**Контрольная работа 1**

 **Цель работы:** изучение термодинамических процессов (задачи 1-4).

**Условие задачи 1:**

 В баллоне объем 15л находится воздух под давлением 0,4 МПа и при температуре 30°С. Определить конечную температуру воздуха, если к нему подвели 16 кДж теплоты. Удельная средняя изохорная теплоемкость воздуха ***с v =736Дж/кг\*К***.

***Вариант V, л Воздух p, МПа t °С Q, кДж***

 1. 15 0,4 30 16

 2. 15 0,5 32 18

 3. 15 0,6 34 20

 4. 15 0,7 36 22

 5. 15 0,8 38 24

 6. 20 0,4 30 24

 7. 20 0,5 32 22

 8. 20 0,6 34 20

 9. 20 0,7 36 18

10. 20 0,8 38 16

11. 25 0,4 30 16

12. 25 0,5 32 18

13. 25 0,6 34 20

14. 25 0,7 36 22

15. 25 0,8 38 24

16. 10 0,4 30 24

17. 10 0,5 32 22

18. 10 0,6 34 20

19. 10 0,7 36 18

20. 10 0,8 38 16

**Указания к решению задания:**

 Перед решением каждой задачи необходимо перевести все данные в систему измерения СИ.

**Решение задачи:**

 Для определения конечной температуры воздуха воспользуемся формулой:

***Q = m с v (T2 −T1),***

откуда

***T2 = Q / mcv +T1.***

 Для определения массы воспользуемся уравнением Клапейрона:

***pV = mRT ,***

 откуда

***m = pV / RT1 =0,4\*106 \*15\*10 −3 /(287\*303 )=0,07кг,***

***T2 = Q / mcv +T1 =16\*103 /(0,07\*736)+303=614К.***

**Условие задачи 2:**

 Азот массой 0,5кг расширяется при постоянном давлении 0,3МПа так, что температура его повышается от 100 до 300°С. Определить конечный объем азота, совершаемую им работу и подведенную теплоту.

 ***Вариант Масса, кг p, МПа t1 °C t° C***

1. 0,5 0,3 100 300

2. 0,6 0,4 120  300

3. 0,7 0,5 130  300

4. 0,8 0,6 140  300

5. 0,9 0,7 150  300

6. 0,5 0,7 100  320

7. 0,6 0,6 100  340

8. 0,7 0,5 100  360

9. 0,8 0,4 100  380

 10. 0,9 0,3 100   400

11. 0,5 0,3 50  200

12. 0,6 0,4 100  200

13. 0,7 0,5 150  200

14. 0,8 0,6 160  200

15. 0,9 0,7 170  200

16. 0,9 0,7 50  250

17. 0,8 0,6 50  250

18. 0,7 0,5 50  250

19. 0,6 0,4 50  250

20. 0,5 0,3 50  250

**Указания к решению задания:**

 Для определения конечного объема воспользуемся формулой:

***V2 =V1 T2 /T1.***

 Для определения начального объема воспользуемся уравнением Клапейрона:

***pV = mRT,.***

 откуда

***V1 = mRT 1/ p = 0,5\*297\*373/(0,3\*10 6) = 0,18м3***

***V2 =V1T2 /T1 =0,18\*573/373=0,28 м3.***

 Работа изобарного процесса:

 ***L = p (V2 - V1) =0,3\*106 \*( 0,28 − 0,18) = 30кДж.***

 Уравнение первого закона термодинамики имеет вид:

***q = ∆u + l = cp (T2 - T1),***

 где ***сp*** - удельная средняя изобарная теплоемкость

****

 где  - табличное значение теплоемкости при постоянном давлении соответствующее ***t2***;  - табличное значение теплоемкости при постоянном давлении соответствующее ***t1***:

***сp =1,0316\*300 −1,04\*100/(300 −100)=1,0274кДж/(кг\*К)***

***q = cp (T2 - T1) = 1027,4\*(573 − 273)=205,5кДж.***

**Условие задачи 3:**

 В компрессоре сжимается воздух массой 2кг при постоянной температуре 200°С от начального давления 0,1МПа до конечного 2,5МПа. Определить массу воды, потребовавшуюся для охлаждения воздуха, если ее начальная температура была 15°С, а конечная стала 50°С. Удельная теплоемкость ***с воды = 4,19кДж/(кг\*К).***

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Вариант*** | ***Масса******воздуха, кг*** | ***t °C воздуха***  | ***p1, МПа***  |  ***p2 МПа***  | ***t1°C воды***  | ***t2 °С воды*** |

