3.06.2020 19-2 Техническое обслуживание турбинного оборудования. Захаров Г.П.

Практическая работа: Определение КПД паротурбинной установки.

Тема: «Определение КПД паросиловой установки и эффекта от повышения начальных параметров состояния пара и уменьшения конечных, от введения промежуточного перегрева пара»

Цель: Приобретение практических навыков определения КПД паросиловой установки и эффекта от повышения начальных параметров состояния пара и уменьшения конечных, от введения промежуточного перегрева пара.

Литература: В.Г. Ерохин, М.Г. Маханько, Сборник задач по основам гидравлики и теплотехники, М: «Энергия», 1979, стр. 75-77

1. **Общие сведения**

В паросиловых установках в качестве рабочего тела используются пары различных жидкостей (вода, ртуть и т. п.), но чаще всего водяной пар.

В паровом котле паросиловой установки за счет подвода теплоты *Q1*, получаемой за счет сгорания топлива в топке, образуется пар при постоянном давлении *р1*. В пароперегревателе он дополнительно нагревается и переходит в состояние перегретого пара. Из пароперегревателя пар поступает в паровой двигатель (например, в паровую турбину), где полностью или частично расширяется до давления *р1* с получением полезной работы *L1*. Отработанный пар направляется в холодильник-конденсатор, где он полностью или частично конденсируется при постоянном давлении *р2*. Конденсация пара происходит в результате теплообмена между отработавшим паром и охлаждающей жидкостью, протекающей через холодильник-конденсатор.

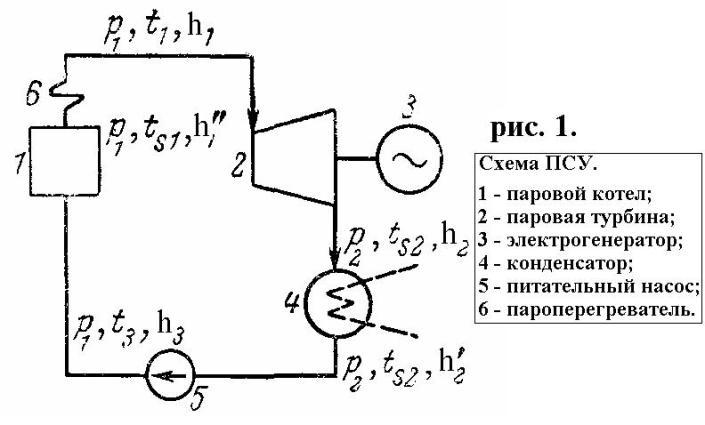


Рисунок 1 - Схема паросиловой установки: 1 – паровой котел; 2 – паровая турбина; 3 – электрогенератор; 4 – конденсатор; 5 – питательный насос; 6 - пароперегреватель

В основе работы паросиловой установки лежит идеальный цикл Ренкина. Он был предложен в 50-х гг. ХХв. почти одновременно шотландским инженером и физиком У.Ренкиным и выдающимся немецким физиком Р.Клаузиусом. Обычно его называют циклом Ренкина. Он состоит из следующих процессов:

- нагревания воды в котле до кипения;

- испарения воды в парообразных трубах котла;

- расширения пара в турбине с совершением полезной внешней работы;

- конденсации отработавшего пара в конденсаторе с отводом теплоты охлаждающей воды;

- сжатия конденсата питательным насосом до первоначального давления воды, поступающей в котел.

В этом цикле нет потерь на трение, нет потерь тепла в котле, турби­не и трубопроводах, все процессы протекают обратимо, в частности про­цесс расширения пара в турбине происходит без теплообмена с внешней средой (т. е. адиабатно). На диаграмме p-v и T-S этот цикл представлен на рисунках 2 и 3 соответственно.

