

### К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ АБОНЕНТОВ НА ТЭЦ

И. Н. БУТАКОВ

В инструкции МЭС к составлению технического отчета по эксплуатации тепловых электростанций 1955 г. для определения расхода в тоннах условного топлива на ТЭЦ на отпуск тепла на сторону дается формула (Инструкция, п. 3, стр. 10)

$$B_{тэ} = \frac{(\Sigma Q_{отп}^п + \Sigma Q_{отп}^{гв} - \Sigma Q_{воз} + \Sigma Q_{пот}) \cdot 10^3}{7000 \cdot \eta_k^{нт}} \quad (1)$$

Здесь  $\Sigma Q_{отп}^п$  — суммарный отпуск тепла в виде пара различных параметров на сторону как непосредственно из котельной, так и из отборов или противодавления турбин, *мгк*;  $\Sigma Q_{отп}^{гв}$  — то же с горячей водой вне зависимости от того, откуда шел пар на водоподогреватели, *мккал*;  $\Sigma Q_{воз}$  — возврат тепла от потребителей с конденсатом, *мккал*;  $\Sigma Q_{пот}$  — потери тепла в *мккал* в связи с отпуском тепла на сторону (п. 3 Инструкции);  $\eta_k^{нт}$  — к. п. д. нетто тепловой котельной (п. 56 Инструкции).

В формуле (1) является принципиально неправильной обезличка, допущенная в отношении тепловых потребителей, которые имеют разные к. п. д. в зависимости от того, питаются ли они из отборов турбин или непосредственно из котлов, а также, кроме того, неполный учет потерь всей тепловой схемы ТЭЦ, так как  $\Sigma Q_{пот}$  учитывает их частично. Вследствие этого фактический расход топлива для тепловых абонентов будет несколько больше, чем он определяется по формуле (1).

В своей статье (Электрические станции, 1957, № 12) Л. М. Мительман внес поправку в формулу (1), добавив второе слагаемое, состоящее из суммы расходов топлива на электроэнергию собственных нужд, относимых на тепловых абонентов, а именно:

$$(\mathcal{E}_{сеть}^{нас} + \mathcal{E}_{под}^{нас} + \mathcal{E}_{ви}^{нас}) \cdot 10^{-3} \cdot b_9^{от},$$

где  $\mathcal{E}_{сеть}^{нас}$  — расходы электроэнергии в *квтч* на сетевые насосы;  $\mathcal{E}_{под}^{нас}$  — то же на подпиточные насосы;  $\mathcal{E}_{ви}^{нас}$  — то же на конденсатные насосы сетевых водоподогревателей, а  $b_9^{от}$  — удельный расход в *кг/квтч* условного топлива на отпущенную электроэнергию. Таким образом, поправ-

ка Л. М. Миттельмана дает расход топлива с учетом расхода электроэнергии на собственные нужды, отяжеляя тем еще более положение тепловых потребителей. Но такая поправка отвечает действительности и не должна вызывать возражений.

В предшествовавший период высказано было немало возражений против действующей методики распределения топлива на ТЭЦ между электрическими и тепловыми потребителями. Так, например, указывалось, что эта методика выгоду от комбинированного производства тепла и электроэнергии в отношении расхода топлива относит на электрических абонентов, удешевляя значительно себестоимость *квтч* и ставя в тяжелое положение тепловых потребителей. В связи с этим отмечалось далее, что это может даже воспрепятствовать распространению ТЭЦ. Указывалось, кроме того, на то, что себестоимость мегакалории не зависит здесь от параметров пара, поскольку скрытая теплота последнего, утилизируемая тепловыми абонентами, мало зависит от давления пара в отборах. Это, как говорилось, противоречит здравому смыслу.

