#### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

#### Общие методические указания

К решению задач контрольного задания следует приступать только после того, как изучите соответствующий раздел курса. Рекомендуется ознакомиться с ходом решения аналогичных задач по учебной литературе. Следует стараться запомнить примерные значения параметров задачи (исходные и вычислительные): они также содержат полезную информацию.

Контрольные задачи составлены по стовариантной системе, в которой к каждой задаче исходные данные выбираются из соответствующих таблиц по последней и предпоследней цифре шифра (личного номера) студента заочника. Вариант работы должен соответствовать шифру студента. Работа, выполненная не по своему варианту, не рассматривается.

При выполнении контрольных задач необходимо соблюдать следующие условия:

а) выписать условие задачи и исходные данные;

б) решение задач сопровождать кратким пояснительным текстом;

в) вычисления проводить в единицах СИ;

г) после решения задачи нужно дать краткий анализ полученных результатов и сделать выводы;

д) в конце контрольной работы должен быть приведен список используемой литературы.

Для заметок рецензента оставлять поля.

#### Задача № 1

Смесь газов с начальной температурой *Т*1 = 300 К сжимается от давления *p*1 = 0,1 МПа до давления *p*2. Сжатие может происходить по изотерме, по адиабате и по политропе с показателем политропы *n*.

Определить для каждого из трех процессов сжатия конечную температуру *Т*2 и объем *v*2 смеси, изменение внутренней энергии Δ*U*, энтальпии Δ*H* и энтропии смеси Δ*S*, а также теплоту *Q* и работу *L*. Результаты расчетов занести в таблицу 2 и изобразить процессы сжатия в *p-v* и *T-S* – диаграммах. Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из таблицы 1.

Примечание. Расчет провести приняв теплоемкость постоянной.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Последняя цифра шифра | Состав смеси | *n* | Предпоследняя цифра шифра | *p*2,  МПа |
| 8 | 1 кг Н2 + 9 кг N2 | 0.9 | 8 | 0.8 |

# Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Процессы | *V*2 | *T*2 | Δ*U* | Δ*H* | Δ*S* | Q | L |
| м3 | К | кДж | кДж | кДж/К | кДж | кДж |
| Изотермический |  |  |  |  |  |  |  |
| адиабатный *k*= |  |  |  |  |  |  |  |
| Политропный *n* = |  |  |  |  |  |  |  |

**Методические указания**

Смесь газов можно рассматривать как идеальный газ. Параметры газовой смеси рассчитываются по уравнению состояния

*pV* = *MRT*,

где *p*– абсолютное давление, Па;

*V* – объем смеси, м3;

*М* – масса смеси, кг;

*R* = 8314/μ - газовая постоянная смеси, Дж/(кг·К);

*Т* – температура, К;

μ - средняя молекулярная масса смеси, кг/кмоль.

При массовом задании смеси μ вычисляется по формуле:

******,

где μ1, μ2 - молекулярная масса 1 и 2 компонентов;

*М*1 и *М*2 - масса 1 и 2 компонентов, (кг).

Для расчета конечных параметров, работы и теплоты процессов используются зависимости, приведенные в таблице 3

Таблица 3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип  процесса | Связь параметров | Работа изменения объема,  Дж | Внешняя работа,  Дж | Теплота,  Дж |
| Изохорный  *v= const* |  | *W=*0 | *L=Мv(p*1*-p*2*)* | *Q=CvM(T*2*-T*1*)* |
| Изобарный  *P = const* |  | *W=Мp(v*2*-v*1*)* | *L=*0 | *Q=CpM(T*2*-T*1*)* |
| Изотерм-ный  *Т = const* |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Адиабат-ный  *dq =* 0 |  |  | *L=kW* | *Q=*0 |
| Политропный  *pvn = const* |  |  | *L=nW* |  |

Здесь *М* – масса участвующего в процессе газа, *W* – работа изменения объема, *L*– внешняя работа, *Сп* – теплоемкость в политропном процессе.

 - показатель адиабаты.

Изменение внутренней энергии *(*Δ*U)* и энтропии *(*Δ*S)* для любого процесса при условии постоянной теплоемкости рассчитывается по соотношениям:

Δ*U = MCV* (*T*2 *- T*1),

Δ*H = MCP* (*T*2 *- T*1),

,

.

Удельная массовая теплоемкость смеси при постоянном давлении при массовом задании смеси может быть рассчитана по формуле:

,

где  - число киломолей *i*-го компонента смеси;

μ *CP****i*** - мольная теплоемкость при постоянном давлении, значение которой приведено в таблице 1 приложения.

