

## ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ МЕТОДА РАСЧЁТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ТЕПЛОФИКАЦИИ

Зубов Д.И., Суворов Д.М.  
Вятский государственный университет, г. Киров  
e-mail: [dmilar@mail.ru](mailto:dmilar@mail.ru)

В книге Соколова Е.Я. [1] предлагается рассчитывать удельную экономию условного топлива за счёт комбинированной выработки электрической энергии на ТЭЦ по формуле:

$$\Delta b_{\text{э}} = \frac{143}{\eta_{\text{к.с.}}} \cdot \frac{Q_m}{Q} \cdot \frac{H_m}{H_{\text{к}}} \cdot \frac{(1+e_m)}{(1+e_{\text{к}})} \cdot \frac{(i_{\text{к}} - \bar{t}_{\text{к}})}{(i_{\text{к}} - t_{\text{к.м}})}$$

В пересчёте на единицу отпуска теплоты из отборов и без учета КПД котельного агрегата (в этом случае удельная экономия теплоты переводится в относительные единицы и относится не к теплоте топлива, а к теплоте турбоустановки) эту формулу можно записать в следующем виде:

$$\Delta q_{\text{эк}} = \frac{q_{\text{к}}}{q_{\text{от}}} \cdot \frac{H_m}{H_{\text{к}}} \cdot \frac{(1+e_m)}{(1+e_{\text{к}})}$$

где  $q_{\text{к}}$  – разность энтальпий пара и конденсата в конденсаторе;  
 $q_{\text{от}}$  – разность энтальпий пара и конденсата в теплофикационном отборе;  
 $H_m$  – разность энтальпий пара на входе в турбину и в теплофикационном отборе;  
 $H_{\text{к}}$  – разность энтальпий пара на входе в турбину и в конденсаторе.

Обозначим отношение степени регенерации турбины в режиме работы с отопительным отбором к степени регенерации при работе в конденсационном режиме как

$$K_p = \frac{(1+e_m)}{(1+e_{\text{к}})}$$

где  $e_m$  – относительная выработка электроэнергии на базе внутреннего теплового потребления в режиме комбинированной выработки;  $e_{\text{к}}$  – относительная выработка электроэнергии на базе внутреннего теплового потребления в конденсационном режиме.

В более поздних работах Е.Я. Соколов отмечает, что по указанной методике можно определять энергетический эффект теплофикации только при условии, что при переходе от конденсационного к теплофикационному режиму относительные внутренние КПД всех отсеков турбины остаются неизменными, и что на самом деле это условие зачастую не выполняется.

В данной работе приведены результаты сравнения расчёта теоретической экономии энергии топлива по формуле Е.Я. Соколова и реальной экономии, рассчитанной с помощью детальной программы расчёта тепловой схемы турбины Т-50-130, разработанной и реализованной сотрудниками ВятГУ Е.И. Эфросом и В.М. Суцких.

Реальная удельная экономия теплоты турбоустановки при теплофикации определялась как отношение изменения потерь теплоты в конденсаторе  $\Delta Q_{\text{к}}$ ,

взятого с обратным знаком, к изменению величины отопительной нагрузки  $\Delta Q_K$  по сравнению с конденсационным режимом:

$$\Delta q_{\text{эк}}^p = \frac{-\Delta Q_K}{\Delta Q_{\text{от}}}.$$

Результаты были получены при двух значениях электрической мощности: 30 и 50 МВт. Расчёт теоретических значений проводился с помощью построенного на  $h$ - $s$  диаграмме процесса расширения пара (параметры пара в точках отбора были вычислены по программе Т-50-130, в которой был смоделирован конденсационный режим работы турбины) при значениях давления в проточной части 50, 100, 150 и 196 кПа. Расчёт реальной экономии энергии топлива был проведён при таких же давлениях в нижнем отопительном отборе, при этом тепловая нагрузка изменялась от 10 МВт и до максимально возможной, то есть до полного закрытия регулирующей диафрагмы части низкого давления. Для большей наглядности результатов расчёты проводились в режиме работы турбины с одноступенчатым подогревом.

В ходе расчётов было выяснено, что удельная экономия теплоты с учётом коэффициента  $K_p$  изменяется в пределах 0,74-0,56 при электрической мощности 30 МВт и 0,78-0,61 при 50 МВт (рис. 1).

