**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

При выполнении контрольной работы следует соблюдать следующие требования:

1. Обязательно полностью записывать условия задач и отдельно исходные данные в соответствии с шифром. **Вариант - (3)**

2. Решение задачи сопровождать кратким пояснительным текстом, в котором указать, какая величина определяется и по какой формуле, какие величины подставляются в формулу и откуда они берутся (из условия задачи, справочника и определены были выше и т.д.). Ссылки на литературу производить по ГОСТ 7.1-84 в соответствии со списком литературы в конце контрольной работы.

3. При решении задач использовать международную систему единиц (СИ). Если какая-либо величина, выбранная из справочника, имеет ед. измерения в другой системе единиц, то её необходимо представить в системе СИ и продолжать решение задачи, используя международную систему.

4. Давать краткий анализ результатов, полученных при решении задач.

5.Отвечать на контрольные вопросы кратко и конкретно.

При решении задач контрольной работы используйте рекомендации и основные уравнения, приведенные ниже.

Состав газовой смеси может быть задан массовыми или объёмными долями.

Массовая доля определяется отношением массы отдельного газа, входящего в состав смеси, к массе всей смеси



Объёмной долей называется отношение объема каждого компонента, входящего в смесь, к объёму всей газовой смеси

*r*i= 

Молекулярная масса смеси определяется

*μ*см =  или  

Газовая постоянная смеси определяется

*R*см=или*R*см= 

Начальный объём газовой смеси, плотность при нормальных условиях и параметры смеси в конечных состояниях находят из уравнения состояния

*pυ= RT* *pV= mRT*

Измерения внутренней энергии и энтальпии для любого процесса определяется

Δ*u*= *C*υсм(*T*2-*T*1)

Δ*i*= *C*pсм(*T*2-*T*1)

Изменение энтропии определяют:

для изохорного процесса

Δ*S*= *C*υсмln

для изобарного процесса

Δ*S*= *C*pсм ln 

для политропного процесса

Δ*S*= *C*nсмln

для изотермического процесса

Δ*S*= *R*ln= *R*ln

Значение внутренней энергии, энтальпии и энтропии:

*u*2= *c*υсм *T*2

*i*2= *u*2+ *p*2 *υ*2

*s*2= *c*pсмln-*R*см ln

Количество теплоты определяется:

в изобарном процессе

Qp= mсpсм(T2-T1)

в изохорном процессе

*Q*υ= *mс*υсм(*T*2-*T*1)

в изотермическом процессе

*Q*= *L= p*1*V*1ln= *p*1*V*1ln=*RT*ln=*RT*ln

в политропном процессе

*Q*n= *mс*nсм(*T*2-*T*1)

Работа в процессе определяется:

в изобарном процессе

*L*p= *p(V*2-*V*1)= *mR*(*t*2-*t*1)

в изохорном процессе

*L*v=0, т. к. *V*=const

в политропном процессе



Теоретическая мощность двигателя для привода компрессора:

*N*T=

*L*0- теоретическая работа компрессора

При изотермическом сжатии теоретическая работа компрессора равна работе изотермического сжатия:

*L*0=*L*сж

При адиабатном сжатии теоретическая работа компрессора в k раз больше работы адиабатного сжатия:

*L*0=*kL*сж

При политропном сжатии теоретическая работа компрессора в n раз больше работы политропного сжатия:

*L*0=*nL*сж

Для охлаждения цилиндра компрессора его рубашка омывается водой. Количество воды, необходимое для прокачки определим:

*m*воды=

где:св=4,19 кДж/кг·К- теплоёмкость воды

Δt-разность температур (обычно принимают Δt=5-200С)

При решении задач, связанных с водяным паром, количество подводимой (отводимой) теплоты определяется:

*q*=iк-*i*н

Степень сухости пара определяется по i-S диаграмме.

Работа цикла определяется:

*l*=*i*1-*i*2

Термический КПД цикла определяется:

*η*t=

Удельный расход пара (кг/кВт г) определяется:

*d*0=

При решении задач ДВС и ГТУ КПД цикла определяется

η= 1- (q2/q1)

**Задания к контрольной работе.**

**Задача 1.** Смесь, состоящая из *m*1, кг азота и *m*2, кг водорода, имея начальные параметры: давление *p*1=5 MПа и температуру *t*1=270C, расширяется при постоянном давлении до обьема *V*2= *ρV*1, затем смесь расширяется в политропном процессе с показателем политропы *n* , *V*3=*δV*2.