Удельная массовая теплоемкость смеси при постоянном объеме может быть найдена по уравнению Майера

*CV = CP – R* .

***Пример:***

Смесь газов, состоящая из 6 кг азота и 4 кг гелия, с начальной температурой *t*1 = 27 0C сжимается от давления *P* = 0,1 МПа до давления *P* = 0,6 МПа. Сжатие проходит по политропе с показателем *n* = 1,2.

Определить конечную температуру *T***2**, и объем ***v2***, изменение внутренней энергии (Δ*U*), энтальпии (Δ*H*), энтропии (Δ*S*), а также работу (*L*) и теплоту процесса (*Q*).

***Решение:***

Молекулярная масса смеси газов:

 кг/кмоль.

Газовая постоянная смеси:

 кДж/(кг·К).

Азот является двухатомным газом μ*CP* = 29,1 кДж/(кг К), гелий является одноатомным газом μ*CP* = 20,8 кДж/(кг К). (Приложение таблица 1).

Так как количество киломолей компонентов смеси *ni* ***=*** *Mi/*μ*i****,*** массовые теплоемкости смеси определятся по формулам:

 кДж/(кг·К).

 кДж/(кг·К).

Температура смеси после сжатия:

.

Конечный объем смеси:

.

Изменение внутренней энергии, энтальпии, энтропии:

;

;

.

Показатель адиабаты смеси газов:

.

Теплота и работа процесса:

;

;

Изображение процесса сжатия в *T–S*– диаграмме представлено на рисунке 1



Рис. 1.

Обозначения: ***р*1**, ***р*2** – изобары начального и конечного состояния газа, соответственно, **1-2*а*** – адиабата, **1-2*п*** – политропа, **1-2*и*** – изотерма.

Значение показателя политропы находится между 1 и *k* = 1,6, следовательно, процесс сжатия будет расположен между изотермой 1–2*и* и адиабатой 1–2*а****.***.

***Вывод***: В процессе сжатия смеси газов работа будет затрачиваться, а теплота, несмотря на то, что температура в процессе сжатия растет, отводится.

***Задача № 2***

Компрессор, производительностью *V*1, м3/час, состоящий из *m* ступеней, сжимает газ от давления *Р*1 до *Р*2. Сжатие в ступенях происходит по политропе с показателем *n*. Промежуточное давление выбрано оптимально, а охлаждение во всех теплообменниках производится до начальной температуры *T*1, К. Охлаждающая вода, прокачивающаяся через рубашки цилиндров и теплообменники, нагревается на Δ*t* = 13 0С.

**Исходные данные для решения задачи приведены в таблице 4**

Таблица 4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Последняя цифра шифра | Газ | μ,  кг/ кмоль | *V*1  м3/ час | *n* | *т*, число ступеней | Предпоследняя цифра шифра | *Р*1***,***  МПа | *Т*1***,***  К | *Р*2***,***  МПа |
| 8 | Азот N2 | 28 | 6000 | 1.3 | 4 | 8 | 3 | 293 | 48 |

Найти общую мощность, затрачиваемую на сжатие в компрессоре, и расход охлаждающей воды. Сравнить найденную мощность с мощностью, которая затрачивается на сжатие в одноступенчатом компрессоре с процессом сжатия по политропе с тем же показателем *n*. Теплоемкость в расчетах считать постоянной. Перед расчетом изобразить принципиальную схему компрессора, а также процессы сжатия изобразить в *p–v* и *T–S* – диаграммах.

**Методические указания**

Техническая (внешняя) работа *L*, затрачиваемая в одноступенчатом компрессоре, зависит от характера процесса сжатия и равна:

* при изотермическом сжатии

******;

* при адиабатическом сжатии

;

* при политропном сжатии

.

Теоретическую мощность привода компрессора можно определить по соотношению:

,

т. е. мощность равна работе, затрачиваемой на сжатие рабочего тела в компрессоре, в единицу времени (работе за 1 секунду).

Количество теплоты, отводимое от рабочего тела при сжатии в компрессоре, рассчитывается по формулам:

* при изотермическом сжатии

*Q = L*;

* при адиабатическом сжатии

*Q =* 0;

* при политропном сжатии

,

здесь *G* ***–*** массовая производительность компрессора.

Для получения газа высокого давления применяют многоступенчатые компрессоры, в которых процесс сжатия осуществляется в нескольких последовательно соединенных цилиндрах с промежуточным охлаждением газа в охладителях.