Чтобы лучше разобраться во всех этих вопросах, напомним уравнение теплового баланса ТЭЦ, ориентируясь на какой-то отрезок времени, например, год

$$\frac{860 \cdot \mathcal{E}_T + Q_{отб}}{\eta_T} + \frac{860 (\mathcal{E} - \mathcal{E}_T)}{\eta_K} + \frac{Q_{кот}}{\eta_{ку} \cdot \eta_{пот}} = \frac{860 \cdot \mathcal{E} + Q_{отб} + Q_{кот}}{\eta} \quad (2)$$

Здесь  $\mathcal{E}$  — общая выработка электроэнергии, *квтч*,  $\mathcal{E}_T$  — то же на тепловом потреблении  $Q_{отб}$  из отборов турбины, *ккал*,  $Q_{кот}$  — отпуск тепла непосредственно из котлов *ккал*,  $\eta_K$  к. п. д. конденсационной части,  $\eta_T$  — противодавленческой,  $\eta_{ку}$  — котельной установки,  $\eta_{пот}$  — потока тепла внутри ТЭЦ, а  $\eta$  — общий экономический к. п. д. ТЭЦ.

Отберем члены левой части выражения (2) по расходу тепла в топливе, зависящие от теплового потребления, зная что  $Q_{отб} = q \cdot \mathcal{E}_T$ , где  $q$  — количество килокалорий в тепле выхлопного пара на 1 *квтч* на базе теплового потребления  $Q_{отб}$ . Тогда<sup>1)</sup>

$$\frac{Q_{кот}}{\eta_{ку} \cdot \eta_{пот}} + \frac{Q_{отб}}{\eta_m} \left[ 1 - \frac{860}{q} \left( \frac{\eta_m}{\eta_K} - 1 \right) \right] = Q_Q \frac{\text{ккал}}{\text{год}}$$

1) Физический смысл второго слагаемого выражения для  $Q_Q$  тот, что выработка электроэнергии на тепловом потреблении  $\mathcal{E}_m$  *квтч* вытесняет такое же количество конденсационных *квтч*, давая за год экономию в тепле топлива

$$860 \cdot \mathcal{E}_m (1/\eta_K - 1/\eta_m) = \frac{860 \cdot Q_{отб}}{q} (1/\eta_K - 1/\eta_m) \text{ ккал.}$$

Таким образом, на тепловых потребителей, получающих пар из отборов турбины, будет приходиться расход тепла в топливе за год не  $Q_{отб}/\eta_m$ , а

$$\frac{Q_{отб}}{\eta_m} - \frac{860 \cdot Q_{отб}}{q} (1/\eta_K - 1/\eta_m) = \frac{Q_{отб}}{\eta_m} \left[ 1 - \frac{860}{q} \left( \frac{\eta_m}{\eta_K} - 1 \right) \right],$$

т. е. общий расход тепла топлива, подающий на тепловых абонентов, будет

$$Q_Q = \frac{Q_{кот}}{\eta_{ку} \cdot \eta_{пот}} + \frac{Q_{отб}}{\eta_m} \left[ 1 - \frac{860}{q} \left( \frac{\eta_m}{\eta_K} - 1 \right) \right].$$

откуда

$$\frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{отб}}} \cdot \frac{1}{\eta_{\text{ку}} \cdot \eta_{\text{пот}}} + \frac{1}{\eta_m} \left[ 1 - \frac{860}{q} \left( \frac{\eta_m}{\eta_k} - 1 \right) \right] = \frac{Q_Q}{Q_{\text{отб}}} \quad (3)$$

Зависимость  $Q_Q/Q_{\text{отб}}$  от  $q$  гиперболическая, если  $q = \infty$ , то горизонтальная асимптота

$$Q_Q/Q_{\text{отб}} = \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{отб}}} \cdot \frac{1}{\eta_{\text{ку}} \cdot \eta_{\text{пот}}} + \frac{1}{\eta_m}$$

Как видно, она зависит от отношения  $Q_{\text{кот}}/Q_{\text{отб}}$ . Если  $Q_Q/Q_{\text{отб}} = \infty$ , то вертикальная асимптота  $q = 0$ . Точку для построения гиперболы найдем на месте пересечения ее осью  $q$ , когда  $Q_Q/Q_{\text{отб}} = 0$  и, следовательно,

$$1/\eta_m + \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{отб}}} \cdot \frac{1}{\eta_{\text{ку}} \cdot \eta_{\text{пот}}} = \frac{860}{\eta_m \cdot q} (\eta_m/\eta_k - 1),$$

откуда

$$q = \frac{860/\eta_m(\eta_m/\eta_k - 1)}{Q_{\text{кот}}/Q_{\text{отб}} \cdot 1/\eta_{\text{ку}} \cdot \eta_{\text{пот}} + 1/\eta_m}$$

Пусть  $\eta_m = 0,8$ ;  $\eta_{\text{ку}} \cdot \eta_{\text{пот}} = 0,82$ . Тогда при  $\frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{отб}}} = 0,5$  получаем

асимптоту  $Q_Q/Q_{\text{отб}} = 1,86$ . При  $Q_{\text{кот}}/Q_{\text{отб}} = 1$  асимптота  $\frac{Q_Q}{Q_{\text{отб}}} = 2,47$ .

