

К ВОПРОСУ О ПОДСЧЕТЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЭЦ

З. Ф. НЕМЦЕВ

В методике подсчета технико-экономических показателей ТЭЦ, предлагаемой Министерством электростанций [1, 2, 3], существует принципиальная неверность, несоответствие действительной картине процессов, происходящих на ТЭЦ.

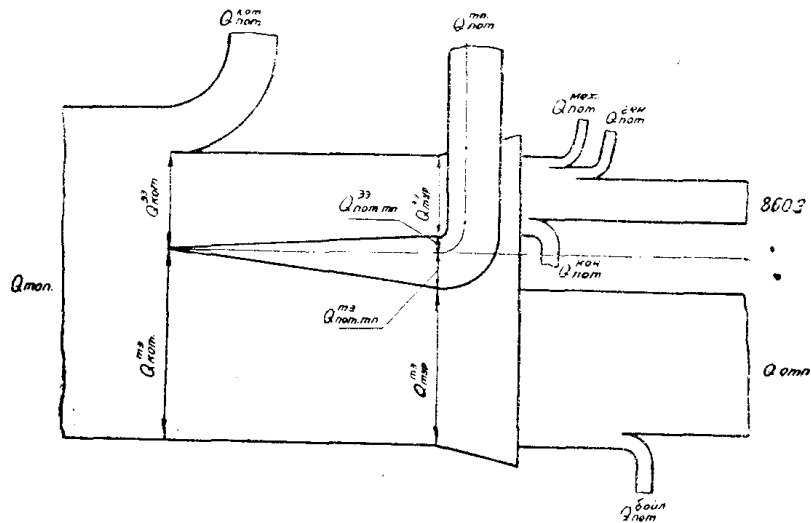


Рис. 1. Диаграмма потоков энергии ТЭЦ

Представляется возможным изобразить процессы ТЭЦ диаграммой потоков энергии, представленной на рис. 1. (В диаграмме отброшено рециркулирующее тепло, как не меняющее существа рассматриваемого вопроса, но усложняющее диаграмму. Потери же рециркулирующего потока тепла включены в $Q_{пот}^{тп}$).

Обозначения:

- $Q_{топл}$ — тепло сожженного топлива;
- $Q_{пот}^{кот}$ — потери котельной;
- $Q_{пот}^{тп}$ — потери теплового потока;
- $Q_{пот}^{бойл}$ — потери теплофикационной установки;
- $Q_{тур}^{ээ}$ — тепло, полученное турбинами и затраченное на выработку электроэнергии;
- $Q_{тур}^{тэ}$ — то же, затраченное на отпуск теплоэнергии;
- $Q_{кот}^{ээ}$, $Q_{кот}^{тэ}$ — то же, но выданное котельной;
- $Q_{пот}^{мех}$ — тепло, эквивалентное механическим потерям;

$Q_{пот}^{ген}$ — тепло, эквивалентное потерям генератора;

$Q_{отп}$ — тепло, отпущенное потребителям;

860 Э — тепло, эквивалентное выработке электроэнергии;

$Q_{пот}^{кон}$ — потери тепла в конденсатор турбины (конденсационной).

Согласно методике МЭС, все потери теплового потока, происходящие между котлами и турбинами, относятся к выработке электроэнергии, а к.п.д. теплового потока $\eta_{тп}$ по отпуску тепла принимается равным 100%, что видно из формулы [1, стр. 10].

$$B_{тэ} = \frac{(\sum Q_{отп}^n + \sum Q_{отп}^{z.s.} - \sum Q_{воз} + \sum Q_{пот}) 10^3}{\eta_{к}^{тп} 7000} \text{ т}, \quad (1)$$

где (стр. 21) „в величину $\sum Q_{пот}$ включаются следующие потери: потери тепла в паропроводах отбора, от турбины до места измерения отпуски тепла потребителям; потери тепла в основных и пиковых водоподогревателях; потери тепла в редуционно-охладительных установках, в паропроводах к ним и от них до точки измерения отпуски тепла; потери тепла, связанные с приготовлением добавочной химически очищенной воды, идущей на восполнение невозвращенного с производства конденсата и приготовление подпитки теплосетей; потери, связанные с увеличенной продувкой котлов, вызванной невозвратом конденсата с производства“.