Степень повышения давления в каждой ступени компрессора выбирается из условия:

,

где , ,  - степень сжатия в первой, во второй, в третьей ступени компрессора.

 - степень сжатия в компрессоре,

*m* – число ступеней в компрессоре.

Схема такого трехступенчатого компрессора представлена на рисунке 2.

Рис. 2.

Обозначения:**1**, **2**, **3** – первая, вторая, третья ступени сжатия; **4**, **5** - промежуточные охладители. Стрелки на схеме показывают направление движения охлаждающей жидкости.

Диаграммы процесса сжатия в трехступенчатом компрессоре в *p-v*и *T-S* – диаграммах изображены на рисунке 3.

Рис. 3

Обозначения: ***р*1**, ***р'***, ***р"***, ***р*2 *–*** начальное, промежуточные после первой и второй ступени и конечное давления, соответственно, ***T*1**, ***T*2** – температуры начала и конца сжатия, соответственно, **1-2, 3-4**, **5-6, *–*** политропное сжатие в первой, второй, третьей ступенях компрессора, **2-3**, **4-5**– изобарное охлаждение газа в промежуточных холодильниках.

Если рабочее тело перед каждой ступенью охлаждается до начальной температуры, то работа, затрачиваемая в каждой ступени, будет одинакова, т.е.

.

Теплота, отводимая при политропном сжатии в каждой ступени, будет одинакова и равна:

,

где  – температура рабочего тела за каждой ступенью компрессора.

Теплота, отводимая от рабочего тела в каждом промежуточном охладителе (теплообменнике), может быть вычислена по формуле:

.

***Пример:***

В двухступенчатом компрессоре, производительностью *V*1 = 100 м3/час, сжимается воздух от *Т*1 = 300 К и *р*1= 0,1 МПа до *р*2= 6,4 МПа по политропе с показателем политропы *n* = 1,2.

Определить мощность привода компрессора *N* и расход охлаждающей воды G*В****,*** если вода, проходя через компрессор и промежуточные холодильники, нагревается на Δ*t* = 13 ºС.

***Решение:***

Степень повышения давления в каждой ступени будет:



Давление газа после первой ступени:

.

Работа, затрачиваемая на сжатие воздуха в 1 ступени компрессора:

.

Мощность привода компрессора:

.

Расход охлаждающей воды через компрессор:

,

где *Q* – количество теплоты, которое забирает охлаждающая вода от воздуха, сжимаемого в компрессоре.

******.

Для расчета *Q*1 и *Q*охл нужно знать массовую производительность компрессора и температуру за каждой ступенью компрессора.

Массовая производительность компрессора:

.

Температура воздуха после каждой ступени сжатия компрессора:

.

Количество теплоты, отводимой от каждой ступени компрессора:

кДж/с.

Теплота, отводимая в промежуточном охладителе:

кДж/с.

Расход охлаждающей воды:

кг/с,

где *С*рв = 4,19 кДж/(кг · К) - теплоемкость воды.

***Задача № 3***

Цикл поршневого двигателя внутреннего сгорания имеет следующие характеристики: *n*1 - показатель политропы в процессе сжатия рабочего тела, (процесс 1 – 2); *n*2 - показатель политропы в процессе расширения рабочего тела, (процесс 3 – 4);  - степень сжатия;  - степень повышения давления;  - степень предварительного расширения. Начальные параметры *Р*1 и *t*1. Принимая за рабочее тело воздух, требуется:

1. Определить тип цикла ДВС;

2. Определить параметры *p*, *v*, *T*для основных точек (1, 2, 3, 4) цикла;

3. Найти теплоту *q* и работу *w* для каждого процесса, из которых состоит цикл;

4. Найти работу цикла *l*0, термический КПД η*t* и среднеиндикаторное давление;

5. Изобразить цикл в *T–S* – диаграмме;

6. Показать на *p-v* и *T–S* –диаграммах процессы, в которых осуществляется подвод тепла и в которых тепло отводится.

Теплоемкость рабочего тела, обладающего свойствами воздуха, принять постоянной (приложение, таблица 1).

Исходные данные, необходимые для решения задачи, приведены в таблице 5 по вариантам индивидуальных заданий.

Результаты расчетов поместить в таблице 6.

