

УДК 697.34

Методы разделения расходов топлива на выработку тепловой и электрической энергии на ТЭЦ

Бурий Ю.Э., Гранчак Н.В.

научный руководитель – ассистент Нерезько А.В.

Для ТЭЦ важной задачей является достижение экономии топлива за счет комбинированной выработки электрической и тепловой энергии. При этом величину экономии топлива от теплофикации принято оценивать разностью расхода топлива на ТЭЦ и суммарных расходов топлива, необходимых для раздельной выработки таких же количеств теплоты в котельных и электроэнергии на КЭС. На сегодняшний день существует несколько методов разделения расхода топлива на электроэнергию и тепло на ТЭЦ.

В работе [1] приведены основные методы разделения расходов топлива. Одним из наиболее распространенных является *физический метод*. При этом методе расчета для установления стоимостных показателей производства электроэнергии и тепла общий расход тепла (топлива) в комбинированном производстве условно делится на две составляющие: одна пропорциональна отпуску тепла потребителям, другая – остальному количеству тепла, которое относят на производство электроэнергии. Другими словами, все тепло, которое поступало в паровую турбину с перегретым паром за вычетом тепла регулируемых отборов, отданного на нужды теплоснабжения, относилось на производство электроэнергии. При этом на выработку единицы электроэнергии в раздельном производстве (на конденсационной электростанции) расходуется примерно в 1,5 раза больше тепловой энергии, чем при комбинированном производстве, поэтому очевидно, что при таком разделении расхода тепла (топлива) в последнем случае вся экономия от уменьшения его общего расхода относиться к процессу производства электроэнергии.

Эксергетический метод. Метод разработан на основе теории эксергетического анализа системы. По этому методу удельный расход условного топлива на единицу эксергии определяется по зависимости

$$b_e = \frac{B_T}{(E^{\text{э}} + E^T)},$$

где B_T - годовой расход условного топлива, т у.т./год; $E^{\text{э}}$ и E^T - эксергии электрической и тепловой энергии. Значение $E^{\text{э}}$ вычисляется простым пересчётом единиц измерения, E^T - по формуле

$$E_T = \sum Q_i \cdot \left(1 - \frac{T_{\text{oc}}}{T_{\text{cp}}}\right),$$

где i - порядковый номер отбора пара определенных параметров; Q_i - количество тепла, отбираемого из соответствующего отбора; T_{oc} - температура окружающей среды; T_{cp} - средняя температура преобразующего пара, которая рассчитывается по зависимости

$$T_{\text{cp}} = \frac{h_{\text{om}} - h_{\text{к}}}{s_{\text{om}} - s_{\text{к}}},$$

где h_{om} и s_{om} - энтальпия и энтропия пара в отборе; $h_{\text{к}}$ и $s_{\text{к}}$ - энтальпия и энтропия конденсата этого пара.

По значениям $E^{\text{э}}$ и E^T из известной зависимости $B = E \cdot b_e$, определяются годовые расходы топлива на выработку электроэнергии $B_G^{\text{э}}$ и тепла B_G^T . Полученные таким образом соотношения расходов топлива меняются в зависимости от режима, в котором работают турбоагрегаты.

По эксергетическому методу значения b_e практически равны значениям, полученным в раздельной схеме энергоснабжения. Этим подтверждается примерное равенство эксергетического КПД по производству электроэнергии на ТЭЦ и КЭС. Расчёт показателей выработки тепла в виде горячей воды отдельно для теплофикационных отборов и пиковых водогрейных котельных дает важные результаты: удельные расходы топлива и себестоимость тепла, получаемого из Т-отборов, примерно в 2,5 раза меньше, чем ПВК. Высокая себестоимость тепла последней обусловлена как большим $b_{\text{ПВК}}$, так и малым числом часов максимума пиковой тепловой нагрузки.

Результаты эксергетического анализа комбинированной выработки тепла позволили выявить источники экономии топлива на ТЭЦ. Кроме того, эксергетический метод дает возможность дифференцированно подходить к отпускаемому от ТЭЦ теплу разного потенциала.

Существенный недостаток эксергетического метода состоит в том, что расчёт коэффициента разделения расхода топлива между электроэнергией и теплом требует довольно детального контроля режимов, в котором работало оборудование в течение отчётного периода. Громоздкие вычисления, связанные с режимами работы и климатическими колебаниями, делают этот метод неудобным в практическом значении.

В работе [2] говорится, что эффективность конденсационных турбин однозначно определяет термический КПД, а вот КПД ТЭЦ до сих пор однозначно не определен. Решить проблему определения показателей ТЭЦ позволяет применение **метода КПД отборов**.

