

О РАЦИОНАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ УДЕЛЬНЫХ  
РАСХОДОВ ТОПЛИВА НА ПРОДУКЦИЮ ТЭЦ

И. Н. БУТАКОВ

Известно, что действующая методика быв. МЭС распределения удельных расходов топлива на ТЭЦ исходит из того, что тепло, получаемое тепловыми абонентами, имеет одинаковую оценку *гкал* независимо от того, поступает ли тепло от отборов турбин или непосредственно из котлов. Объясняется это тем, что тепло образуется в обоих случаях в котлах, а турбины тут не при чем. Это принципиальная ошибка в основной посылке имеет следствием, что вся выгода от комбинированного производства энергии падает на электрических потребителей, себестоимость же одной *гкал* оказывается завышенной.

Между тем экономия топлива, в соответствии с действительным процессом на ТЭЦ, обусловлена тем, что тут имеются у турбин противодавленные части с полным использованием тепла выхлопа пара, исключаяющие большие потери тепла в конденсатор.

Скрытое тепло выхлопного пара утилизируется тепловыми потребителями. Поэтому, естественно, надо считать, что получаемая здесь экономия в расходе тепла и топлива за счет вытеснения конденсационных *квт-ч* должна быть отнесена на тепловых абонентов, только наличием которых и создается эта экономия. Электрические же потребители тут не при чем, получая лишь меньшую выработку электроэнергии из-за уменьшения теплового перепада от начальных параметров пара так же, как и в случае работы на выхлоп в атмосферу. Из сказанного ясно, что экономия в расходе топлива на ТЭЦ должна относиться за счет тепловых потребителей.

Если выработка электроэнергии без потери в конденсатор за рассматриваемый отрезок времени, например, за год  $\mathcal{E}_T$  *квт-ч*, к. п. д. конденсационной выработки  $\eta_k$ , а на тепловом потреблении  $\eta_T$ , то экономия тепла будет

$$860\mathcal{E}_T (1/\eta_k - 1/\eta_T) \text{ ккал.}$$

Величина  $1/\eta_T$  мало меняется при изменении режима работы ТЭЦ и практически может быть принята, как в действующей методике быв. МЭС  $\frac{1}{\eta_T} = \frac{1}{\eta_{\text{пот}} \cdot \eta_{\text{ку}}}$ , где  $\eta_{\text{ку}}$  к. п. д. нетто котельной и  $\eta_{\text{пот}}$  к. п. д. потока тепла внутри ТЭЦ. Что же касается к. п. д.  $\eta_k$ , то величина эта меняется в зависимости от режима работы

ТЭЦ, в частности, от изменения отборов пара в машине с промежуточным отбором пара. Необходимо выявить изменение к. п. д.  $\eta_k$  от влияющих факторов. Для этого запишем уравнение теплового баланса ТЭЦ в виде:

$$BQ_p^H = \frac{860 \Theta + Q_{ку} + Q_{отб}}{\eta} = \frac{860 \cdot \Theta_T + Q_{отб}}{\eta_T} + \frac{Q_{ку}}{\eta_{пот} \cdot \eta_{ку}} + \frac{860(\Theta - \Theta_T)}{\eta_k} \dots \quad (1)$$

Отсюда, приняв приближенно, как в методике быв. МЭС, что  $\eta_T \cong \eta_{ку} \cdot \eta_{пот}$ , перенеся все члены, кроме последнего, в левую часть баланса и поделив обе части уравнения (1) на  $860(\Theta - \Theta_T)$ , получаем

$$\frac{1}{\eta_k} = \frac{B \cdot Q_p^H \cdot \frac{1}{\eta_{ку} \cdot \eta_{пот}} \cdot [Q_{ку} + Q_{отб} + 860 \Theta_T]}{860(\Theta - \Theta_T)} \quad (2)$$

