Гр.19-2 29.05.20 Техническое обслуживание турбинного оборудования Захаров Г,П.

Практическое занятие: **Способы повышения к.п.д. паросиловых установок**

К. п. д. цикла Ренкина даже в установках с высокими параметрами пара не превышает 50%. В реальных установках из-за наличия внутренних потерь в турбине значение к. п. д. еще меньше.

На величины энтальпий, входящих в выражение (9) оказывают влияние три параметра рабочего тела –– начальное давление *р*1 и начальная температура *Т*1 перегретого пара на входе в турбину и конечное давление *р*2 на выходе из турбины. Это приводит к увеличению теплоперепада https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image304.pngи как следствие этого, к увеличению удельной работы и к. п. д. цикла.

Кроме изменения параметров пара повысить экономичность паросиловых установок можно за счет усложнения схем самой установки.

На основании выше сказанного выявляются следующие пути повышения термического к. п. д.

1. *Повышение начального давления р*1 при неизменных параметрах *Т*1 и *р*2 (рис. 15, *а*). На https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image306.pngдиаграмме показаны циклы Ренкина при максимальных давлениях *р*1 и *р*1а> *р*1. Сопоставление этих циклов показывает, что с увеличением давления до *р*1*а* теплопререпад https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image308.pngимеет большее значение, чем https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image304.png, а количество подводимой теплоты https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image311.pngуменьшается. Такое изменение энергетических составляющих цикла с ростом давления *р*1 увеличивает термический к. п. д. Этот метод дает значительное повышение эффективности цикла, но в результате повышения *р*1 (давление в паросиловых установках может достигать до 30 ата) увеличивается влажность пара, выходящего из турбины, что вызывает преждевременную коррозию лопаток турбины.

2. *Увеличение начальной температуры Т*1 при неизменных параметрах *р*1и *р*2 (рис. 15, *б*). Сопоставляя циклы в https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image306.pngдиаграмме при температурах *Т*1 и *Т*1а> *Т*1 можно увидеть, что разность энтальпий https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image308.pngувеличивается в большей степени чем разность https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image315.png, так как изобара https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image317.pngпротекает более круто, чем изобара https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image319.png. При таком изменении разности энтальпий с ростом максимальной температуры цикла термический к. п. д. возрастает. Недостатком этого метода является то, что для пароперегревателя требуется жаропрочный металл, температура перегретого пара может достигать до 650 °С.

[₽](https://direct.yandex.ru/?partner)

3. *Одновременное повышение давления р*1 *и температуры Т*1 при постоянном давлении *р*2. Повышение как *р*1 так и *Т*1 увеличивает термический к. п. д. Влияние их на влажность пара в конце расширения противоположно, с повышением *р*1она возрастает, а с увеличением *Т*1 –– уменьшается. В конечном итоге состояние пара будет определяться степенью изменения величин *р*1 и *Т*1.

4. *Понижение давление р*2 при постоянных параметрах *Т*1 и *р*1 (рис. 15, *в*). С понижением *р*2 увеличивается степень расширения пара в турбине и техническая работа возрастает ∆*l = la – l*. При этом количество отводимой теплоты https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image321.pngменьше, чем https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image292.png(изобара при меньшем давлении более пологая), а количество подводимой теплоты возрастает на величину https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image324.png. В результате термический к. п. д. цикла увеличивается. Понижая давление *р*2 можно достигнуть на выходе из конденсатора температуры равной температуре окружающей среды, но при этом в конденсационном устройстве придется создавать вакуум, так как температуре https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image326.pngсоответствует давление *р*2 = 0,04 ата.

5. *Использование вторичного (промежуточного) перегрева пара*(рис. 15, *г*). На https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image306.pngдиаграмме прямая *1*–*2* показывает расширение пара до некоторого давления *р*1*а* в первом цилиндре двигателя, линия *2–1а* –– вторичный перегрев пара при давлении *р*1*а* и прямая *1а–2а* –– адиабатное расширение пара во втором цилиндре до конечного давления *р*2.