КПД теплофикационного отбора определяется следующим образом. Подведём извне в сетевой подогреватель такое количество теплоты q_j для подогрева сетевой воды, чтобы отбор уменьшился на 1 кг пара при постоянном расходе теплоты потребителем. Получим в турбине дополнительную механическую работу H_j . Отношение полученной работы к затраченной теплоте есть КПД подведенного тепла q_j , для краткости назван КПД отбора

$$\eta_T = \frac{H_j}{q_j},$$

где j – номер отбора по ходу воды.

При вытеснении внешним теплом отборного пара образуется как бы дополнительный цикл между отбором и конденсатором, который накладывается на основной цикл.

Часовой расход топлива на отбираемое тепло: $B_{\text{ТК}} = b \cdot N_T$;

Часовой расход топлива на электроэнергию, вырабатываемую в теплофикационном режиме: $B_{\text{ЭК}} = b \cdot N_{\text{э}}$; где b - расход условного топлива на вырабатываемую электроэнергию в конденсационном режиме; N_T и $N_{\text{э}}$ - снижение мощности турбоустановки от теплофикационного отбора и электрическая мощность на клеммах генератора в теплофикационном режиме соответственно.

$$N_T = \eta_T \cdot \eta_M \cdot \eta_{\text{ЭГ}} \cdot Q_T; N_{\text{э}} = N - N_T$$

где $Q_T = G_T \cdot q_T$ - тепло, отдаваемое теплофикационным отбором за одну секунду;
 $q_T = h_T - h_{op}$ - тепло, отдаваемое одним кг пара теплофикационного отбора.

КПД отборов применяется для того, чтобы определить недовыработку. Это происходит по следующей причине. Сетевой подогреватель находится в работе. Подведем извне в сетевой подогреватель количество тепла q_T . Отбор на сетевой подогреватель уменьшится на 1 кг. Этот килограмм вытесненного пара сработает от h_T до h_K и конденсируется в конденсаторе. Один килограмм конденсата пройдет подогревателя, в результате возникнет недовыработка.

Такое разделение расхода топлива на электроэнергию и тепло по методу КПД отборов термодинамически обосновано.

Расход топлива на недовыработанную электроэнергию и есть расход топлива на выработанное тепло.

В зарубежных странах, таких как *Германия и Дания*, метод, на основании которого рассчитывается себестоимость производства энергии на ТЭЦ, является чисто экономическим. Он имеет сходные черты с методом, который в отечественной литературе называется методом *раздельной рентабельности*. С точки зрения немецкого законодательства один из видов энергии рассматривается как побочный продукт, реализация которого происходит по договорной цене без определения составляющих его себестоимости. Выручка от его реализации по этой цене вычитается из суммарных затрат на общее производство, состоящих из постоянных и переменных издержек (в основном на топливо), а также накладных расходов. Остаток относится на производство основного продукта – тепловой энергии. При таком методе необходимость деления расхода топлива между электроэнергией и теплом исключается.

В таблице 1 сведены расчёты по различным методам разделения расходов топлива.

Расчёт был проведен для ТЭЦ с турбиной Т-110/120-130 и для КЭС с турбиной К-300-240, работающей совместно с отопительной котельной.

Таблица 1.

Показатели	Единицы измерения	Методы разделения расхода топлива на электроэнергию и тепло на ТЭЦ			Раздельная выработка электрической и тепловой энергии
		физический метод	эксергетический метод	метод КПД отборов	
$b_T^э$	$\frac{кг \text{ у.т.}}{кВт \cdot ч}$	0,23	0,325	0,312	0,356
b_T^T	$\frac{кг \text{ у.т.}}{ГДж}$	41,3	22,6	18	45,2

Все рассмотренные методы разделения топлива между электроэнергией и теплом являются одинаково условными и могут применяться с крайней осторожностью даже при оценке тепловой экономичности ТЭЦ.

Формирование тарифов на электроэнергию и тепло, выработанных на ТЭЦ, необходимо использовать исключительно экономические механизмы, отказавшись от попытки увязать ценообразование с проблемой деления расхода топлива на ТЭЦ.

Литература.

1. Хрилёв Л.С., Малафеев В.А., Хараим А.А., Лившиц И.М. Сравнительная оценка отечественных и зарубежных методов разделения расхода топлива и формирование тарифов на ТЭЦ // Теплоэнергетика, № 4, 2003-с. 45-54.
2. Кузнецов А.М. Метод КПД отборов и разделения расхода топлива на электроэнергию и тепло от ТЭЦ // Энергосбережение и водоподготовка, №3, 2007-с. 38-40.
3. Андрющенко А.И., Семенов Б.А. Система показателей для оценки топливной эффективности эксплуатационных режимов ТЭЦ // Промышленная энергетика №12, 2005-с. 2-7.