Определить газовую постоянную смеси, ее начальный объём *V*1, плотность при нормальных условиях, параметры смеси в состояниях 2 и 3, изменение внутренней энергии, энтальпии, энтропии, количества теплоты и работы расширения процессов 1-2 и 2-3. Изобразить процессы в *pυ*- и *Тs*- диаграммах, нанести также изотерму и адиабату расширения, проходящие через точку 2.

Данные для решения задачи выбрать из таблицы 1

Т а б л и ц а 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Последн. цифра шифра | m1,кг | m2, кг | ρ=V2/V1 |  | n | δ=V3/V2 |
| 0 | 2 | 18 | 3,5 |  | 1,20 | 20 |
| 1 | 3 | 17 | 4,0 |  | 1,25 | 11 |
| 2 | 4 | 16 | 4,5 |  | 1,30 | 7 |
| **3** | **5** | **15** | **5,0** |  | **1,35** | **5,5** |
| 4 | 6 | 14 | 5,5 |  | 1,45 | 3,8 |
| 5 | 7 | 13 | 5,0 |  | 1,50 | 3,3 |
| 6 | 8 | 12 | 4,5 |  | 1,45 | 3,5 |
| 7 | 9 | 11 | 4,0 |  | 1,35 | 6,5 |
| 8 | 10 | 10 | 3,5 |  | 1,30 | 8,0 |
| 9 | 11 | 9 | 3,0 |  | 1,20 | 11 |

П р и м е ч а н и е. Теплоемкость газов N2 и H2 принять зависящими от температуры, их численные значения выбрать из таблицы в приложении.

**ПРИЛОЖЕНИЕ НА ПОСЛЕДНЕМ ЛИСТЕ!**

**Задача 2.** Смесь газов, заданная массовыми долями, с начальной температурой *t*1=270С сжимается в одноступенчатом поршневом компрессоре от давления *p*1=0,1 MПа до давления *p*2.

Сжатие может проходить по изотерме, адиабате и политропе с показателем политропы *n*.

Определить для каждого из трех процессов сжатия конечную температуру *t*2, отведенное от смеси количество теплоты, изменение внутренней энергии и энтропии смеси, а также теоретическую мощность компрессора, если его подача *G*, кг/ч. Представить свободную таблицу результатов расчетов и изображение процессов сжатия в *pυ*- и *Ts*- диаграммах. Данные для решения задачи выбрать из таблицы 2.

П р и м е ч а н и е .Расчет провести без учета зависимости теплоемкости газов от температуры.

Т а б л и ц а 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Посл. цифр. шифр. | Массовые доли компонентов газовой смеси | | | | | | n | p2, MПа | G·  10-3,  кг/ч |
| O2 | N2 | CO | CО2 | H 2О | H2 |
| 0 | 0,2 | 0,8 |  |  |  |  | 1,25 | 0,9 | 0,3 |
| 1 |  |  | 0,5 | 0,5 |  |  | 1,22 | 1,0 | 0,4 |
| 2 | 0,7 |  | 0,3 |  |  |  | 1,30 | 0,85 | 0,5 |
| **3** |  | **0,6** |  | **0,4** |  |  | **1,28** | **0,8** | **0,6** |
| 4 |  |  |  | 0,5 | 0,5 |  | 1,20 | 0,95 | 0,7 |
| 5 |  | 0,2 |  |  |  | 0,8 | 1,23 | 0,9 | 0,8 |
| 6 |  |  | 0,4 |  |  | 0,6 | 1,27 | 0,85 | 0,9 |
| 7 |  |  | 0,8 | 0,2 |  |  | 1,26 | 0,9 | 1,0 |
| 8 |  | 0,9 |  |  |  | 0,1 | 1,33 | 0,8 | 1,1 |
| 9 |  | 0,5 |  | 0,5 |  |  | 1,21 | 0,85 | 1,2 |

Ответить на вопросы.

