|  |  |
| --- | --- |
| Gerb-BMSTU_01 | **Министерство образования и науки Российской Федерации**  **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  **высшего образования**  **«Московский государственный технический университет**  **имени Н.Э. Баумана**  **(национальный исследовательский университет)»**  **(МГТУ им. Н.Э. Баумана)** |

Домашнее задание №1

По дисциплине “Термодинамика и теплопередача ”

“Газовый цикл”

Вариант №

Выполнил:

Группа:

Проверил(а):

Дата сдачи на проверку:

ЗАЧТЕНО / НЕ ЗАЧТЕНО

(нужное выделить)

Москва, 2020

**Условия задания**

Сухой воздух массой 1 кг совершает прямой термодинамический цикл, состоящий из четырех последовательных термодинамических процессов.

Требуется:

1) рассчитать давление (*p*), удельный объем (*v*) и температуру (*T*) воздуха для основных точек цикла;

2) для каждого из процессов определить значения показателей политропы (*n*), теплоемкости (*с*), вычислить изменение внутренней энергии (*∆u*), энтальпии (*∆h*), энтропии (*∆s*), теплоту процесса (*q*), работу процесса (*l*), располагаемую работу (*l0*);

3) определить суммарные количества теплоты подведенной (*q'*) и отведенной (*q''*), работу цикла (*lц*), располагаемую работу цикла (*l0ц*), термический к.п.д. цикла (*ηt*), среднее индикаторное давление (*pi*);

4) построить цикл в координатах:

а) lg *v* – lg *p*;

б) *v* – *p*, используя предыдущее построение для нахождения координат трех-четырех промежуточных точек на каждом из процессов,

в) *s* – *Т*, нанеся основные точки цикла и составляющие его процессы;

**Исходные данные**

Таблица №1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № Варианта | Заданные параметры\* в основных точках | | | | Тип процесса и показатель политропы\*\* | | | |
| 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-1 |
| 1 | *p1* = 0.8 | *v1* = 0.12 | *p2* = 2.0 | *p3* = 1.2 | *s* = *c* | *T* = *c* | *s* = *c* | *v* = *c* |

\* Единица давления – МПа, температуры – К, удельного объема – м3/кг.

\*\* Типы процессов: *р = с* – изобарный, *v* = *c* – изохорный, *T* = *c* – изотермический, *s = c* – адиабатный (изоэнтропный). Для политропных процессов задано значение показателя политропы *n*.

Принять газовую постоянную (*R*) равной 0.287 кДж/(кг ⋅ К), теплоемкость при постоянном давлении (*cp*) равной 1.025 кДж/(кг ⋅ К), что соответствует свойствам сухого воздуха при 473 К.

**Решение**

**1)** рассчитать давление (*p*), удельный объем (*v*) и температуру (*T*) воздуха для основных точек цикла.

**Точка 1:** *p1* = 0.8 МПа; *v1* = 0.12 м3/кг;

Для определения *T1* используем уравнение состояния:

**Точка 2:** *p2* = 2.0 МПа;

Для определения *T2* воспользуемся уравнением адиабаты:

где *k* – показатель адиабаты,

где *cv* – теплоемкость при постоянном объеме, согласно уравнению Майера

тогда

Для определения *T2* используем уравнение состояния:

**Точка 3:** *p3* = 1.2 МПа;

При изотермическом процессе *T2* = *T3*.

Для определения *v*3 используем уравнение состояния:

**Точка 4:**

При изохорном процессе *v4* = *v1*.

Для определения *p4* воспользуемся уравнением адиабаты:

Для определения *T4* используем уравнение состояния:

Таблица №2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр →  Точка↓ | *p*, МПа | *v*, м3/кг | *Т*, К |
| 1 | 0.8 | 0.12 | 334.4948 |
| 2 | 2.0 | 0.06204 | 432.3295 |
| 3 | 1.2 | 0.1034 | 432.3295 |
| 4 | 0.9757 | 0.12 | 407.9456 |

**2)** для каждого из процессов определить значения показателей политропы (*n*), теплоемкости (*с*), вычислить изменение внутренней энергии (*∆u*), энтальпии (*∆h*), энтропии (*∆s*), теплоту процесса (*q*), работу процесса (*l*), располагаемую работу (*l0*).