 1. 2 200 0,1 2,5 15 50

 2. 2,1 200 0,1 3 10 60

 3. 2,2 200 0,1 3 10 60

 4. 2,3 200 0,1 3 20 40

 5. 2,4 200 0,1 3 20 40

 6. 2,5 250 0,2 2 15 40

 7. 2,6 250 0,2 2 15 50

 8. 2,7 250 0,2 2 10 60

 9. 2,8 250 0,2 2 10 70

 10. 2,9 250 0,2 2 10 40

 12. 2,9 150 0,3 2 10 40

 13. 2,8 150 0,3 2 10 40

 14. 2,7 150 0,3 2 10 50

 15. 2,6 150 0,3 2 10 50

 16. 2,5 100 0,2 3 20 50

 17. 2,4 100 0,2 3 20 50

 18. 2,3 100 0,2 3 20 60

 19. 2,2 100 0,2 3 20 60

 20. 2,1 100 0,2 3 20 60

 **Указания к решению задания**:

 При изотермическом процессе уравнение первого закона термодинамики имеет вид:

***L = Q = RT ln(V2/ V1 ).***

 Для определения начального и конечного объема воздуха воспользуемся уравнением Клапейрона:

***pV = mRT ,***

откуда

***V1 = mRT / p1 =2\*287\*473/(0,1\*106 ) = 2,7м3***

***V2 = mRT / p2 =2\*287\*473/(2,5\*106 )=0,12 м3***

***Q = RT ln(V2 / V1 ) = 287\*473\*ln(0,12/2,7) = − 422663Дж,***

 здесь знак минуса показывает, что тепло отводится. Для определения массы воды воспользуемся формулой:

***Q = mcводы (T2 −T1) ,***

откуда

***m = Q /(c воды (T2 - T1 )) = 422663/(4190\*(323 − 288))=2,9кг.***

 **Условие задачи 4:**

 Воздух массой 2кг при давлении 1МПа и температуре 300°С расширяется по адиабате так, что его объем увеличивается в 5 раз. Определить конечный объем, давление и температуру воздуха, работу расширения и изменение внутренней энергии.

**Указания к решению задания.**

 При адиабатном процессе не подводится и не отводится тепло. Уравнение первого закона термодинамики будет иметь вид ***L = −∆U*** ,

 где ***L = (1/( k - 1))( p1V1 – p2V2),*** где ***k***- это показатель адиабаты. В данном случае показатель адиабаты для воздуха равен 1,4.

***V1 = mRT1 / p1 =2\*287\*573/10 6 =0,33м3***

***V2 = 5V1 =5\*0,33=1,65м3.***

 Для определения конечного давления воспользуемся формулой:

 ***Вариант Масса воздуха, кг p1, МПа t1 °C***

 1. 2 1 300

 2. 2,1 1 300

 3. 2,2 1 300

 4. 2,3 1 300

 5. 2,4 1 300

 6. 2,5 1 300

 7. 2,6 1 300

 8. 2,7 1 300

 9. 2,8 1 300

 10. 2,9 1 300

 11. 3 0,5 250

 12. 3,1 0,5 250

 13. 3,2 0,5 250

 14. 3,3 0,5 250

 15. 3,4 0,5 250

 16. 3,5 0,5 250

 17. 3,6 0,5 250

 18. 3,7 0,5 250

 19. 3,8 0,5 250

 20. 3,9 0,5 250



Откуда

 ***p2 = p1 (V1 /V2 ) k = 10 6 \*(0,33/1,65) 1.4 =105,1кПа***

 ***T2 = p2V2 /(mR) =105,1\*103 \*1,65/(2\*287)=302К .***

 Работа расширения воздуха равна

***L = (1/( k – 1))( p1 V1 – p2 V2) = (1/(1,4 −1))(106 \*0,33 - 0,1051\*106***

***\*1,65)=0,4МДж,***

***∆U = − L = 0,4 МДж.***

**Контрольная работа 2.**

 **Цель работы:** изучение основных законов циклов газотурбинных установок с подводом теплоты в процессе ***p=const.***

**Условие задачи 5:**

 Дан идеальный цикл газовой турбины с подводом теплоты при ***p=const.*** Найти параметры в характерных точках цикла, полезную работу, термический к.п.д., количество подведенной теплоты, если известно: ***p1= 100кПа; t1 =30 °С ; t3 =750 °С*** . Теплоемкость ***C=const.*** Рабочее тело - воздух.Степень повышения давления

 ***p2/p1=λ =10***. Коэффициент ***k=1,4.***

 ***Вариант p1, кПа t1 °С t3 °С λ***

 1. 100 30 750 10

 2. 120 25 760 10

 3. 140 20 770 10

 4. 160 15 780 10

 5. 180 10 790 10

 6. 200 10 750 12

 7. 100 15 760 12

 8. 120 20 770 12

 9. 140 25 780 12

 10. 160 30 790 12

 11. 180 30 750 10

 12. 200 25 760 10

 13. 100 20 770 10

 14. 120 15 780 10

 15. 140 10 790 10

 16. 160 10 750 12

 17. 180 15 760 12

 18. 200 20 770 12

 19. 180 25 780 12

 20. 160 30 790 12

**Указания к решению задания:**



 На рис. 1 представлен идеальный цикл ГТУ в ***pV*** координатах. 1-2 - адиабатное сжатие до давления ***p2*** ; 2-3 – подвод теплоты ***q1*** при постоянном давлении ***p2*** (сгорание топлива); 3-4 – адиабатное расширение до первоначального давления p1 ; 4-1 – охлаждение рабочего тела при постоянном давлении ***p1*** (отвод теплоты ***q2*** ).

