

ОШИБКА И. Н. БУТАКОВА В ПОСТРОЕНИИ ЭНЕРГОБАЛАНСА И ИСЧИСЛЕНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА¹⁾

А. С. ГОРШКОВ

В статье „Расход топлива в энергосистеме при наличии подачи тока гидростанций“ И. Н. Бутаков повторил сказанное им в одноименной статье, опубликованной в журнале „Электрические станции“ № 6 за 1948 год и в статье сборника по итогам дискуссии, состоявшейся в январе 1950 года в Энергетическом институте АН СССР.

И. Н. Бутаков словом не обмолвился о решении указанного дискуссионного совещания, где было прямо сказано:

„Коэффициент использования тепла топлива на ТЭЦ, вычисляемый по сумме количеств вырабатываемых электроэнергии и тепла, не может служить показателем, однозначно определяющим степень совершенства ТЭЦ, так как он не отражает преимуществ выработки электроэнергии на тепловом потреблении, поскольку уравнивает условия использования тепла, получаемого из котельной при выработке как электроэнергии, так и тепла“.

И. Н. Бутаков продолжает утверждать, что коэффициент использования тепла топлива на ТЭЦ может служить показателем совершенства ТЭЦ. Обратимся для убедительности к конкретному цифровому примеру для простейшей турбоагрегатной установки с противодавлением. На этой установке при нормальных начальных и конечных параметрах пара и при исправном ее состоянии обеспечивалась электрическая мощность 5000 квт при отпуске тепла 25 мккал/час или 200 квт-ч/мккал. В дальнейшем из-за снижения начальных и повышения конечных параметров пара и ухудшения состояния проточной части турбины удельная выработка электроэнергии уменьшилась с 200 до 160 квт-ч/мккал. Судя по удельной выработке электроэнергии на базе теплового потребления, констатируем очевидный факт снижения эффективности ТЭЦ. Такой показатель имеется в технической отчетности электростанций, и по нему персонал ТЭЦ прежде всего оценивает эффективность таких турбоагрегатных установок. Снижение количества производимой электроэнергии находит отражение и в экономических показателях самой рассматриваемой установки и системы, в которой она работает.

Сначала обратимся к показателям экономичности самой установки: ее удельному расходу или экономическому к. п. д. Практика планирования и калькуляции требует отдельного учета затрат на каждый вид производимой энергии. Общие затраты ТЭЦ распределяются, сообразуясь с тем, производством какой энергии они вызваны. В рассматриваемом случае имеем турбоагрегат, назначение которого состоит в том, чтобы преобразовать тепловую энергию в механическую и затем в электрическую, и поэтому, естественно, что все потери агрегата относятся к производимой в нем электроэнергии. Какие это потери—укажем ниже в конкретном выражении.

¹⁾ Печатается в дискуссионном порядке

При полной нагрузке электрического генератора 5000 квт, его к. п. д. 96%, подведенная мощность $5000: 0,96 = 5208$ квт и, следовательно, потери в генераторе 208 квт, или в переводе на тепло $208 \times 0,86 = 0,179$ мккал/час. Механические потери турбины составили 106 квт, или 0,091 мккал/час. Кроме того, имеются тепловые потери на излучение нагретых поверхностей, с утечками пара, пусковые и прочие, а всего около 0,5 мккал/час. Все эти потери $0,179 + 0,091 + 0,5 = 0,77$ мккал/час отнесем на выработку электроэнергии вместе с полезной энергией $5 \times 0,86 = 4,3$ мккал/час и получим удельный расход тепла

$$b^{\circ} = \frac{4,3 + 0,77}{5} = 1,014 \text{ мккал/мвт-ч или } 1014 \text{ ккал/квт-ч.}$$