**Процесс 1-2** адиабатный:

– показатель политропы для адиабатного процесса:

– теплоемкость:

– изменения внутренней энергии (*∆u*), энтальпии (*∆h*), энтропии (*∆s*):

– теплота процесса:

– работа процесса и располагаемая работа из первого закона термодинамики:

**Процесс 2-3** изотермический:

– показатель политропы для изотермического процесса:

– теплоемкость:

– изменения внутренней энергии (*∆u*), энтальпии (*∆h*), энтропии (*∆s*):

– теплота процесса:

– работа процесса и располагаемая работа из первого закона термодинамики:

**Процесс 3-4** адиабатный:

– показатель политропы для адиабатного процесса:

– теплоемкость:

– изменения внутренней энергии (*∆u*), энтальпии (*∆h*), энтропии (*∆s*):

– теплота процесса:

– работа процесса и располагаемая работа из первого закона термодинамики:

**Процесс 4-1** изохорный:

– теплоемкость:

– показатель политропы для изохорного процесса:

– изменения внутренней энергии (*∆u*), энтальпии (*∆h*), энтропии (*∆s*):

– теплота процесса:

– работа процесса и располагаемая работа из первого закона термодинамики:

Таблица №3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр →  Процесс↓ | *n* | *c,*  *кДж/*  *(кг*⋅*К)* | *Δu,*  *кДж/кг* | *Δh,*  *кДж/кг* | *Δs,*  *кДж/*  *(кг*⋅*К)* | *q,*  *кДж/кг* | *l,*  *кДж/кг* | *l0,*  *кДж/кг* |
| 1-2 | 1,39 | 0 | 72.202 | 100.281 | 0 | 0 | -72.202 | -100.281 |
| 2-3 | 0 | ∞ |  | 0 | 0.142 | 61.395 | 61.395 | 61.395 |
| 3-4 | 1,39 | 0 | -17.995 | -24.994 | 0 | 0 | 17.995 | 24.994 |
| 4-1 | ∞ | 0.738 | -54.207 | -54. 207 | -0.146 | -54.207 | 0 | 21.084 |
| Сумма | | | 0 | 21.08 | -0.004 | 7.188 | 7.188 | 7.192 |

**3)** определить суммарные количества теплоты подведенной (*q'*) и отведенной (*q''*), работу цикла (*lц*), располагаемую работу цикла (*l0ц*), термический к.п.д. цикла (*ηt*), среднее индикаторное давление (*pi*).

– количество подведенной теплоты:

– количество отведенной теплоты:

– количество теплоты, полученное системой за цикл:

– работа цикла:

– располагаемая работа цикла:

– термический к.п.д. цикла:

– среднее индикаторное давление цикла

Таблица №4

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

**4)** построить цикл в координатах:

а) lg *v* – lg *p*;

б) *v* – *p*, используя предыдущее построение для нахождения координат трех-четырех промежуточных точек на каждом из процессов,

в) *s* – *Т*, нанеся основные точки цикла и составляющие его процессы;

а) Точка 1:

Точка 2:

Точка 3:

Точка 4:

По результатам расчетов строим график.

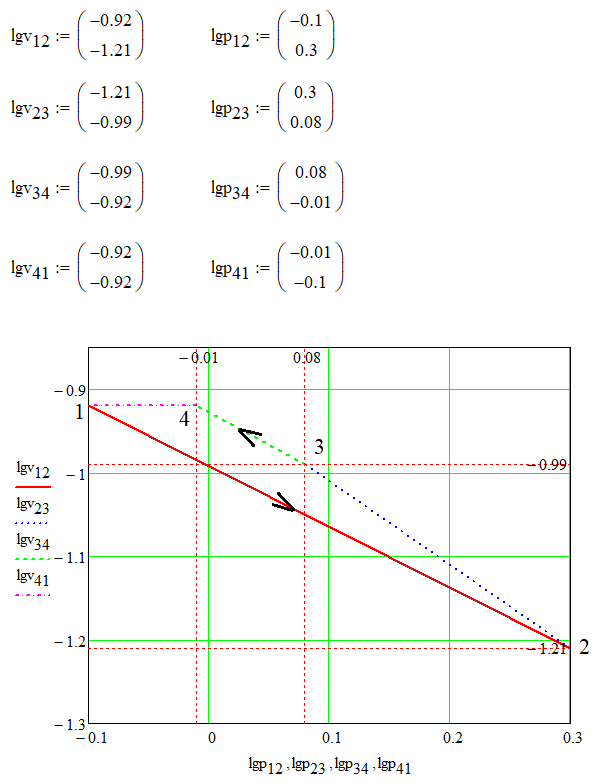


Рисунок 1. Газовый цикл в осях lg *v* – lg *p*

б) график *v* – *p* получаем из логарифмического. Для этого помимо основных точек 1…4 задаем дополнительные точки, переносим их в новую систему координат *v* – *p* и получаем график.