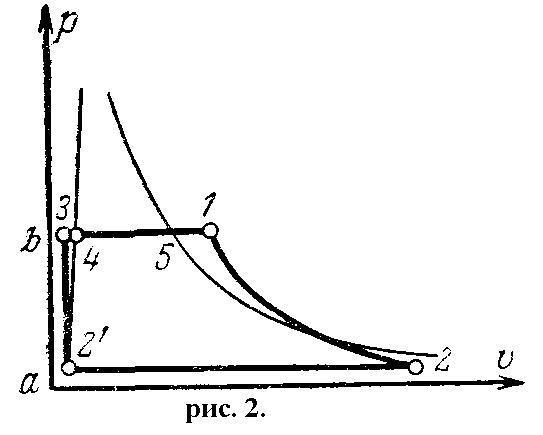
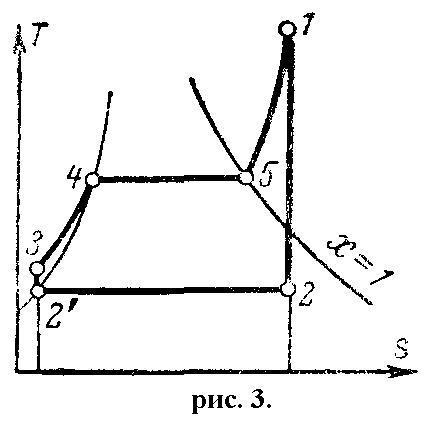
 

Рисунок 2 – Цикл Ренкина ( p-v) Рисунок 3 – Цикл Ренкина (T-S)

1-2 – адиабатное расширение пара в паровой турбине до давления в конденсаторе p2;

2-2' – конденсация пара в конденсаторе, отвод тепла при p2 = const.

В результате отвода тепла отработавший пар полностью конденсируется, а образовавшийся конденсат водяным насосом подается в котел. Т.к. при давлениях, применяемых обычно в теплотехнике, изменением объема воды при её сжатии можно пренебречь, то процесс адиабатического сжатия воды в насосе происходит практически при постоянном объеме воды и может быть представлен изохорой 2'-3.

3-4 – процесс нагревания воды в котле при p1 = const до температуры кипения;

4-5 – парообразование;

5-1 – перегрев пара в пароперегревателе.

Процессы нагревания воды до кипения и парообразование происходят при постоянном давлении (P = const, T = const) .

Поскольку процессы подвода и отвода теплоты в рассмотренном цикле осуществляется по изобарам, а в изобарном процессе количество подведенной (отведенной) теплоты = разности энтальпий рабочего тела в начале и конце процесса:

https://fsd.multiurok.ru/html/2019/10/25/s_5db29a310ac51/1233375_4.png

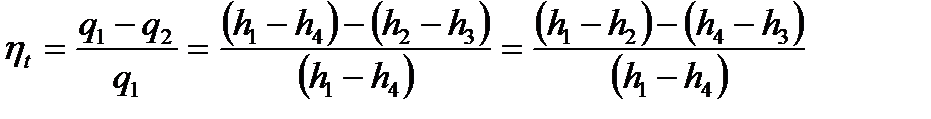
где h1 – энтальпия перегретого пара на выходе из котла;

h4 – энтальпия воды на входе в котел;

h2 – энтальпия влажного пара на выходе из турбины;

h3 – энтальпия конденсата на выходе из конденсатора.

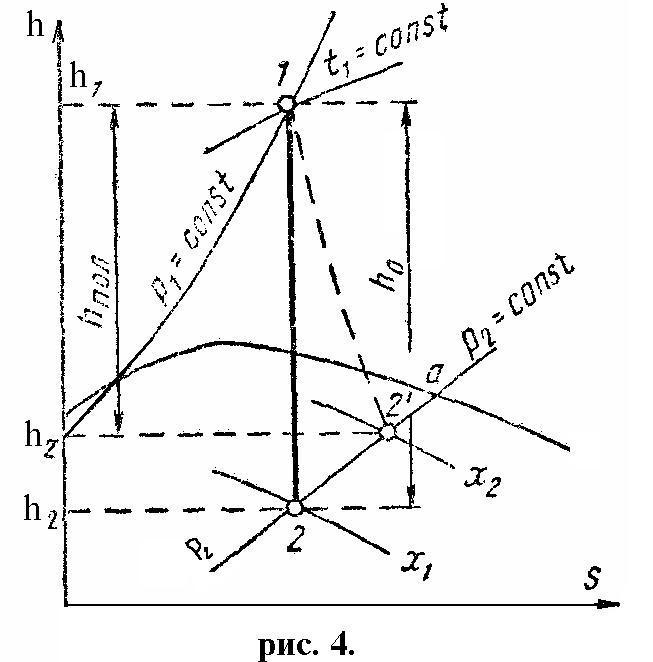
Термический КПД цикла:



где h1-h2 – располагаемый перепад энтальпий, превращенный в полезную работу в турбине;

h4-h3– техническая работа насоса.