***Решение задачи***:

 1. Определение параметров в характерных точках цикла:

 Для определения параметров необходимо применить формулу Клапейрона для 1 кг массы газа:

***pυ =RT,***

 где R - газовая постоянная и представляет работу 1 кг газа в процессе при постоянном давлении и при изменении температуры на 1 градус.

 Определим параметры в точках:

Т.1: (для определения параметров будем пользоваться формулой Клапейрона для 1 кг массы газа ***pυ =RT***)

***υ1 = RT1 / p1 =287\*303/105 =0,87м3 /кг; T1 = 303K; p1 = 10 Па.***

 Т.2:

***p2 = p1λ = 106 Па; T2 = T1 λ k – 1/ k = 303\*10 0,3 K; υ2 = RT2 / p2 = 287 \*605/106 =1,7 м3 /кг.***

 Аналогичным образом находим параметры остальных точек.

 2. Определение полезной работы:

 Работа цикла определяется как разность между работой расширения в турбине и работой сжатия в компрессоре:

***l = Cp(T3− T4) − Cp(T2 - T1),***

 где ***Сp =kR /(k −1) =1,4\*287/0,4=1004,5Дж/(К\*кг)*** - изобарная теплоемкость.

 Определим значение работы:

***l =1004,5\*(1023-523)-1004,5\*(605- 303)=198891Дж.***

 3. Определение подведенной теплоты:

 По рисунку видно, что подведение теплоты происходит в процессе 2-3. Воспользуемся формулой для теплоты в изобарном процессе:

***q=Сp (T3 −T2 )=1004,5\*418=419881Дж.***

 4. Термически к.п.д.:

***ηt =l / g =198891/419881=0,47.***

**Контрольная работа 3**

**Цель работы**: изучение стационарной теплопроводности.

**Условие задачи 6:**

 Определить удельный тепловой поток от газов к воздуху через кирпичную обмуровку котла толщиной ***δ = 250мм***, если температура газов ***t1 = 600°*** , температура воздуха ***t2 = 30°***C , коэффициент теплоотдачи от газов к внутренней поверхности стенки ***α1 = 23,6Вт/(м °C2 ),*** от наружной поверхности стенки к воздуху ***α 2 = 9,3Вт/(м °C2 ),*** и коэффициент теплопроводности обмуровки ***λ = 0,81Вт/(м °С ).*** Определить также температуры на внутренней и наружной поверхностях обмуровки.

 ***Вариант δ ,мм t1,°C t2 ,°C λ, Вт/( м °С )***

 1. 250 600 30 0,81

 2. 250 650 25 0,81

 3. 250 700 20 0,81

 4. 250 550 15 0,81

 5. 250 500 10 0,81

 6. 300 650 25 0,7

 8. 300 700 20 0,7

 9. 300 550 15 0,7

 10. 300 500 10 0,7

 11. 250 600 30 0,81

 12. 250 650 25 0,81

 13. 250 700 20 0,81

 14. 250 550 15 0,81

 15. 250 500 10 0,81

 16. 300 600 30 0,7

 17. 300 650 25 0,7

 18. 300 700 20 0,7

 19. 300 550 15 0,7

 20. 300 500 20 0,7

 **Указания к решению задания:**

 Определим коэффициент теплопередачи с помощью формулы:

***Kδ =1/(1/α1 + δ/ λ + 1/α2) = 2,18Вт/(м2 °C ).***

 Определим удельный тепловой поток:

***q = Kδ( t2 – t1) = 2,18\*(600-30)=1243Вт/м2.***

 Температура на внутренней поверхности обмуровки:

***t ст1 = t1 − q /α1 = 600-1243/23,6 = 547°С.***

 Температура на наружной поверхности обмуровки:

***t2ст = t2 + q /α2 = 30 +1243/ 9,3 =164°C.***

**Список литературы:**

1. Апальков А.Ф. Теплотехника: учебное пособие для студентов очной и заочной форм обучения/ А.Ф. Апальков. Ростов н/ Д: Феникс. 2008. 186 с.

3. Латыпов Р.Ш., Шарафиев Р.Г. Техническая термодинамика и энерготехнология химических производств. М.: Энергоатомиздат. 1998.-344 с.

 4. Алабовский А.Н., Константинов С.М., Недужий А.Н. Теплотехника.- Киев: Выща шк. Головное издательство, 1986.-255 с.

 5. Александров А.А., Григорьев Б.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. Справочник. М.: Издательство МЭИ. 1994. 168 с.

 6. Брюханов О.Н. Основы гидравлики и теплотехники: Учебник для сред. проф. образования /О.Н.Брюханов, А.Т.Мелик-Аракелян, В.И.Коробко. М.: Издательский центр «Академия». 2004. 240 с.