Термический к. п. д. такого цикла определяется по выражению

https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image329.png.

Применение вторичного перегрева пара приводит к снижению влажности пара на выходе из турбины и к некоторому увеличению технической работы. Повышение к.п.д. в этом цикле незначительное, всего 2–3 %, и такая схема требует усложнения конструкции паровой турбины.

6. *Применение регенеративного цикла*. В регенеративном цикле питательная вода после насоса протекает через один или несколько регенераторов, где нагревается паром, частично отбираемым после расширения его в некоторых ступенях турбины (рис. 16).

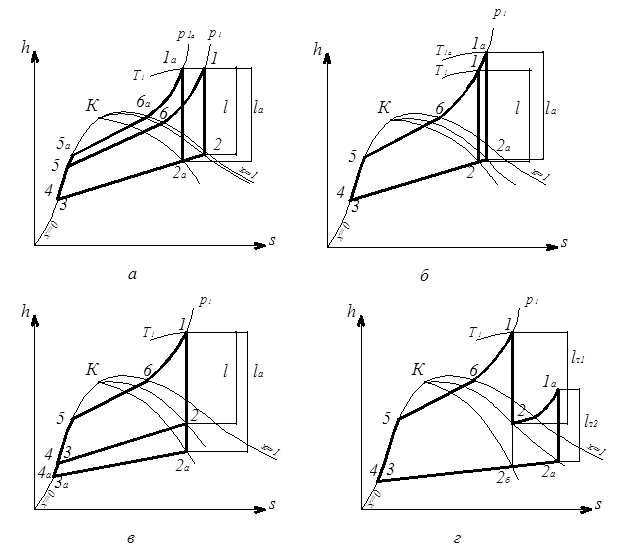


Рис. 15. Пути повышения термического к.п.д. цикла Ренкина

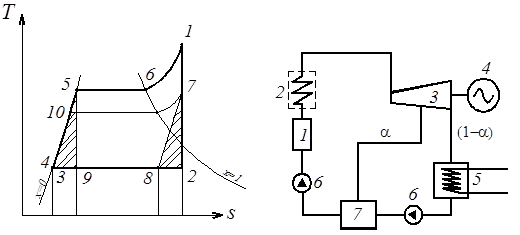


Рис. 16. Схема паросиловой установки, работающей

по регенеративному циклу:

*1* –– котел; *2* –– пароперегреватель; *3* –– паровая турбина; *4* –– электрогенератор; *5* –– охладитель-конденсатор; *6* –– насос; *7* –– регенератор; α –– доля отбора пара

Количество отобранного пара будет определяться из уравнения теплового баланса для регенератора

https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image335.png,

где https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image337.png–– энтальпия конденсата при конечном давлении пара *р*2; https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image339.png–– энтальпия пара, отбираемого из турбины; https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image341.png–– энтальпия конденсата при давлении отбора пара.

Полезная работа 1 кг пара в турбине будет определяться по формуле:

https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image343.png.

Количество теплоты затраченной на 1 кг пара, составляет

https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image345.png.

Тогда термический к.п.д. в регенеративном цикле будет найден

https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image347.png.

Подробное исследование регенеративного цикла показывает, что его термический к.п.д. всегда больше термического к.п.д. цикла Ренкина с теми же начальными и конечными параметрами. Увеличение к.п.д. при использовании регенерации составляет 10–15 % и возрастает с увеличением количеств отбора пара.

7. *Применение теплофикационного цикла*. В теплофикационном цикле утилизируется теплота, отдаваемая паром охлаждающей воде, которая обычно используется в отопительных системах, в системах горячего водоснабжения и для других целей. При этом теплота q1, подводимая к рабочему телу, может в разной степени перераспределяться дл получения технической работы и теплоснабжения. В теплофикационном цикле (рис. 17) часть электроэнергии недорабатывается, так как часть теплоты пара отбираемого из турбины расходуется у потребителя.