Таким образом, в эти потери не включаются потери теплового потока, происходящие между котлами и турбинами, которые, следовательно, относятся к выработке электроэнергии (учитывая формулу МЭС $B_{ээ} = B - B_{тэ}$). Следовательно, при неизменных потерях теплового потока к.п.д. $\eta_{тп}$, подсчитанный по методике МЭС, будет существенно уменьшаться с увеличением доли теплофикационной выработки. Это происходит потому, что те же потери относятся при этом к меньшей части тепла, затрачиваемой при теплофикации на выработку электроэнергии (рис. 1).

В действительности же путь от котлов до турбин совершает весь пар, и теряет тепло, конечно, весь поток тепла, а не только часть его, предназначенная для выработки электроэнергии (рис. 1). Согласно этому, потери теплового потока следует распределять между электроэнергией и теплом пропорционально мощностям соответствующих им потоков энергии. Тогда

$$B_{тэ} = \frac{(Q_{отп} + Q_{бойл}) 10^3}{\eta_{кот}^{нт} \eta_{тп} 7000} \text{ т} \quad (2)$$

и

$$\eta_{тп} = \frac{Q_{кот}^{нт} - Q_{пот}^{тп}}{Q_{кот}^{нт}} = \frac{Q_{тур}}{Q_{кот}^{нт}} \cdot 1) \quad (3)$$

1) При наличии отпуски тепла из котельной через РОУ (или термокомпрессор) с некоторым допущением.

$$\eta_{тп} = \frac{Q_{тур} + Q_{роу}}{Q_{кот}^{нт}},$$

где $Q_{роу}$ — тепло, поступившее на РОУ и предназначенное для отпуски тепла. Более точно можно считать по формуле

$$B_{тэ} = \frac{\left(\frac{Q_{отп} - Q_{роу}}{\eta_{тур}^{тп} \eta_{бойл}} + \frac{Q_{роу}}{\eta_{тп}^{роу} \eta_{бойл}} \right) 10^3}{7000 \eta_{кот}^{нт}} \text{ т}.$$

При этом можно различать и $\eta_{бойл}$ в случае необходимости в конкретных условиях каждой ТЭЦ.

Предлагавшееся профессором И. Н. Бутаковым [4, 5] (стр. 22 и стр. 137) включение потерь теплофикационной установки в потери теплового потока (видимо, с целью упрощения) представляется нецелесообразным, так как потери бойлерной связаны только с отпуском тепла и поэтому целиком должны относиться к отпуску тепла.

Нужно заметить, что в литературе не было критического анализа методики МЭС в этом отношении. Между тем, отмеченное несоответствие методики МЭС действительным процессам ТЭЦ приводит к существенным искажениям основных технико-экономических показателей работы ТЭЦ, что проиллюстрировано таблицей 1.

Таблица 1

1	$\frac{\mathcal{E}_m}{\mathcal{E}} 100$	%	0	13,7	29,1	49	72	100
2	$q_{ном}^{mn}$	%	4	4,05	4,10	4,15	4,20	4,25
3	$q_{ном}^{mnMЭС}$	%	4	4,8	6	8	11,9	23,8
4	η_{mn}	%	96	95,95	95,90	95,85	95,80	95,75
5	$\eta_{mn}^{MЭС}$	%	96	95,2	94,0	92,0	88,1	76,2
6	$b_э$	г/квт-ч	820	731,7	624,9	502,7	354,2	172
7	$b_э^{MЭС}$	"	820	737,4	637,5	523,7	385,2	216
8	b_m	кг/млн. ккал	177	177	177	177	177	177
9	$b_m^{MЭС}$	"	170	170	170	170	170	170

Обозначения в таблице:

\mathcal{E} и \mathcal{E}_m — выработка электроэнергии общая и теплофикационная;
 $q_{ном}^{mn}$ — процент потерь теплового потока;
 $b_э$ — удельный расход условного топлива на выработанный *квтч* электроэнергии;
 b_m — то же на отпущенный млн. ккал тепла;
 Индекс „МЭС“ означает, что показатель подсчитан по методике МЭС.