Обозначаем в формулах:  $B$  — количество топлива в кг, израсходованного на ТЭЦ за рассматриваемый отрезок времени;  $Q_p^H$  — его теплотворная способность (ккал/кг);  $Q_{ку}$  — количество тепла ккал, отпущенного тепловым абонентам непосредственно из котлов ТЭЦ;  $Q_{отб}$  — то же из отборов турбин. Под  $\Theta_T$  разумеются не только *квт-ч*, полученные на тепловом потреблении  $Q_{отб}$ , но также *квт-ч*, выработанные на базе нерегулируемых регенеративных отборов пара противодавленческой части, так что

$$\Theta_T = \Theta_T^{отб} + \Theta_T^p.$$

Величина  $\Theta_T$  для турбин с противодавлением получается непосредственно на шинах ТЭЦ для каждой турбины, а значит, для всех этих турбин, как активная выработка  $\Sigma \Theta_T$  электроэнергии для этих турбин за рассматриваемый отрезок времени (§ 634 и § 804, а ПТЭ). Для машин же с промежуточным отбором пара имеем мощность на тепловом потреблении пропорциональной  $(i_1 - i_n) \cdot D_{отб}$ , а на конденсационном режиме  $(i_1 - i_2) \cdot (D - D_{отб})$ , так что

$$\frac{\Theta_k}{\Theta_T} = \frac{i_1 - i_2}{i_1 - i_n} \cdot \frac{D - D_{отб}}{D_{отб}} = \alpha \left( \frac{D}{D_{отб}} - 1 \right).$$

Отсюда выработка *квт-ч* на шинах станции машины с промежуточным отбором пара

$$\Theta_{пром. отб} = \Theta_T + \Theta_k = \Theta_T + \alpha \left( \frac{D}{D_{отб}} - 1 \right) \Theta_T$$

и, следовательно,

$$\Theta_T = \frac{\Theta_{пром. отб}}{1 + \alpha(D/D_{отб} - 1)} \text{ квт-ч.}$$

Величина  $\Theta_T$  включает как выработку на тепловом потреблении  $Q_{отб}$ , так и  $\Theta_T^p$  *квт-ч* на нерегулируемых регенеративных отборах противодавленческой части машины. Здесь  $D$  кг разумеется как общий расход пара на турбину, регистрируемый за рассматриваемый отрезок времени самопишущим прибором, которым должна быть оборудована каждая турбинная установка (§ 330, б ПТЭ), для всех турбин с промежуточным отбором пара получаем  $\Sigma \Theta_T$ .

Расход условного топлива на тепловых абонентах будет, следовательно,

$$\left( \frac{Q_{ку}}{\eta_{от} \cdot \eta_{су}} + \frac{Q_{отб}}{\eta_{пот} \cdot \eta_{ку}} - Q_{экон} \right) \frac{1}{7000} = B_T \text{ кг усл. топлива,}$$

т. е. на одну *гкал*

$$b_T = \frac{B_T \cdot 10^6}{Q_{ку} \cdot Q_{отб}} \text{ кг.}$$

После всего сказанного определение экономии топлива

$$Q_{экон} = 860 \cdot \mathcal{E}_T \left( \frac{1}{\eta_k} - \frac{1}{\eta_T} \right) \text{ ккал}$$

не представляет уже затруднения.

Тогда на электрических потребителей остается  $B - B_T = B_э \text{ кг}$ , а на один *квт-ч* придется  $b_э = \frac{B_э}{\mathcal{E}} \text{ кг}$ .

Таким образом, методика быв. МЭС в части разнесения расходов топлива на *гкал* и *квт-ч* сохраняется с той только разницей, что устраняется исходное ошибочное положение этой методики, заменяясь новым положением, отвечающим действительному процессу на ТЭЦ. В результате такой замены себестоимость *гкал* удешевляется на ТЭЦ, а *квт-ч* удорожается. Понятно, что устраняется необходимость вычисления по Шницману выработки электроэнергии на регенеративных отборах.