По удельному расходу определяется экономический к. п. д. выработки электроэнергии

$$\eta^{\circ} = \frac{4,3}{4,3 + 0,77} = 0,845.$$

Иначе этот показатель можно представить так:

$$\eta^{\circ} = \frac{1}{1 + \frac{0,77}{4,3}} = 0,845.$$

Здесь видим, что величина этого экономического к. п. д. определяется удельным значением потерь агрегата, отнесенных на единицу произведенной в нем электроэнергии. Со снижением удельной выработки до 160 квт-ч/мккал и электрической мощности до 4000 квт при прежнем внешнем отпуске тепла 50 мккал/час потери в электрическом генераторе снизятся всего лишь на 0,015 мккал/час и суммарные потери—до 0,755 мккал/час. При этом будем иметь

$$b^{\circ} = \frac{0,86 \cdot 4 + 0,755}{4} = 1,049 \text{ мккал/мвт-ч, или } 1049 \text{ ккал/квт-ч,}$$

$$\eta^{\circ} = \frac{860}{1049} = 0,82.$$

Как видим, одновременно со снижением удельной выработки электроэнергии повысился удельный расход тепла и снизился экономический к. п. д. по выработке электроэнергии, так как удельное значение потерь на единицу электроэнергии возросло с $\frac{0,77}{4,3} = 0,180$ до $\frac{0,755}{4} = 0,188$.

Теперь обратимся к общему к. п. д., который настойчиво рекомендуется И. Н. Бутаковым для оценки совершенства ТЭЦ. В первом случае

$$\eta_0 = \frac{4,3 + 50}{4,3 + 50 + 0,77} = 0,98601.$$

Во втором случае

$$\eta_0 = \frac{3,44 + 50}{3,44 + 50 + 0,755} = 0,98606.$$

Как видим, величина общего к. п. д. по выработке электроэнергии и отпуску тепла значительно выше и это вполне понятно при рассмотрении формулы в таком виде:

$$\eta_0 = \frac{1}{1 + \frac{0,77}{4,3 + 50}}$$

Общий к. п. д. определяется сниженной величиной удельных потерь, отнесенных не только к электроэнергии, но и к значительно большей величине теплоэнергии, а при сниженной величине удельных потерь с $\frac{0,77}{4,3}$ до $\frac{0,77}{4,3 + 50}$ возрос соответствующий к. п. д.

Важно отметить, что со снижением удельной выработки общий к. п. д. имеет тенденцию не к снижению, а к повышению, так как удельная величина потерь, отнесенных на электро- и теплоэнергию, уменьшается в рассматриваемом примере с

$$\frac{0,77}{4,3 + 50} = 0,01418 \text{ до } \frac{0,755}{3,44 + 50} = 0,01412.$$

Далее предположим, что наряду с отпуском тепла отработавшего пара появился отпуск тепла острым паром еще 50 мккал/час. Тогда, по И. Н. Бутакову,

$$\eta_0 = \frac{3,44 + 50 + 50}{3,44 + 50 + 50 + 0,755} = 0,9918.$$

Вывод: общий к. п. д. ТЭЦ возрастает с уменьшением выработки электроэнергии на базе теплового потребления и увеличением отпуска острого вместо отработавшего пара. Такой коэффициент не может именоваться коэффициентом полезного действия ТЭЦ, которые должны увеличивать выработку электроэнергии на базе внешнего теплового потребления. Такой коэффициент не полезен как для практики, так и для теоретических исследований.

Принятые в технической отчетности электростанций показатели ТЭЦ: удельная теплотехническая выработка электроэнергии и удельный расход тепла все-сторонне характеризуют эффективность ТЭЦ — по мощности и выработке электроэнергии на базе теплоснабжения, а также по экономичности использования тепла в процессе преобразования его в работу.

И. Н. Бутаков сам признает, что практика вскрыла недостатки общего к. п. д. (см. стр. 19), но все же кладет его в основу своего анализа экономичности отдельных энергетических установок и систем, пытаясь дать оправдание ему физическое, математическое и философское.

Основная ошибка И. Н. Бутакова в физическом понимании процесса ТЭЦ. По мнению И. Н. Бутакова, получение электроэнергии предшествует тепловому процессу. В его понимании получение тепловой, а не электрической энергии является конечной стадией процесса ТЭЦ. Это им сказано прямо на стр. 17 и наглядно представлено в своеобразно построенном энергетическом балансе на рис. 2. При такой стадийности процесса, как представляет ее И. Н. Бутаков, вполне понятна предлагаемая им методика исчисления показателей, ориентирующая работников ТЭЦ на указанную им конечную цель — отпуск тепла. Такая ориентировка является элементарно ошибочной и вредной.