Если  $\eta_k = 0,25$ , то при  $\frac{Q_Q}{Q_{\text{отб}}} = 0$  и  $q = \frac{860/0,8(3,2 - 1)}{1,86 \text{ или } 2,47} = 1270$  или 960.

На рис. 1 построены эти две гиперболы для  $\frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{отб}}} = 0,5$  и 1,0. Но

$$q = \frac{860}{H \cdot \eta_{\text{юз}}} (i_1 - \eta_{\text{ол}} \cdot H - t_{\text{конд}}) \frac{\text{ккал}}{\text{квтч}}$$

Выражение в скобках представляет скрытую теплоту парообразования отъемного пара, которая мало меняется при изменениях давления в отборах пара. Таким образом,  $q$  в зависимости от теплоперепада до точки отбора пара варьирует по закону, близкому к гиперболе с асимптотами  $H = 0$  и  $q = 0$ . Итак, повышение давления отбора пара, уменьшение теплового перепада  $H \cdot \eta_{\text{юз}}$  до точки отбора влечет возрастание  $q$ , а увеличение  $q$  обуславливает рост величины  $Q_Q/Q_{\text{отб}}$  на рис. 1, причем при заданной величине  $Q_{\text{отб}}$  неизбежно увеличивается  $Q_Q$ , т. е. расход топлива.

Из сказанного следует, что расход тепла для тепловых потребителей при заданном тепловом потреблении оказывается зависимым от давления в отборе, как и от начальных параметров пара.

Рис. 1 дает изменения  $Q_Q/Q_{\text{отб}}$  от  $q$ , но в условиях практики, как правило,  $Q_Q$  приходится относить не к  $Q_{\text{отб}}$ , но к  $(Q_{\text{отб}} + Q_{\text{кот}})$ , т. е. ко всей продукции ТЭЦ для тепловых абонентов, имея в виду необходимость срезания пиков тепловой нагрузки, что дает при  $Q_{\text{кот}}/Q_{\text{отб}} = 0,5$  отношение

$$\frac{Q_Q}{Q_{\text{отб}} + Q_{\text{кот}}} = \frac{Q_Q}{1,5 \cdot Q_{\text{отб}}}$$

а при  $Q_{\text{кот}}/Q_{\text{отб}} = 1,0$  это отношение становится

$$Q_Q/2 \cdot Q_{\text{отб}}.$$

Таким образом, в обоих указанных случаях это отношение расхода  $Q_Q$  тепла в топливе на тепловых абонентов к теплу ( $Q_{\text{отб}} + Q_{\text{кот}}$ ), действительно отпущенному последним, как продукции ТЭЦ, оказывается дробями тем меньшими, чем меньше значение  $q$ . На практике

отношение  $Q_{\text{кот}}/Q_{\text{отб}} = 0,5$  чаще встречается, чем случай  $\frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{отб}}} = 1,0$ .

Для иллюстрации только что сказанного возьмем частный пример, когда  $q = 2875$  ккал/квтч и, следовательно, при  $Q_{\text{кот}}/Q_{\text{отб}} = 0,5$  на рис. 1 имеем  $Q_Q/Q_{\text{отб}} = 1,0$ , а  $\frac{Q_Q}{1,5 \cdot Q_{\text{отб}}} = 1/1,5 = 0,66$  ккал/ккал,

причем

$$Q_Q < Q_{\text{кот}}/\eta_{\text{ку}} \cdot \eta_{\text{шот}} + Q_{\text{отб}}/\eta_{\text{ш}}).$$