Таблица 5

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Последняя цифра шифра | Цикл | *n*1 | *n*2 | ε | λ | ρ | Предпоследняя цифра шифра | *T*1,  K | *P*1,  МПа |
| 8 |  | 1,34 | 1,28 | 15 | - | 1,7 | 8 | 303 | 0,11 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 6.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры основных точек | | | | Процесс | *q*,  кдж/кг | *w*,  кдж/кг | *ηt* =  *l*0 = ,кДж/кг  *pi* = ,МПа |
| Точка | *Т*, К | *p*,  МПа | *v*,  м3/кг | 1–2 |  |  |
| 1 |  |  |  | 2–3 |  |  |
| 2 |  |  |  | 3–4 |  |  |
| 3 |  |  |  | 4-1 |  |  |
| 4 |  |  |  | Σ | | |

#### Методические указания

При термодинамическом исследовании циклов ДВС делается допущение о применимости в качестве рабочего тела идеального газа с постоянной теплоемкостью, а также допущение о термодинамической обратимости процессов, составляющих цикл. В двигателях внутреннего сгорания осуществляются циклы с подводом теплоты при постоянном объеме (карбюраторные или газовые двигатели), с подводом теплоты при постоянном давлении (компрессорные дизели) и цикл со смешанным подводом теплоты (бескомпрессорные дизели).

Найти параметры рабочего тела в основных точках цикла, а также рассчитать теплоту и работу каждого процесса, из которых состоит цикл, можно по соотношениям, приведенным в таблице 3.

Работа цикла

,

где *qi*, *li* - теплота и работа *i*-го процесса, из которых состоит цикл;

*n* - число процессов, из которых состоит цикл.

Термический КПД

,

где *q*1 - подведенная теплота, кДж/кг.

Подведенная теплота равна сумме теплоты процессов, в которых теплота имеет положительное значение.

Среднее индикаторное значение

.

***Пример:***

Цикл поршневого двигателя внутреннего сгорания со смешанным подводом теплоты (см. рис. 4) имеет следующие характеристики (показатель политропы сжатия, показатель адиабаты, степень сжатия, степень повышения давления, степень предварительного расширения):

*n*1 = 1,2; *n*2 = *k*; ε = 12; λ = 3,0; ρ = 1,3.

Начальные параметры:

*Т*1 = 350 К, *p*1 = 0,08 МПа.

Рабочее тело обладает свойствами воздуха.

Требуется:

1. Определить параметры *p*, *v*, *Т* в основных точках;

2. Рассчитать теплоту и работу каждого процесса, из которого состоит цикл;

3. Найти работу цикла ДВС *l*0, термический КПД, ŋ*t* и среднеиндикаторное давление *pi*;

1. Изобразить цикл на *T-S* – диаграмме.



Рис. 4

Обозначения: **1-2 *–*** политропное сжатие воздуха в цилиндре, **2-3**, **3-4** – сгорание топлива (подвод теплоты к рабочему телу),**4–5** ***–*** расширение продуктов сгорания в цилиндре, **5-1** – выхлоп продуктов сгорания (отвод теплоты от рабочего тела).

***Решение:***

Определим параметры для узловых точек.

Удельный объем для точки 1

м3/кг,

где  Дж/(кг·К).

Рассчитываем параметры для точки 2

м3/кг.

Рассматриваем политропный процесс 1–2, находим температуру

,

давление:

.

Рассчитываем параметры для точки 3

давление:

,

рассматривая изохорный процесс 2–3, находим температуру

,

удельный объем:

м3/кг.

Рассчитываем параметры для точки 4

давление:

,

удельный объем:

 м3/кг,

температура:

.

Рассчитываем параметры точки 5***.*** Учитывая, что процесс 1–5 изохорный

м3/кг.

Рассматривая адиабатный процесс 4–5, находим:

;

здесь k= 1,4 (Приложение, таблица 1),

температура:

.

Расчет теплоты и работы для процессов:

а) процесс 1–2 – политропный процесс, c показателем политропы *n*1 = 1,2.

кДж/кг,

 кДж/кг;

б) процесс 2–3–изохорный процесс

 кДж/кг,

;

в) процесс 3–4 – изобарный процесс

 кДж/кг,

 кДж/кг,

г) процесс 4–5 – адиабатный процесс

,

 кДж/кг,

д) процесс 5–1 – изохорный процесс

 кДж/кг.

.

Работа цикла:

 кДж/кг.

Термический КПД цикла:

.

Средне индикаторное давление:

.

