

Практическая работа №8

Тема: Определение основных параметров рабочего тела в процессе дросселирования с помощью i - s диаграммы

Цель: Научиться строить процесс дросселирования водяного пара в i - s диаграмме и получить практические навыки в определении основных параметров в начале и в конце процесса дросселирования с помощью i - s диаграммы

Методические пояснения и рекомендации

Если в трубопроводе имеется резкое сужение (вентиль-кран, задвижка и т. п.), то при проходе через это сужение давление понижается, а удельный объем увеличивается. Такой необратимый процесс расширения потока называется *дросселированием*.

Можно отметить две характерные особенности, свойственные процессу дросселирования;

- 1) дросселирование — процесс, протекающий настолько быстро, что теплообмен между рабочим телом и внешней средой незначителен и его можно в расчетах не учитывать;
- 2) процесс дросселирования протекает без совершения внешней работы.

Напишем уравнение первого начала термодинамики: $q_{1,2} = i_2 - i_1 + w_{1,2}$. В соответствии с указанными двумя характерными особенностями процесса дросселирования в этом уравнении $q_{1,2} = 0$ и $w_{1,2} = 0$.

Следовательно, $i_2 - i_1 = 0$ или $i_2 = i_1$, т. е. *удельная энтальпия потока при дросселировании не изменяется*. Поэтому этот процесс называется *изоэнтальпийным* и изображается на i - s -диаграмме прямой, параллельной оси абсцисс (оси удельной энтропии).

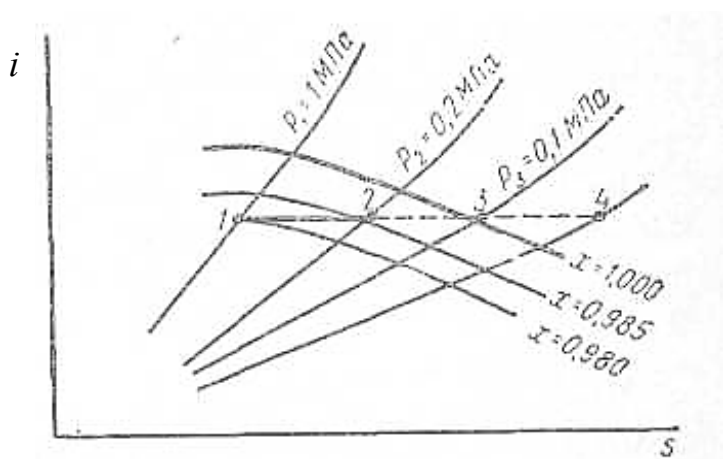


Рисунок 8.1- Процесс дросселирования газа и пара на i - s -диаграмме

Задачи, связанные с дросселированием, обычно сводятся к определению основных параметров состояния рабочего тела в начале и в конце процесса дросселирования. Удобнее всего их решать при помощи i - s диаграммы.

Разберем некоторые частные случаи дросселирования пара.

Допустим, что влажный пар давлением $p_1 = 1$ МПа и паросодержанием $x = 0,98$ дросселируют до $p_2 = 0,2$ МПа. Выясним, какое будет при этом конечное состояние пара. Найдя на i - s -диаграмме точку, определяющую начальное состояние пара (точка 1 на рис.8.1), и проведя через нее прямую, параллельную оси абсцисс, до пересечения с изобарой $p_2 = 0,2$ МПа, получим конечную точку 2 процесса. Как видно на диаграмме, паросодержание стало 0,985, т. е. возросло. Таким образом, при дросселировании влажный пар подсушивается. Путем большого понижения давления при дросселировании, например до 0,1 МПа, можно (как это видно на i - s -диаграмме) влажный пар превратить в сухой (точка 3 на рис.8.1) или даже в перегретый (точка 4). На i - s -диаграмме видно также, что температура пара при дросселировании понижается. Нетрудно убедиться и в том, что если дросселируется перегретый пар, то, несмотря на некоторое снижение температуры пара при этом, степень перегрева (по сравнению с температурой насыщения при том же давлении) увеличивается.

Для пара высокого давления могут быть и такие случаи при дросселировании, когда паросодержание влажного пара и степень перегрева перегретого пара уменьшаются. В этом нетрудно убедиться, если обратиться к i - s -диаграмме. Действительно, если дросселируется водяной пар давлением 10 МПа, паросодержанием 0,95 до давления 5,0 МПа, то после дросселирования его паросодержание уменьшится до 0,925.