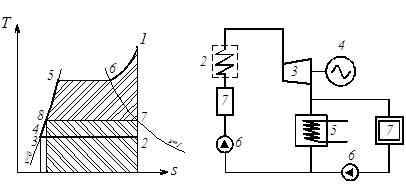


Рис. 17. Схема паросиловой установки, работающей по

теплофикационному циклу:

*1* –– котел; *2* –– пароперегреватель; *3* –– паровая турбина; *4* –– электрогенератор; *5* –– охладитель-конденсатор; *6* –– насос; *7* –– потребитель теплоты

Количество теплоты, полученное рабочим телом, https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image351.pngчастично превращается в полезную работу лопаток турбины https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image353.png, а частично затрачивается для целей теплоснабжения у потребителей https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image355.png. Поскольку и та и другая работы являются полезными, то термический к. п. д. теряет свой смысл.

К.п.д. теплофикационного цикла будет определяться

https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image357.png.

Так как в теплофикационном цикле вырабатывается два вида продукции (электроэнергия и теплота), то приходится различать внутренний КПД по выработке теплоты и средневзвешенный КПД по выработке электроэнергии и теплоты. Каждый из них равен единице, поскольку в пределах цикла потерь нет.

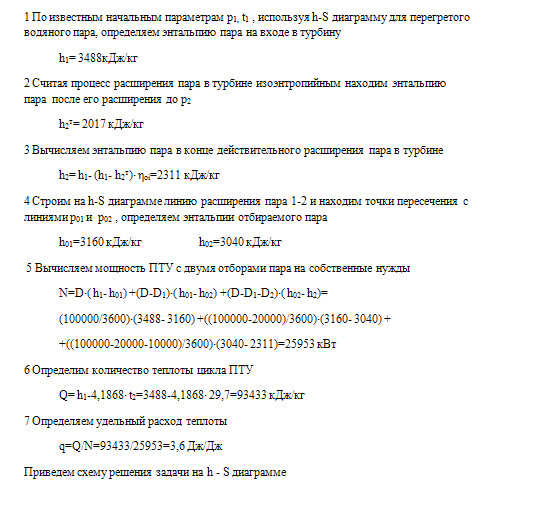
В реальности к.п.д. теплофикационного цикла не может быть равен единице, так как всегда существуют механические потери в турбине и гидравлические потери в системах теплоснабжения.

Приложение.

К.п.д. цикла Ренкина составит: https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza4/935093223361.files/image296.png. (9)

Задачи:

(пример)1. **Условие задачи:** В паротурбинной установке, работающей с начальными параметрами р1=11 МПа и t1=550 °C осуществляется два отбора пара на собственные нужды: при р01=4 МПа – D1=20000кг/час и при р02=2,5 МПа – D2=10000кг/час. Давление в конденсаторе р2=40 гПа. Определить мощность ПТУ, если ηoi=0,80 и паропроизводительность парогенераторов D=100 т/час. Определить также удельный расход теплоты . Работу питательного насоса и прочие потери не учитывать.

2.

**Условие задачи:**Давление пара перед турбиной р1=3 МПа, а в конденсаторе р2=0,004 МПа. Относительный, внутренний к.п.д. турбины ηoi=0,82. Определить, какова должна быть температура пара перед турбиной, чтобы его влажность на выходе из турбины была равна 12%. Задачу решить графо-аналитическим методом.

3. **Условие задачи:**Показать сравнительным расчетом целесообразность применения пара высоких начальных параметров и низкого конечного давления на примере паросиловой установки, работающей по циклу Ренкина, определив располагаемое теплопадение, термический КПД цикла и удельных расход пара для двух различных значений начальных и конечных параметров пара. Указать конечное значение степени сухости x2 (при давлении пара p2). Изобразить схему простейшей паросиловой установки и дать краткое описание ее работы.  
Указание. Задачу надо решать с помощью hs диаграммы.

Данные:  
параметры для I варианта: р 1= 3,0 МПа; t= 400 °C; р 2= 70 кПа;  
параметры для II варианта: р 1= 14,0 МПа; t= 560 °C; р 2= 4 кПа.