Термический КПД цикла Ренкина удобно определять, пользуясь h-s диаграммой. На пересечении изобары p1 и изотермы t1 находят точку 1, соответствующую состоянию пара перед входом в тур­бину. Энтальпию h1 пара, состояние которого отображается этой точкой, определяют по шкале на оси ординат. Затем из точки 1 про­водят вертикальную прямую — адиабату до ее пересечения в точке 2 с изобарой p2 и находят энтальпию h2 пара, состояние которого отобра­жается точкой 2.



1. **Задание. По заданному варианту решите следующие задачи**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| На оценку «3» | На оценку «4» | На оценку «5» |
| 1,2,3 | 1,2,3,4 | 1,2,3,4,5 |

1. В цикле паросиловой установки с турбиной Р-25-90/18 начальные параметры пара р1= (8,82 + 0,1\*вариант) МПа и t1=(535 + вариант)0С. Давление в конце процесса расширения (1,76 + 0,1\*вариант) МПа. Определить термический к.п.д. и работу 1 кг пара (задача решается как 2-125) [1].

*Значения энтальпии водяного пара в начале и конце процесса определяются по диаграмме состояния водяного пара. 1 МПа = 10 бар.*

2. Начальные параметры пара в цикле паросиловой установки р1= (9,0 + 0,01\*вариант) МПа, t1=(530 + вариант)0С и в конце расширения р2=(3,5 + 0,1\*вариант) кПа. Определить термический к.п.д. Как изменится термический к.п.д. цикла, если расширение в турбине будет происходить до давления р2= (0,2 + 0,1\*вариант) МПа? (задача решается как 2-126) [1].

*Значения энтальпии водяного пара в начале и конце процесса определяются по диаграмме состояния водяного пара.*

3. Определить увеличение термического к.п.д. паросиловой установки при переходе от начальных параметров пара (3,5 + 0,1\*вариант) МПа и (435 + 10\*вариант)0С к параметрам (13,0 + 0,1\*вариант) МПа и (565 + 10\*вариант)0С. Давление в конденсаторе принять одинаковым и равным 4,0 кПа (задача решается как 2-127) [1].

*Значения энтальпии водяного пара в начале и конце процесса определяются по диаграмме состояния водяного пара. Вначале определяется термический к.п.д. при первых начальных параметрах, а затем – при вторых. Полученные значения сравниваются.*

4. Сравнить термический к.п.д. локомотивной и стационарной паросиловых установок при одинаковых начальных параметрах пара р1=(1,6 + 0,1\*вариант) МПа и , t1=(380 + 10\*вариант)0С, если давление конца расширения в локомотивной паровой машине 0,115 МПа, а в стационарной – 0,01 МПа(задача решается как 2-128) [1].

*По начальным параметрам определяется значение энтальпии в начале процесса, а затем значения энтальпии в конце процесса при двух значениях давления* *р2. Затем определяются термические к.п.д. установок и сравниваются полученные значения.*

5. Определить изменение термического к.п.д. и полезной работы 1 кг пара в цикле паросиловой установки с введением вторичного перегрева пара. Начальные параметры пара в цикле р1=3,5 МПа и , t1=4500С и р2=4,0 кПа. Вторичный перегрев пара производится при давлении 0,5 МПа до температуры 4300С. Работу насоса не учитывать (задача решается как 2-129) [1].

1. **Контрольные вопросы**
2. Из каких узлов и механизмов состоит паросиловая установка?
3. Из каких процессов состоит цикл Ренкина?
4. При каком процессе происходит совершение полезной внешней работы?
5. Чему равен термический к.п.д. цикла Ренкина?
6. Как можно определить термический к.п.д. и полезную внешнюю работу цикла Ренкина?
7. **Пример решения задачи**

