МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ДГТУ)

Кафедра «Гидравлика, гидропневмоавтоматика и тепловые процессы»

***Лабораторная (практическая) работа №1В***

по дисциплине «\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_»

«**ПЕРВЫЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ В ПРИЛОЖЕНИИ К РЕШЕНИЮ ОДНОГО ИЗ ВИДОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ»**

**Выполнил(а) студент(ка) группы\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Проверил:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

|  |  |
| --- | --- |
| Отметка о выполнении практической части работы | Отметка о защите |
|  |  |

Ростов-на-Дону

20\_\_

* 1. **Цель работы.** Определение с помощью уравнения первого закона термодинамикиколичества теплоты, отдаваемого в окружающую среду в условиях лабораторной установки.
  2. **Основные положения**.Одно из возможных формульных представлений первогозакона термодинамики в расчете на 1 кг массы рабочего тела имеет вид:

**,**

где - соответственно, суммарные количества теплоты и технической работы, переносимые через контрольную оболочку термодинамической системы; – изменение энтальпии рабочего тела, – - изменение кинетической энергии потока 1 кг рабочего тела, – изменение потенциальной энергии потока1 кг рабочего тела; h1, W1 и Z1 − соответственно, энтальпия, скорость и геометрическая высота от условного уровня отсчета для входного сечения потока рабочего тела; h2, W2 и Z2 − соответственно, энтальпия, скорость и геометрическая высота от условного уровня отсчета для выходного сечения потока рабочего тела.

Вся термодинамическая система , представленная на рис. 1, делится на два участка (две подсистемы): первый участок − от входного сечения I до сечения IIа, а второй - от сечения IIа до сечения II. Каждый из этих участков заключается в свою контрольную оболочку (на схеме показаны пунктирной линией).

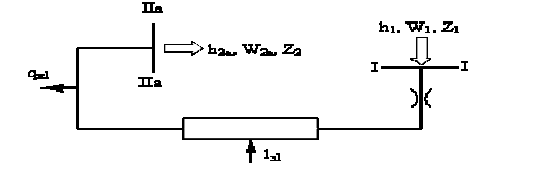
При установившемся режиме теплообмена в установке внутри и с окружающим воздухом температура трубы (tx) не меняется. В условиях этого стационарного режима работы установки уравнение первого закона термодинамики для I-го участка (подсистемы) приобретает вид:

(1)

Работа электрического тока, подаваемого на электродвигатель компрессора, определяемая по уравнению:

где G – расход воздуха, рассчитываемый по показаниям вакуумметра воздухомерного устройства; Nэ – мощность , потребляемая электродвигателем компрессора , оценивается по показаниям амперметра и вольтметра. Часть этой мощности передается воздуху в виде технической работы, совершаемой компрессором, а часть – в виде тепла; qн1 – количество тепла, отдаваемое системой на I-ом участке в окружающую среду.

Расчетная схема I-го участка может быть представлена в следующем виде:



Уравнение первого закона термодинамики для II-го участка (подсистемы) приобретает

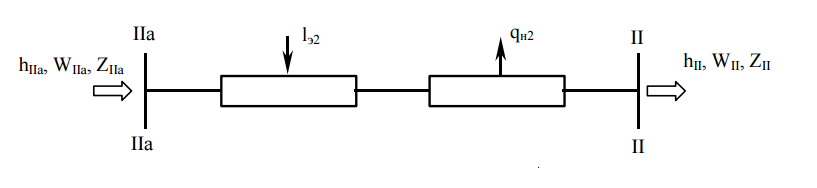
вид:

, (2)

Работа электрического тока, подаваемого на нагрев трубы, определяемая по уравнению:

где Nн – мощность, потребляемая на нагрев трубы, преобразуемая целиком в тепло и оцениваемая по показаниям амперметра и вольтметра. Часть этой мощности отводится в окружающую среду ; qн2 – количество тепла, отдаваемое системой на II-ом участке в окружающую среду.

Расчетная схема II-го участка может быть представлена в следующем виде:



Для термодинамической системы в целом уравнение первого закона термодинамики образуется суммированием уравнений (1) и (2) и представляется в виде:

,

где qн1 и qн2 – общее количество теплоты, отдаваемое в окружающую среду на участках I и II.

**3. Схема и описание установки**.Рабочее тело−воздух компрессором1 (рис. 1)забирается из окружающей среды, сжимается и поступает в горизонтальный участок трубы 5.