1.В каком из процессов сжатия мощность, затрачиваемая на привод компрессора, будет больше?

2.Какое количество воды необходимо прокачивать через рубашку цилиндра при сжатии газа по изотерме и политропе, если температура воды при этом повышается на 200С?

**Задача 3.** Сухой насыщенный водяной пар с начальным давлением *p*1=10 MПа поступает в пароперегреватель, где его температура изобарно повышается на Δ*t*, 0С; после чего пар адиабатно расширяется в турбине до давления *р*3. Пользуясь *is*-диаграммой водяного пара, определить (в расчете на 1 кг пара) количество теплоты, подведенной в пароперегреватель, степень сухости пара в конце процесса расширения x3, работу цикла Ренкина, термический КПД цикла и удельный расход пара. Определить работу цикла и конечную степень сухости пара, если после пароперегревателя пар дросселируется до давления *р*2′.

Данные для решения задачи выбрать из таблицы 3.

Т а б л и ц а 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Посл. цифр. шифр. | Δt, 0С |  | р3, кПа | р′2, кПа | Посл. цифр. шифр. | Δt, 0С | р3, кПа | р′2, кПа |
| 0 | 200 |  | 3,5 | 2,5 | 5 | 250 | 4,0 | 1,8 |
| 1 | 210 |  | 4,0 | 2,0 | 6 | 260 | 4,5 | 2,4 |
| 2 | 220 |  | 4,5 | 1,5 | 7 | 270 | 3,5 | 1,9 |
| **3** | **230** |  | **3,5** | **1,0** | **8** | **280** | **4,0** | **1,2** |
| 4 | 240 |  | 4,5 | 2,3 | 9 | 290 | 3,5 | 1,6 |

Ответить на вопросы.

1.Как влияют начальные давление и температура перегретого пара, а также процесс дросселирования на величину конечной степени сухости при адиабатном истечении пара через сопло?

2.Как влияет промежуточный перегрев пара на значение конечной степени сухости при истечении пара?

Ответы иллюстрировать изображением процессов в is-диаграмме.

**Задача 4.** Для идеального цикла поршневого двигателя внутреннего сгорания с подводом теплоты при постоянном давлении или постоянном объеме определить параметры рабочего тела в характерных точках цикла, полную работу, количество подведенной и отведенной теплоты, термических КПД цикла. Изобразить цикл двигателя в p-v и T-s диаграммах. Константы рабочего тела (продуктов сгорания) принять по воздуху. Удельную теплоемкость воздуха принять независящей от температуры и равной cp = 1,04 кДж/(кг·К), k = cp / cV = 1,4.

Начальное давление p1 принять равным атмосферному, начальную температуру t1 – равной температуре окружающего воздуха.

Данные для решения задачи выбрать из табл. 1.

О т в е т и т ь н а в о п р о с ы:

1. Как влияет степень сжатия на термический КПД цикла?

2. КПД какого цикла (при p = const или v = const) больше при одинаковых степенях сжатия? Ответы иллюстрировать изображением циклов в p-v и T-s диаграммах.

3. Как изменится КПД ДВС с уменьшением показателя адиабаты k?

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Посл. цифр. шифр. | **Степень**  **сжатия**  **ε** | **Степень**  **предварит.**  **расширения**  **ρ** | **Степень**  **повышения давления**  **λ** |  | **Температура окружающего воздуха,**  **°С** | **Атмосферное давление,**  **мм рт. ст.** |
| 0  1  2  **3**  4  5  6  7  8  9 | 10  11  12  **13**  14  4  5  6  7  8 | 2,0  2,2  2,8  **3,2**  3,3  -  -  -  -  - | -  -  -  **-**  -  1,8  2,5  3,0  3,3  3,6 |  | 5  5  10  **10**  15  15  20  20  25  25 | 750  750  740  **740**  730  730  760  760  745  745 |

**Задача 5.** Для идеального цикла газотурбинной установки с подводом теплоты при постоянном давлении или постоянном объеме определить параметры рабочего тела в характерных точках цикла, степень сжатия, полную работу, количество подведенной и отведенной теплоты, термический КПД цикла. Изобразить цикл в p-v и T-s диаграммах.

