5$  кг/с.

6. Паровая турбина работает с начальными параметрами  $p_0 = 3,5$  МПа и  $t_0 = 435^\circ\text{C}$ . Давление пара в конденсаторе  $p_k = 0,008$  МПа. Турбина приводит в действие электрогенератор мощностью  $N_r = 15000$  кВт. Внутренний относительный КПД турбины  $\eta_{io} = 0,77$ , механический КПД  $\eta_m = 0,91$ , КПД генератора  $\eta_r = 0,97$ . Определить действительный расход пара  $D$  (в кг/с) через турбину.

7. 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  $\eta_m = 0,87$ .

8. Определить число ступеней центробежного компрессора и удельную работу на привод для сжатия воздуха от давления  $p_1 = 0,1$  МПа до давления  $p_2 = 1,2$  МПа.

9. Определить число ступеней осевого компрессора и удельную работу на привод для сжатия воздуха от давления  $p_1 = 0,1$  МПа до давления  $p_2 = 1,2$  МПа.

10. Определить число ступеней поршневого компрессора и удельную работу на привод для сжатия воздуха от давления  $p_1 = 0,1$  МПа до давления  $p_2 = 1,2$  МПа.

11. Определить среднее индикаторное давление  $p_i$  в цилиндре двухтактного четырехцилиндрового поршневого двигателя, имеющего диаметр цилиндра  $d = 150$  мм, ход поршня  $s = 180$  мм и развивающего эффективную мощность  $N_e = 300$  кВт. Механический КПД принять  $\eta_m = 0,84$ .

12. Определить удельную холодопроизводительность воздушной холодильной машины, компрессор которой имеет степень повышения давления  $\lambda = 4,5$ . Температура воздуха на выходе из компрессора  $t_2 = 75^\circ\text{C}$ , а давление  $p_2 = 0,6$  МПа. Производительность компрессора по параметрам газа на входе  $G = 5$  м<sup>3</sup>/с.

#### Основная литература.

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

2. Ляшков, В.И. Тепловые двигатели и нагнетатели: учеб. пособие / В.И Ляшков. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2009. – 129 с.

#### Дополнительная литература.

1. Трухиний, А.Д. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки: учеб. / А.Д. Трухиний, Б.В. Ломакин. – М.: Изд-во МЭИ, 2002. – 540 с.

2. Цанев, С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учеб. / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.Н. Ремезов. – М.: Изд-во МЭИ, 2002. – 584 с.

3. Архаров, В.И. Теплотехника: учеб. / В.И. Архаров. – М., 2004. – 454 с.

4. Крутов, В.И. Теплотехника: учеб. / В.И. Крутов. – М., 1986. – 427 с.

5. Пospelов, Г.А. Руководство по курсовому и дипломному проектированию по холодильным и компрессорным машинам: учеб. пособие / Г.А. Пospelов, Р.Г. Биктанова, Р.М. Галлиев. – М., 1986. – 264 с.

6. Леонков, А.М. Паровые и газовые турбины. Курсовое проектирование: учеб. пособие / А.М. Леонков. – М., 1986. – 182 с.

7. Ляшков, В.И. Тепловые двигатели и нагнетатели: метод. указания к лаб. работам / В.И. Ляшков, В.А. Русин. – Тамбов: изд-во ТГТУ, 2006. – 25 с.

#### Периодическая литература.

1. Журнал «Турбины и дизели».
2. Журнал «Теплоэнергетика».
3. Журнал «Энергетическое оборудование».
4. Журнал «Теплоэнергоэффективные технологии».
5. Журнал «Энергоснабжение и водоподготовка».
6. Журнал «Электрические станции».

Периодическая литература, доступная на сайте <http://elibrary.ru/>