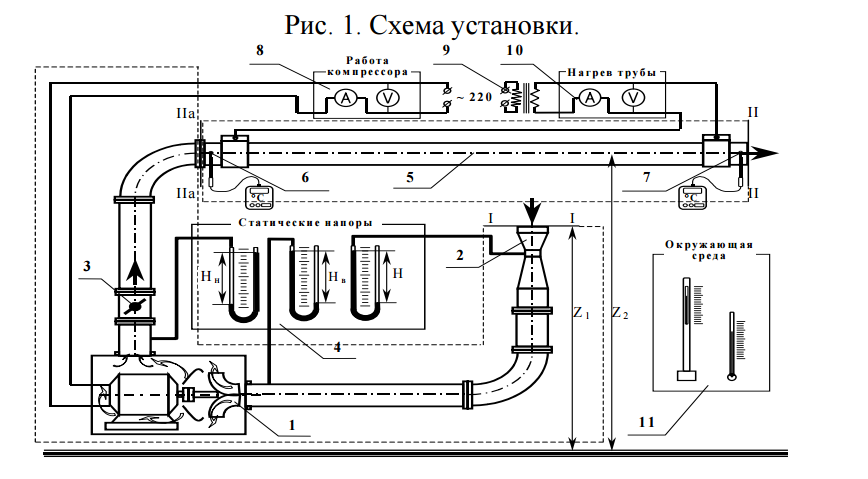


Рис.1. Схема лабораторной установки

Воздух на пути из окружающей среды в компрессор проходит через воздухомерное устройство 2 типа «труба Вентури». Количество воздуха, проходящее через установку, может изменяться с помощью заслонки 3.

Параметры окружающей среды измеряются приборами, расположенными на панели 11

«Окружающая среда» (ртутный, чашечный барометр и жидкостно-стеклянный термометр). На панели 4 «Статические напоры», расположены три U-образных манометра для измерения статических давлений в сечениях: «горло» воздухомера (Н), на входе в компрессор (Нв) и за компрессором (Нн). В результате подведенного проходя от сечения I−I, где его температура равна температуре окружающей среды t1 = tокр, нагревается до температуры t2а, которая измеряется термопарой 6 в комплекте с вторичным прибором.

Для определения мощности, подведенной к электродвигателю компрессора, служит панель 8 «Работа компрессора» с размещенными на ней амперметром и вольтметром. Мощность, расходованная на нагрев горизонтального участка трубы 5, определяется по показаниям вольтметра и амперметра, расположенных на панели 10 «Нагрев трубы».

Таблица 1. Протокол наблюдений

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Измеряемая величина | Обознач. | Ед.изм | Номера опытов | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Температура воздуха при входе в воздухомер (сечение I) | t1 | *°С* |  |  |  |  |  |
| 2 | Температура воздуха при входе в трубу (сечение II а) | t2а | *°С* |  |  |  |  |  |
| 3 | Температура воздуха при выходе из трубы (сечение II) | t2 | *°С* |  |  |  |  |  |
| 4 | Показания вакуумметра («горло воздухомера») | Н | мм.вод.ст |  |  |  |  |  |
| 5 | Показания пьезометра (после компрессора) | Нн | мм.вод.ст |  |  |  |  |  |
| 6 | Напряжение и сила тока, потребляемого компрессором | Uк | в |  |  |  |  |  |
| Iк | а |  |  |  |  |  |
| 7 | Напряжение и сила тока, потребляемого на нагрев трубы | Uн | в |  |  |  |  |  |
| Iн | а |  |  |  |  |  |
| 8 | Показания барометра | В | мбар |  |  |  |  |  |
| 9 | Показания окружающей среды | tокр | *°С* |  |  |  |  |  |

1. **Расчетная часть** 
   1. Атмосферное давление находится с учетом температурного расширения столбика ртути барометра по формуле:
   2. Перепад давления воздуха в воздухомере:

∆P = ρ·g·Н , *Па*

где ρ – плотность воды в U-образном вакуумметре, равная 1000 *кг* */м3*; g – ускорение свободного падения, равное 9,81 *м/сек2*; Н – показание вакуумметра («горло») воздухомера, *переведенное* в *м вод.ст.*

3. Плотность воздуха по состоянию в «горле» воздухомера:

где R – характеристическая газовая постоянная воздуха, равная 287 *Дж/кг·°К.*

4. Расход воздуха:

кг/сек

5. Абсолютное давление в сечении на выходе из компрессора и на входе в горизонтальную трубу:

Р2а = Ратм +ρ ∙g ∙ Нн , *Па*

где Нн - показание пьезометра (после компрессора), *переведенное* в *м вод.ст*.

Плотность воздуха на выходе из компрессора и на входе в горизонтальную трубу:

кг/

где t 2а – температура воздуха на выходе из компрессора и на входе в горизонтальную трубу (сечение IIа), *°С*.

7. Плотность воздуха на выходе из трубы:

кг/

где t2 – температура воздуха на выходе из трубы (сечение II), *°С*.

8. Значение энтальпии воздуха h, в сечениях I, IIa и II определяется по общему уравнению

h j = сp ∙ t j , *кДж/кг*

где ср – теплоемкость воздуха при постоянном давлении, которая может быть принята не зависящей от температуры и равной 1,006 *кДж/(кг·°С)*; tj – температура в рассматриваемом сечении, *°С*; j – индекс рассматриваемого сечения (I, IIa или II).