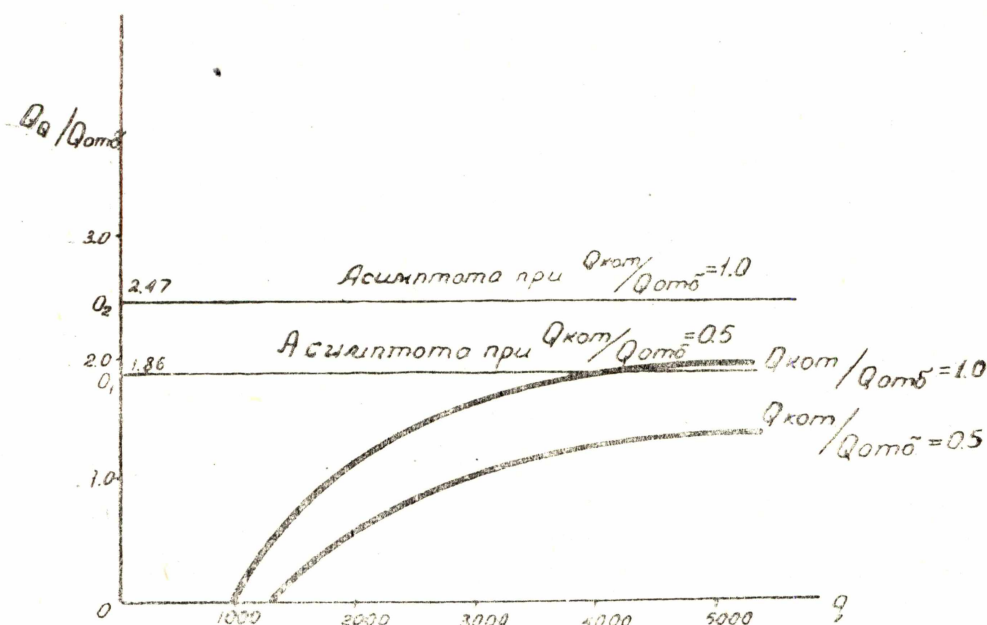


Рис. 1.

При  $Q_Q/Q_{\text{отб}} < 1$ , т. е. при  $q < 2875$  ккал/квтч, удельный расход тепла, отнесенный ко всей продукции ТЭЦ для тепловых абонентов ( $Q_{\text{отб}} + Q_{\text{кот}}$ ), окажется меньше 0,66 ккал/ккал или меньше  $0,66 \cdot 10^6/7000 = 94,5$  кг/мккал условного топлива на одну мккал, и, наоборот, при  $Q_Q/Q_{\text{отб}} > 1$  он увеличивается против 0,66 ккал/ккал, и достигает величины удельного расхода 170 кг/мккал, обычно определяемого по действующей инструкции, при  $Q_Q/Q_{\text{отб}} = 170/94,5 = 1,8$ , чему отвечает на рис. 1 при  $Q_Q/Q_{\text{отб}} = 1,0$  около  $q = 4000$  ккал/квтч, а при  $Q_Q/Q_{\text{отб}} = 0,5$  величина  $q$  будет близка к бесконечности, удельный же расход 170 кг/мккал вообще не может быть практически достигнут. Таким образом, расход топлива при рассматриваемой методике будет распределяться более равномерно между тепловыми

и электрическими потребителями. Поскольку  $\frac{Q_0}{Q_{отб} + Q_{кот}}$  является

дробью и на тепловых абонентов упадет теперь меньшая доля израсходованного топлива с усилением доли электрических потребителей, будет сниматься возражение о препятствиях, мешающих распространению ТЭЦ. Такие мощные потребители тепла, как овощные комбинаты, или работы, связанные с таянием снега в крупных городах, на заводах и на ж.-д. станциях, где уборка и вывозка снега обходится дорого, могут получать тепло по значительно более низкой цене. Кроме того, отпадут появившиеся за последнее время предложения заменять ТЭЦ котельными по местам потребления тепла с получением электроэнергии от мощных энергосистем, т. е. предложения по применению отдельных установок. Последнее обусловлено обезличкой по действующей методике МЭС в получении тепла для тепловых потребителей как из отбора турбин, так и непосредственно из котлов, когда утверждается, что тепло из отборов турбин получается тоже из котлов, а турбогенераторы тут ни при чем (Горшков А. С., Технико-экономические показатели ТЭС., стр. 56, 63, 1949 г.).

---