Если водяной пар давлением 10 МПа и температурой 320°C дросселировать, допустим, до 3,0 МПа, то он превратится во влажный пар.

Дросселирование с понижением температуры нашло широкое применение в качестве одного из способов получения искусственного холода.

Исходные данные (задание):

1. Данные для расчетов (по вариантам) взять из таблицы 8.1
 2. По условиям задач 8.1 - 8.3 рассчитать требуемые величины.
- Таблица 8.1 - Данные к задачам 8.1 - 8.3

№	p_1 , МПа	t_1 , °C	p_2 , МПа	№	p_1 , МПа	t_1 , °C	№	p_1 , МПа	p_2 , МПа	x
1	1,8	250	1	1	10	500	1	2	0,8	0,9
2	3	300	0,5	2	8	450	2	1	0,12	0,97
3	2	300	0,3	3	6	550	3	5	1	1
4	7	400	0,5	4	10	450	4	1	0,2	0,96
5	4	370	1	5	9	600	5	1	0,1	0,98
6	5	500	0,5	6	8	500	6	3	0,2	1
7	10	320	4	7	7	450	7	2	0,5	0,95
8	8	300	2	8	6	400	8	5	0,5	0,98
9	2,5	300	1	9	5	500	9	2	0,6	0,95
10	2	250	1	10	10	600	10	1	0,15	0,97
11	3	300	0,4	11	8	400	11	5	1	0,98
12	2	400	0,5	12	6	450	12	1	0,1	0,99
13	7	400	1	13	5	500	13	1	0,1	1
14	4	380	1	14	10	400	14	3	0,5	1
15	5	550	1	15	9	550	15	4	0,5	1
16	10	350	3	16	8	430	16	5	1	1
17	8	400	1	17	7	410	17	6	1	0,96
18	2	250	1	18	6	400	18	2	0,1	0,97

Задача 8.1

Водяной пар при давлении p_1 , МПа и температуре t_1 , °C дросселируется до p_2 , МПа. Определить температуру пара в конце дросселирования и изменение перегрева пара.

Задача 8.2

До какого давления должно быть произведено дросселирование пара с начальными параметрами p_1 , МПа и t_1 , °C, чтобы удельный объем пара увеличился в 2 раза? Определить параметры конечного состояния.

Задача 8.3

Пар при давлении p_1 , МПа и степени паросодержания x дросселируется до p_2 , МПа. Определить состояние пара в конце дросселирования и его параметры.

Порядок выполнения работы:

1. Выполнить задание в соответствии с данными своего варианта (см. таблицу 8.1)
2. Ответить письменно на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Что такое дросселирование?
2. Чем характеризуется дифференциальный дроссельный эффект? Чем характеризуется интегральный дроссельный эффект?
4. Как показать на $i-s$ диаграмме, что в некоторых случаях перегретый пар можно путем дросселирования превратить во влажный?
5. Где используется процесс дросселирования?

Пример выполнения задания

Пример 8.1

Определить изменение состояния перегретого водяного пара, давление которого дросселированием понижается до 0,3 МПа, если начальные параметры пара: $p_1 = 2$ МПа и $t_1 = 250$ °С.

Решение.

Найдя на $i-s$ -диаграмме в пересечении изобары $p_1 = 2$ МПа и изотермы $t_1 = 250$ °С начальную точку 1 линии процесса и проведя через нее горизонтальную линию вправо, параллельно оси энтальпии, до пересечения с изобарой $p_2 = 0,3$ МПа, получим конечную точку 2, которая лежит на изотерме 220 °С.

Следовательно, температура пара в процессе дросселирования понизилась от $t_1 = 250$ °С до $t_2 = 220$ °С.

Выясним теперь, как отразилось дросселирование на степени перегрева пара. Температура кипения при давлении $p_1 = 2$ МПа $t_{1,s} = 212$ °С, поэтому в начальном состоянии степень перегрева

$$\Delta t_1 = t_1 - t_{1,s} = (250 - 212) \text{ °С} = 38 \text{ °С}.$$

При давлении $p_2 = 0,3$ МПа температура кипения $t_{2,s} \approx 133,5$ °С, поэтому в конце дросселирования степень перегрева

$$\Delta t_2 = t_2 - t_{2,s} = (220 - 133,5) \text{ °С} = 86,5 \text{ °С}.$$

т. е. степень перегрева пара увеличилась на $\Delta t_2 - \Delta t_1 = (86,5 - 38)^\circ\text{C} = 48,5^\circ\text{C}$.