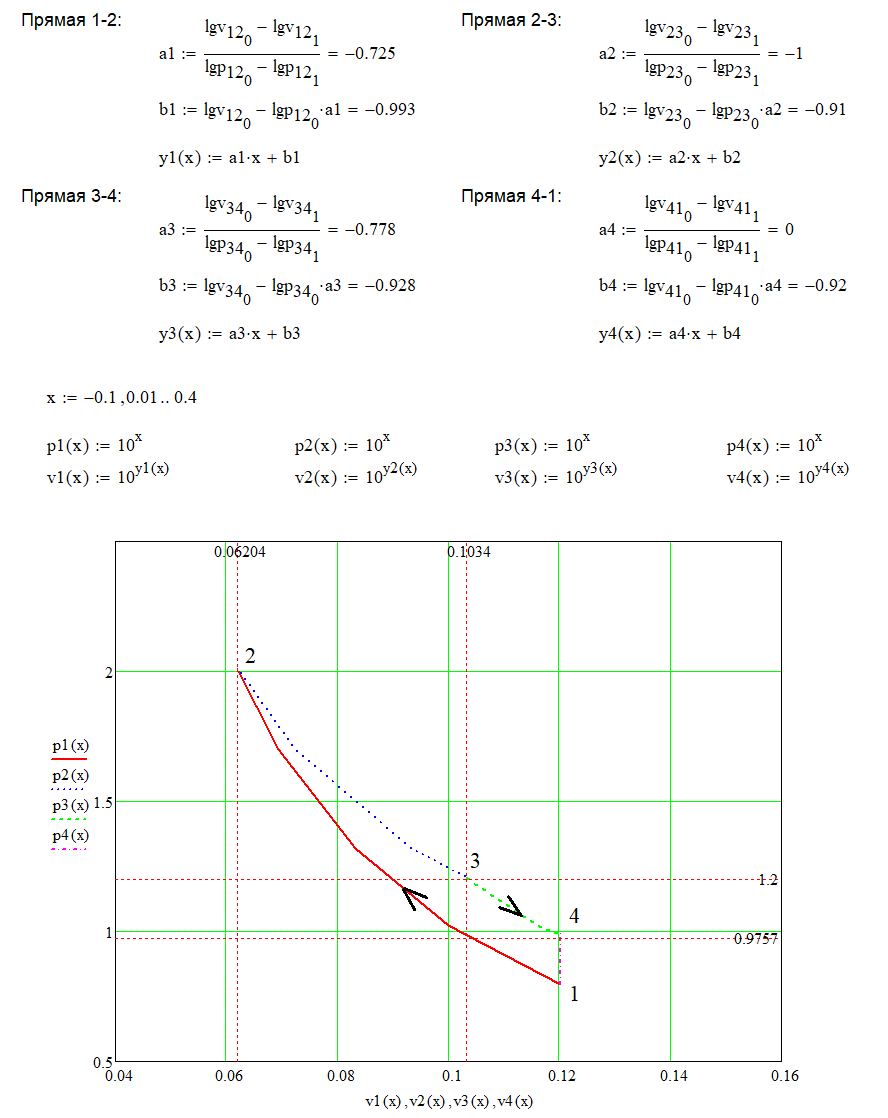


Рисунок 2. Газовый цикл в осях *v* – *p*

в) График в осях *s* – *Т*.

Процесс 1-2: Δ*s* = 0;

Процесс 2-3: Δ*s* = 0.142 кДж/(кг⋅К);

Процесс 3-4: Δ*s* = 0;

Процесс 4-1: Δ*s* = - 0.146 кДж/(кг⋅К);

Таблица №2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр →  Точка↓ | *s*, кДж/(кг⋅К) | *Т*, К |
| 1 | 0 | 334.4948 |
| 2 | 0 | 432.3295 |
| 3 | 0.142 | 432.3295 |
| 4 | 0.146 | 407.9456 |

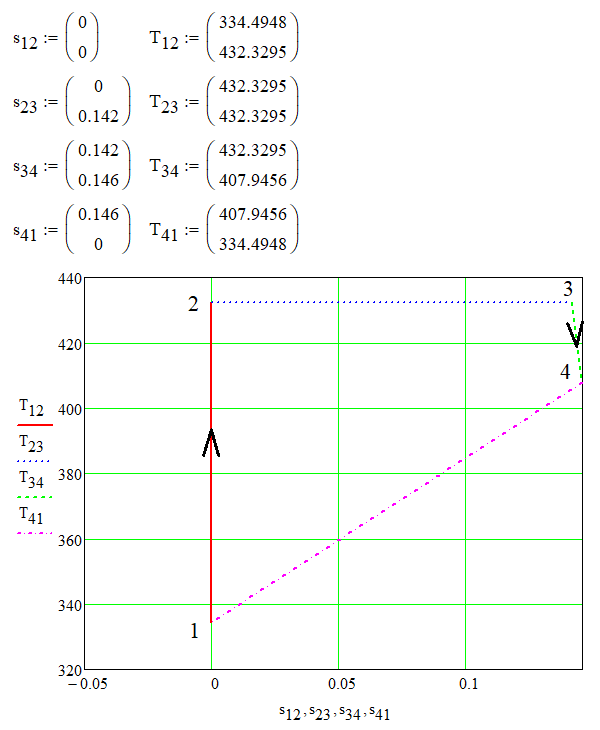


Рисунок 3. Газовый цикл в осях *s* – *Т*