Таблица составлена на основании расчетов, произведенных для простейшей схемы, состоящей из котла и двух турбин: конденсационной ($p_1 = 18 \text{ ата}$, $t_1 = 350^\circ\text{C}$, $p_2 = 0,048 \text{ ата}$, $\eta_{oi} = 0,625$) и ухудшенного вакуума ($p_2 = 0,6 \text{ ата}$, $\eta_{oi} = 0,596$); $\eta_{мех} \eta_{ген} = 0,9$; $\eta_{кот}^{nm} = 0,83$. Приняты постоянными расход пара из котельной и абсолютная величина потерь теплового потока, равная 4% при конденсационном режиме.

Из таблицы видно, что для конденсационной электростанции методика МЭС не дает искажений. Искажения становятся тем больше, чем больше электроэнергии вырабатывается теплофикационным способом. Максимальные искажения получаются при противоаварийной установке, для которой процент потерь теплового потока $q_{ном}^{mn}$ завышается методикой МЭС в 5,6 раза, а ошибка в определении $b_э$ составляет 20%. При незначительной теплофикационной выработке электроэнергии 13,7% ошибка в определении $q_{ном}^{mn}$ составляет уже 18,5%. Расход топлива на тепло во всех случаях занижается на процент потерь теплового потока.

Подтверждением изложенного могут служить отчетные данные одной из сибирских ТЭЦ, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Месяцы 1955 года	$\frac{\text{Эт}}{\text{Э}}$ 100%	Отчетный к. п. д. $\eta_{\text{тп}}^{\text{МЭС}} \%$
Январь	57	90,7
Февраль	66	90,3
М а р т	77,5	87,88
Апрель	81	86,5
М а й	35	93,55
Октябрь	92,5	78,64
Ноябрь	95,6	80,34

Из таблицы можно видеть, что в октябре месяце, в связи с тем, что почти вся выработка электроэнергии произошла на тепловом потреблении, к. п. д. $\eta_{\text{тп}}$ упал до небывалой величины 78,64%. На рис. 2 видно, что отчетные точки ложатся близко к теоретической кривой, построенной по данным таблицы 1. Некоторый разброс точек объясняется неполным соответствием схемы и параметров ТЭЦ с принятыми в расчете.

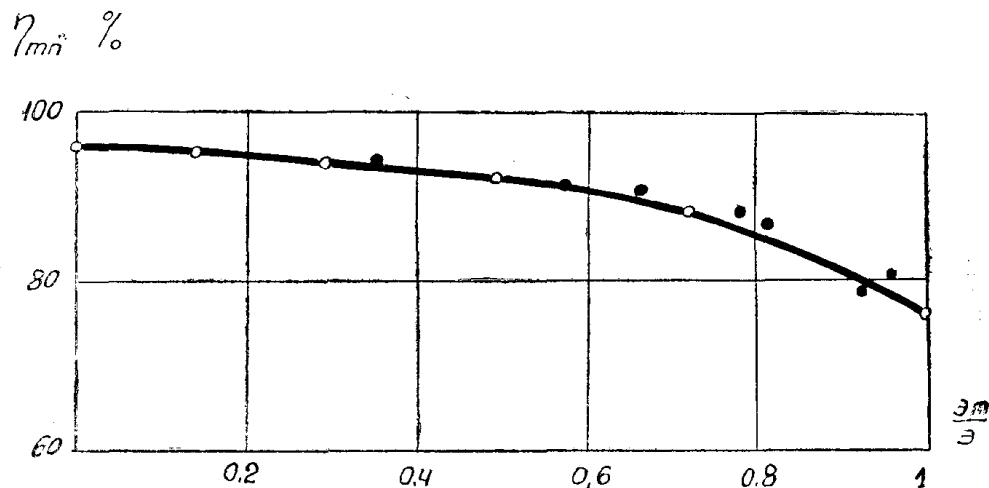


Рис. 2. Зависимость КПД теплового потока $\eta_{\text{тп}}^{\text{МЭС}} \%$, подсчитанного по методике МЭС, от доли теплофикационной выработки электроэнергии.