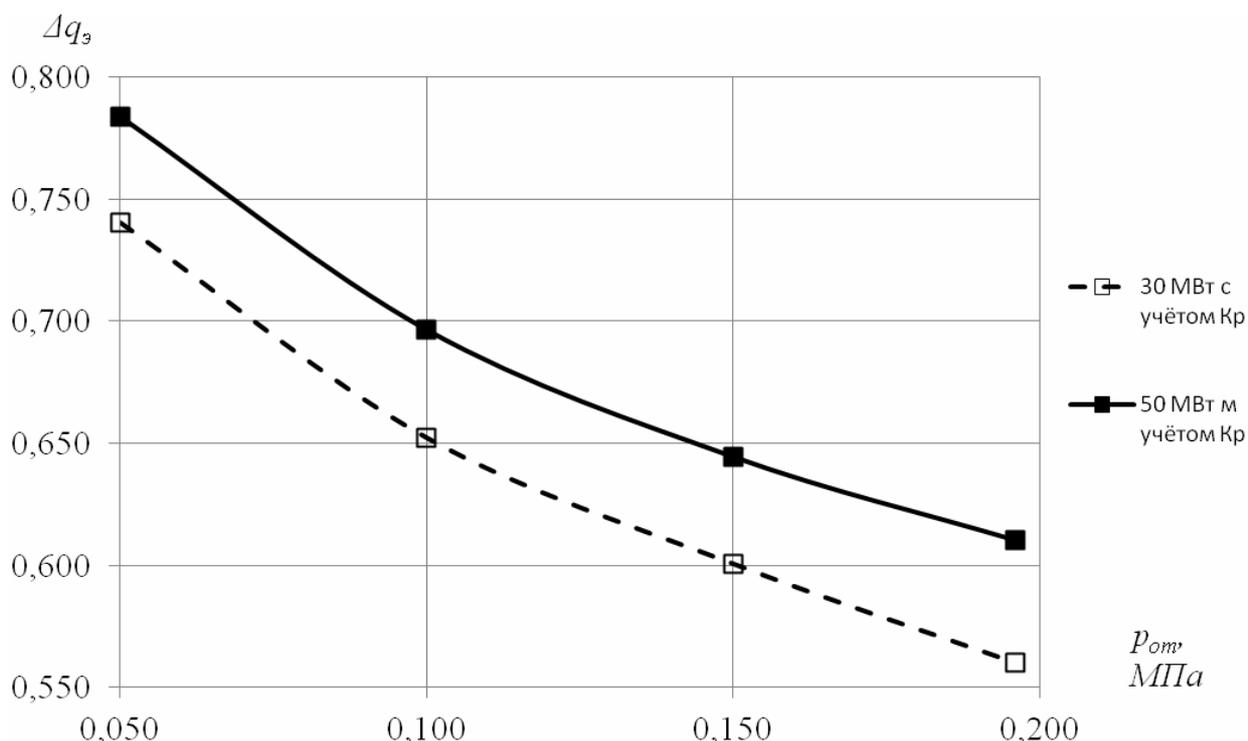


Рис. 1. Зависимость удельной экономии теплоты при теплофикации от давления в отопительном отборе

На рис. 2 представлена зависимость отношения реальной экономии к теоретической в зависимости от отопительной нагрузки при различных давлениях в отопительных отборах. Если говорить о точности расчётов с помощью приближённой формулы, то, как видно из рис. 2, при электрической мощности 30 МВт наибольшая точность будет при тепловой нагрузке 60-70 МВт, а при мощности 50 МВт – при тепловой нагрузке более 80 МВт.

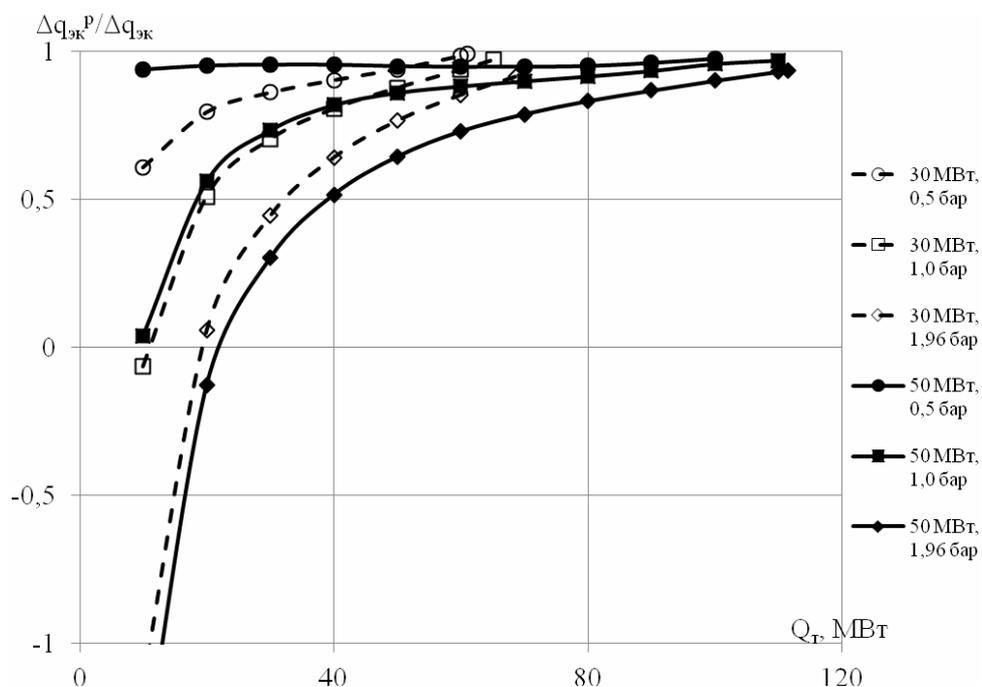


Рис. 2. Зависимость отношения реальной экономии к теоретической при различных тепловых нагрузках

Однако же при давлении в отборе около 0,5 бар и электрической мощности 50 МВт теоретическая и реальная экономия совпадают на всём диапазоне рассматриваемых теплофикационных нагрузок. При нагрузках менее 60 МВт теоретическая экономия перестаёт соответствовать реальной в большинстве рассмотренных режимов.

Таким образом, по результатам расчетных исследований можно сделать следующие выводы.

- Упрощённая формула для расчёта энергетической эффективности теплофикации может использоваться с достаточной точностью только при больших отопительных нагрузках.
- Точность расчётов по упрощенной формуле тем выше, чем меньше давление в отопительном отборе.

*Библиографический список*

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М.: Госэнергоиздат, 1963. 360 с.

**ПАРОГАЗОВАЯ УСТАНОВКА НА БАЗЕ ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ  
ЛИНЕЙНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ  
МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

*Ивакина С.А., Абдуллин Р.Р., Муңц В.А.  
УрФУ, e-mail: svetlana-ivakina@mail.ru*

С целью утилизации теплоты уходящих газов за газовыми турбинами ЛПУ проработан проект установки парового котла-утилизатора и паровой турбины. Котел-утилизатор обеспечивает повышение КПД цикла газотурбинной ус-