Константы рабочего тела (продуктов сгорания) принять по воздуху. Удельную теплоемкость воздуха принять независящей от температуры и равной cp = 1,04 кДж/(кг·К), k = cp / cV = 1,4.

Начальное давление p1 принять равным атмосферному давлению, начальную температуру t1 – равной температуре окружающего воздуха, степень повышения давления π, температуру газа перед турбиной t3.

Данные для решения задачи выбрать из табл. 2.

О т в е т и т ь н а в о п р о с ы:

1. Как влияет температура газа перед турбиной t3 на мощность ГТУ?

2. Как влияет на КПД ГТУ степень повышения давления? Ответы иллюстрировать изображением циклов в p-v и T-s диаграммах.

3. Чем ограничивается максимальная температура газов перед турбиной?

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Посл. цифр. шифр. | **Степень**  **повышения**  **давления**  **π** | **Температура**  **газа перед**  **турбиной,**  **°С** | **Атмосферное давление,**  **мм рт. ст.** |  | **Температура окружающего воздуха,**  **°С** |
| 0  1  2  **3**  4  5  6  7  8  9 | 5,0  5,5  6,0  **6,5**  7,0  7,5  8,0  8,5  9,0  9,5 | 600  620  650  **680**  700  720  740  760  780  800 | 735  735  740  **745**  750  755  760  760  740  735 |  | 17  20  25  **10**  15  17  22  19  24  18 |

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

Справочные таблицы

Мольные изобарные средние теплоемкости газов, μСpm, кДж/(моль·К)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t,оС | Воздух | Кислород | Азот N2 | Водород  Н2 | Водяной пар Н2О | Окись углерода СО | Углекислый газ СО2 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 0 | 29,073 | 29,274 | 29,115 | 28,617 | 33,499 | 29,123 | 35,860 |
| 100 | 29,153 | 29,538 | 29,144 | 28,935 | 33,741 | 29,178 | 38,112 |
| 200 | 29,299 | 29,931 | 29,228 | 29,073 | 34,188 | 29,303 | 40,059 |
| 300 | 29,521 | 30,400 | 29,383 | 29,123 | 34,575 | 29,517 | 41,755 |
| 400 | 29,789 | 30,878 | 29,601 | 29,186 | 35,090 | 29,789 | 43,250 |
| 500 | 30,095 | 31,334 | 29,864 | 29,249 | 35,630 | 30,099 | 44,573 |
| 600 | 30,405 | 31,761 | 30,149 | 29,316 | 36,195 | 30,426 | 45,753 |
| 700 | 30,723 | 32,150 | 30,451 | 29,408 | 36,789 | 30,752 | 46,813 |
| 800 | 31,028 | 32,502 | 30,748 | 29,517 | 37,392 | 31,070 | 47,763 |
| 900 | 31,321 | 32,825 | 31,037 | 29,647 | 38,008 | 31,376 | 48,617 |
| 1000 | 31,598 | 33,118 | 31,313 | 29,789 | 38,619 | 31,665 | 49,392 |
| 1200 | 32,109 | 33,633 | 31,828 | 30,107 | 39,825 | 32,192 | 50,740 |
| 1400 | 32,565 | 34,076 | 32,293 | 30,467 | 40,976 | 32,653 | 51,858 |
| 1600 | 32,967 | 34,474 | 32,699 | 30,832 | 42,056 | 33,051 | 52,800 |
| 1800 | 33,319 | 34,834 | 33,055 | 31,192 | 43,070 | 33,402 | 53,604 |
| 2000 | 33,641 | 35,169 | 33,373 | 31,548 | 43,995 | 33,708 | 54,290 |
| 2200 | 33,296 | 35,483 | 33,658 | 31,891 | 44,853 | 33,980 | 54,881 |
| 2400 | 34,185 | 35,785 | 33,909 | 32,222 | 45,645 | 34,223 | 55,391 |

Значения мольных теплоёмкостей газов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Газы | Мольная теплоемкость, кДж/(кмоль ·К) | |
| μСυ | μСp |
| Одноатомные | 12,56 | 20,93 |
| Двухатомные | 20,93 | 29,31 |
| Трех- и многоатомные | 29,31 | 37,68 |