○ — точки теоретической кривой
● — отчетные данные

Расчеты, производившиеся для различных условий, показывают:

1) применение регенерации увеличивает искажение технико-экономических показателей ТЭЦ, рассчитанных по методике МЭС, так как при этом уменьшается $Q_{\text{тур}}^{\text{эв}}$;

2) применение отбора вместо ухудшенного вакуума также увеличивает искажения, так как при этом уменьшается $Q_{\text{тур}}^{\text{эв}}$ на каждый килограмм пара;

3) применение высокого давления уменьшает искажения: так например, для противодавленческой части турбины высокого давления (ВПТ-25-3) потери теплового потока завышаются методикой МЭС в 4 раза (с 4% до 14 ÷ 18%);

4) с увеличением потерь теплового потока до 6% ошибка в определении b_3 для установки ухудшенного вакуума составит + 32%.

Соответственно изложенному завышается и себестоимость электроэнергии.

Весьма важным для практики моментом является то, что такое существенное искажение технико-экономических показателей методикой МЭС дезориентирует эксплуатационный персонал ТЭЦ, затрудняет анализ показателей работы, снижает эффективность борьбы за высокие технико-экономические показатели, направляя усилия не по должному направлению.

Так, в практике работы рассматриваемой ТЭЦ без видимых причин в последние годы систематически падал отчетный к. п. д. $\eta_{мп}$, от 91,32% в 1952 г. до 90,2% в 1953 г. На ТЭЦ были приняты решительные меры для повышения к. п. д. $\eta_{мп}$. Были проведены большие теплоизоляционные работы, использовалось минимальное количество паропроводов под давлением. Несмотря на это при составлении годового отчета за 1954 г. обнаружилось, что к. п. д. $\eta_{мп}$ упал еще на 0,9%. Дело оказалось не в действительном увеличении потерь, а в систематическом увеличении доли теплофикационной выработки, что и привело при расчетах по методике МЭС к снижению к. п. д.

Второй загадкой в работе ТЭЦ было высокое значение b_3 при работе на режиме ухудшенного вакуума, порядка 220 г/квтч, в то время как все теоретические расчеты приводили к тому, что b_3 должен быть 170—180 г/квтч. Причина этого оказалась та же.

ВЫВОДЫ

1. В методике расчета технико-экономических показателей ТЭЦ, рекомендуемой Министерством электростанций, в противоречие с действительным процессом ТЭЦ, к. п. д. теплового потока по отпуску теплоэнергии принимается равным 100%. Это приводит к существенным искажениям основных технико-экономических показателей, затрудняет анализ и контроль результатов эксплуатации ТЭЦ, дезориентирует эксплуатационный персонал в борьбе за высокие показатели работы, снижает эффективность этой борьбы.

2. Представляется целесообразным узаконить вместо формулы (1) формулу (2) и к. п. д. теплового потока подсчитывать по формуле (3), оставляя другие формулы в прежнем виде, что обеспечивает ликвидацию искажений основных технико-экономических показателей.

Для удельного расхода на отпущенное тепло можно рекомендовать проверочную формулу

$$b_m = \frac{10^6}{7000 \eta_{кот}^{шт} \eta_{мп} \eta_{бойл}} \text{ кг/млн ккал}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция к составлению технического отчета по эксплуатации тепловых электростанций. Миттельман Л. М., Лифшиц Г. С., Моисеев В. П., Госэнергоиздат, 1955.

2. Инструкция к составлению месячного отчета по эксплуатации тепловых электростанций. Госэнергоиздат, 1949.

3. Инструкция к составлению месячного отчета тепловых электростанций НКЭС по производству (форма Э-4-РТ). Издана Планово-экономическим отделом НКЭС 31 марта 1944 г. за № 35—512.

4. Вопросы определения к. п. д. теплоэлектроцентралей, Сборник статей. Госэнергоиздат, 1953.

5. Бут а к о в И. Н. — Теплосиловые установки. Часть I. Издание Томского политехнического института. Томск, 1954.