Таблица 6

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры основных точек | | | | Процессы | *q* | *w* | *ηt****=***0,57  *l*0***=***778 кДж/кг  *pi****=***0,85 Мпа |
| Точка | *Т*, К | *р*, Мпа | *v*, м3/кг |  | кДж/кг | кДж/кг |
| 1 | 350 | 0,1 | 1,0 | 1–2 | -161 | -323 |
| 2 | 575 | 1,96 | 0,084 | 2–3 | 825 | 0 |
| 31 | 1725 | 5,89 | 0,084 | 3–4 | 532 | 153 |
| 3 | 2257 | 5,89 | 0,11 | 4–5 | 0 | 949 |
| 4 | 934 | 0,27 | 1,0 | 5-1 | -418 | 0 |

Изображение цикла ДВС со смешанным подводом теплоты в *T-S* ***–*** диаграмме приведено на рисунке 5.



Рис. 5

Обозначения: **1-2 *–*** политропное сжатие воздуха в цилиндре, **2-3**,**3-4** – сгорание топлива (подвод теплоты к рабочему телу),**4-5 *–*** расширение продуктов сгорания в цилиндре, **5-1** – выхлоп продуктов сгорания (отвод теплоты от рабочего тела).

Задача № 4

В резервуаре диаметром *d* и высотой *h* хранится нефть при температуре *t*ж1, снаружи резервуар омывается воздухом с температурой *t*ж2. Резервуар выполнен из стали толщиной стен *δ*с = 25мм, коэффициент теплопроводности стали λс = 45,4 Вт/(м · К). Со стороны нефти на стенке и на крышке резервуара имеется слой парафина толщиной *δn*, коэффициент теплопроводности парафина *λп* = 0,12 Вт/(м · К).

Определить количество теплоты, которое передается от нефти к воздуху за сутки через боковую поверхность и крышку резервуара, и температуры наружной и внутренней поверхностей резервуара, а также на поверхности парафина.

Построить график изменения температуры, в стенке резервуара и в слое парафина.

Данные, необходимые для решения, выбрать из таблицы 7.

Таблица 7

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Последняя цифра шифра | δ*n* | *d* | *h* | *t*ж1 | *t*ж2 | Предпоследняя цифра шифра | α1 | α2 |
| мм | м | м | 0С | 0С | Вт/(м2 · К) | |
| 8 | 25 | 23 | 8 | 60 | 15 | 8 | 800 | 25 |

**Методические указания**

При решении задачи следует обратить особое внимание на такие понятия как коэффициент теплопередачи, коэффициент теплопроводности, коэффициент теплоотдачи.

При условии, когда *d*2***/****d*1→1, цилиндрическую стенку можно рассматривать как плоскую стенку. В этом случае теплота, передаваемая через 1 м2 плоской стенки:

.

Теплота, теряемая нефтью за время τ:

Q = q F τ,

где τ – время,

*F* - полная поверхность резервуара, м2.

Температура интересующих поверхностей находится из уравнений:



***Пример***:

По трубопроводу диаметром *d*1*/d*2 = 150/160 течет нефть с температурой *t*ж1 = 80 0С. Трубопровод покрыт слоем изоляции толщиной *δ*из = 50 мм. Температура окружающего воздуха *t*ж2 = - 20 0С .Коэффициент теплоотдачи от нефти к воздуху α1 = 100 Вт/(м2 К) и от изоляции к воздуху α2 = 10 Вт/(м2 К). Коэффициент теплопроводности материала трубопровода λ1 = 45 Вт/(м К), коэффициент теплопроводности изоляции λиз = 0,3 Вт/(м К).

Определить температуру на внутренней, на внешней поверхностях трубопровода и на внешней поверхности изоляции.

***Решение:***

График изменения температуры по толщине трубопровода и изоляции вычисленный по условию задачи представлен на рисунке 6



Рис.6

Обозначения: ***t*ж1** – температура нефти, ***t*ж2** – температура окружающего воздуха, ***t*c1*-*** температура на внутренней поверхности трубопровода, ***t*c2** – температура на поверхности контакта внешней стенки трубопровода и внутренней поверхности изоляции, ***t*c3** – температура на внешней поверхности изоляции.

Тепловой поток на единицу длины трубопровода:





=Вт/м.

Температуры на внутренней и внешней поверхностях трубопровода:

,

.

Температура на внешней поверхности изоляции:

.

***Задача 5***

Определить потери теплоты излучением и свободной конвекцией с 1 м длины горизонтального нефтепровода, проложенного над землей.

Известны наружный диаметр нефтепровода *d****,*** температура наружной поверхности нефтепровода, температура окружающего воздуха *t*ж, коэффициент теплового излучения поверхности трубы *ε*.