9. Средняя скорость потока Wj в сечениях IIa и II определяется по общему уравнению

м/сек

где F – площадь проходного сечения для потока воздуха, одинаковая для сечений IIa и II и равная 1,35·10-3 *м2* ; ρj – плотность воздуха в рассмат-риваемом сечении, *кг/м3*; j - индекс рассматриваемого сечения (IIa или II).

Скорость потока воздуха в сечении I (на входе в воздухомер из окружающей среды) должна быть принята равной W1 = 0.

10. Изменение потенциальной энергии на участке I − IIа:

∆Эпот = g·(Z2а − Z1 )·10−3 , *кДж/кг*

Так как в данной работе (Z2а – Z1) = 0,4 *м,* то ∆Эпот = 0,0039 *кДж/кг* одинаково для всех опытов и сравнительно мало. Поэтому величиной этого слагаемого в уравнении (1) можно пренебречь.

11. Работа электрического тока lэ1 на I-ом участке (подсистеме):

где Iк – сила тока, потребляемая электродвигателем компрессора, а; Uк – напряжение, подаваемое на электродвигатель компрессора, в.

12. Работа электрического тока lэ2 на II-ом участке (подсистеме):

где Iн – сила тока, потребляемая на нагрев трубы, а; Uн – напряжение, подаваемое на нагрев трубы, в.

Результаты расчетов должны быть продублированы в форме сводной таблицы 2.

Таблица 2. Результаты расчетов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Измеряемая величина | Обозн. | Ед.  изм. | Номера опытов | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Атмосферное давление | Ратм | Па |  |  |  |  |  |
| 2 | Перепад давления воздуха в воздухомере | ΔР | Па |  |  |  |  |  |
| 3 | Плотность воздуха по состоянию горла воздухомера | ρв |  |  |  |  |  |  |
| 4 | Расход воздуха | G | кг/сек |  |  |  |  |  |
| 5 | Плотность воздуха в сечении II а | ρ2а |  |  |  |  |  |  |
| 6 | Средняя скорость потока в сечении II а | W2a | м/сек |  |  |  |  |  |
| 7 | Плотность воздуха при выходе из трубы (сечение II) | ρ2 |  |  |  |  |  |  |
| 8 | Средняя скорость потока при выходе из трубы (сечение II) | W2 | м/сек |  |  |  |  |  |
| 9 | Работа электрического тока на первом участке (подсистеме) | Iэ1 | кДж/кг |  |  |  |  |  |
| 10 | Изменение энтальпии потока на первом участке (подсистеме) | Δh1 | кДж/кг |  |  |  |  |  |
| 11 | Изменение кинетической энергии потока на первом участке (подсистеме) | ΔЭкин1 | кДж/кг |  |  |  |  |  |
| 12 | Количество теплоты, отдаваемое на первом участке в окр.среду | qн1 | кДж/кг |  |  |  |  |  |
| 13 | Работа электрического тока на втором участке (подсистеме) | Iэ2 | кДж/кг |  |  |  |  |  |
| 14 | Изменение энтальпии потока на втором участке (подсистеме) | Δh2 | кДж/кг |  |  |  |  |  |
| 15 | Изменение киентической энергии на втором участке (подсистеме) | ΔЭкин2 | кДж/кг |  |  |  |  |  |
| 16 | Количество теплоты, отдаваемое на втором участке в окр.среду | qн2 | кДж/кг |  |  |  |  |  |
| 17 | Общее количество тепла, отдаваемое в окружающую среду термодинамической системой | qн | кДж/кг |  |  |  |  |  |

**5. Контрольные вопросы**.

1. Сформулируйте цель лабораторной работы и поясните, как достигается поставленная цель?
2. Назовите основные узлы экспериментальной установки и укажите их назначение.
3. Какими методами измеряется температура в данной работе?
4. Как измеряется и регулируется расход воздуха в данной работе?
5. На что расходуется мощность, подведенная к компрессору, и как она определяется?
6. Сформулируйте и напишите аналитические выражения *первого закона* *термодинамики* для замкнутой и разомкнутой оболочек.
7. Каков физический смысл величин, входящих в уравнения *первого закона* *термодинамики* для замкнутой и разомкнутой оболочек?
8. Дайте определение и поясните физический смысл понятий *теплоты* и *работы* в технической термодинамике.
9. Что означают знаки « + » и « − » для теплоты и работы?
10. На что и каким образом влияет изменение нагрева трубы при постоянном расходе воздуха?
11. На что расходуется мощность, подведенная для нагрева трубы, и как она определяется?
12. Как осуществляется выбор контрольных оболочек (границ) подсистем (системы) применительно к данной лабораторной работе?
13. В каком месте и почему границы подсистем (системы) размыкаются?
14. Что называется внутренней энергией рабочего тела? Свойства внутренней энергии и расчетные формулы.
15. Что называется энтальпией рабочего тела? Свойства энтальпии и расчетные формулы.