Теплофизические свойства воздуха приведены в приложении, таблица 2. Данные для решения задачи приведены в таблице 8.

Таблица 8

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Последняя цифра шифра | *d* | *t*с | Предпоследняя цифра шифра | *t*ж | ε |
| мм | 0С | 0С |
| 8 | 350 | 70 | 8 | -10 | 0,92 |

#### Методические указания

Потери теплоты за счет свободной конвекции можно определить по закону Ньютона–Рихмана.

,

где  - средний коэффициент теплоотдачи к воздуху.

Для расчета коэффициента теплоотдачи от горизонтальной трубы в условиях естественной конвекции в большом объеме рекомендуется уравнение подобия вида.

,

где  - число Нуссельта;

*d* - наружный диаметр трубы,

λ - коэффициент теплопроводности жидкости, Вт/(м К),

*B* и *n* - постоянные, выбираемые по величине произведения (Gr Pr)m (таблица 9); индекс *m* говорит о том, что теплофизические величины выбираются по температуре *tm* ***=*** *0,5(t*с *+ t*ж*)****.***

Gr *= g*βΔ*td*3*/ν*2 - число Грасгофа;

β - температурный коэффициент объемного расширения, 1/К (для газов β = 1/*Т*ж);

ν- коэффициент кинематической вязкости жидкости, м2/с;

Pr – число Прандтля.

Таблица 9.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| (Gr Рr)m | *B* | *n* |
| 10-3 ÷ 5·102 | 1,18 | 1/8 |
| 5·102 ÷ 2·107 | 0,54 | 1/4 |
| >2·107 | 0,135 | 1/3 |

Теплота, передаваемая излучением от тела, расположенного в большом объеме, к среде с температурой *t*ж рассчитывается по формуле

,

где *С*0 = 5,67 Вт/(м2 ⋅ К4) – излучательная способность абсолютно черного тела.

***Пример***:

Определить тепловые потери излучением и свободной конвекцией от горизонтально расположенной плиты размерами 1х0,5 м2. Теплоотдающая поверхность направлена вверх. Температура плиты *t*с = 200 0С, температура окружающего воздуха *t*ж = 0 0С, коэффициент теплового излучения поверхности плиты ε = 0,8

***Решение***:

Теплофизические характеристики воздуха выбираем из приложения

Таблица 2 по *tm* = 0,5(*t*с + *t*ж) = 100 0С:

λ = 0,0321 Вт/(м к), ν = 23,13·10-6 м2/с, Рr = 0,688.

При расчете числа Грасгофа, за определяющий размер в данной задаче берется наименьший размер пластины, т.е. *d* = 0,5 м.

.

По произведению (Gr Pr)m = 9,7·108·0,686 = 6,67·108 из таблицы 9 выбираем *B* = 0,135, *n* = 1/3.

Число Нуссельта:

.

Коэффициент теплоотдачи:

Вт/м2·К.

Если теплоотдающая поверхность направлена вверх, то найденное значение α нужно увеличивать на 30%, т.е.

 Вт/м2·К.

Потери теплоты за счет свободной конвекции:

.

Потери теплоты за счет излучения:

.

Общие потери от горизонтальной плиты в воздух:

*Q = Q*к *+ Q*л *=* 984 + 1008 = 1992 Вт.

В данной задаче потери теплоты за счет конвекции и излучением соизмеримы. Чем выше температура поверхности плиты, тем потери теплоты от излучения будут расти быстрее, чем за счет конвекции и наоборот.

Ответить на вопросы:

Отвечать на вопросы следует кратко, по существу.

1. Классификация компрессорных установок, основные конструктивные системы поршневого компрессора.
2. Назвать 5 состояний, в которых может находиться Н2О. Дать характеристику этих состояний.
3. Два сосуда разобщены между собой. В одном сосуде объемом 100 л находится окись углерода СО2 (μ= 44) при температуре 1500 0С и давлении 1МПа, в другом сосуде объемом 50 л находится азот N2 (μ= 28) при температуре 300 0C и давлении 2 МПа. Какое давление покажет манометр после соединения манометров между собой, если температура газовой смеси 622 0С.
4. Приведите уравнение подобия для расчета среднего коэффициента теплоотдачи при вынужденном турбулентном течении жидкости в трубе. Проанализируйте зависимость коэффициента теплоотдачи от диаметра трубы, вязкости, скорости, теплопроводности, теплоемкости и плотности жидкости.