Но при таком решении сохраняется дуализм методики, между тем как мы обязаны стремиться к диалектической монологичности, следуя указаниям В. И. Ленина («Философские тетради», стр. 322) о том, что «отдельное не существует иначе, как в той связи, которая ведет к общему. Общее существует лишь в отдельном, через отдельное. Всякое общее лишь приблизительно охватывает все отдельные предметы. Всякое отдельное неполно входит в общее. Всякое отдельное тысячами переходов связано с другого рода отдельными». Отсюда видно, что для полного познания действительности необходимо знать не только частные показатели по отдельным родам продукции ТЭЦ, но и общий показатель работы ТЭЦ в целом. Практически такой общий показатель необходим для научной и проектно-изыскательской работы, так как наличие двух частных показателей, взаимно неувязанных, имеющих разные размерности, различные изменения во времени расхода топлива на измеритель, весьма затрудняет исследования. Кроме того, вся энергетическая общественность должна знать, с какой же эффективностью работает каждая ТЭЦ, их совокупность в энергосистемах и в стране в целом. Таким общим показателем может быть общий к.п.д. ТЭЦ, значение которого легко определяется, как частное из (1)

$$\eta = \frac{860 \mathcal{E} + Q_{отб} + Q_{ку}}{B \cdot Q_p^H}$$

Этому показателю, родоначальником которого является проф. Гриневецкий, весьма не повезло в нашей практике. До 1943 г. показатель был принят как единственный и обязательный для электростанций СССР. В 1943 г. он был выброшен с заменой действующей методикой МЭС, как не могущий удовлетворить потребность анализа хозяйственной деятельности ТЭЦ, что возможно, как указано, через «отдельное», через показатели частных процессов на ТЭЦ. Но этим актом была нарушена монологичность, диалектический принцип связи целого и его частей. Настало

время «отрицания» и синтеза способа проф. Гриневецкого с исправленными «отдельными» показателями частных процессов ТЭЦ на базе теплового баланса последней, если мы действительно хотим обосновывать на науке нашу практику и государственное планирование, что является обязательным в условиях нашей страны после решений XXII и XXIII съездов КПСС. Введение общего показателя не должно представить трудности для электростанций, поскольку опыт его применения в прошлом уже имел место.

Серьезным препятствием, мешавшим правильному пониманию предложения проф. Гриневецкого, были выступления ученых-термодинамиков (проф. Гохштейна Д. П., проф. Фукса Г. И. и др.), утверждавших, что нельзя складывать такие разнородные слагаемые, как расход электроэнергии и тепла. Это создало боязнь применения формул типа Гриневецкого, как принципиально ошибочных. Такая боязнь у ряда работников, к сожалению, не изжита до сих пор, как можно видеть из недавно полученной мной рецензии на мою статью, давшей повод редакции к отклонению ее напечатания. Ошибочность точки зрения ученых-термодинамиков видна из следующих соображений. Подвал диаграммы Ренкина обозначает, с одной стороны, скрытую теплоту парообразования отработавшего пара при его температуре  $T_{отб}$ , направленного тепловым абонентам. С другой стороны, это есть работа, совершаемая рабочим телом в интервале температуры  $T_{отб}$  и  $T=0$ . Последняя выражается, конечно, в тех же единицах, как и цикл Ренкина, так что складывание этой работы с работой цикла Ренкина не может вызвать возражений. Но поскольку работа подвала равновелика скрытой теплоте парообразования при температуре  $T_{отб}$ , то всегда можно вместо этой работы подставить скрытую теплоту парообразования, отдаваемую тепловым абонентам, имея в виду, что проблема процесса работы подвала в интервале температур  $T_{отб}$  и  $T=0$  на данном этапе развития науки и техники не является разрешенной. Использование же скрытой теплоты парообразования для тепловых абонентов — процесс широко освоенный техникой, равносценно замещающий указанный процесс работы подвала, почему формула проф. Гриневецкого является правильной, но она, конечно, должна употребляться в связи с «отдельными» частными процессами на ТЭЦ в виде теплового баланса, увязывающего общее с частным, являясь здесь в то же время как бы контрольной инстанцией.

Ошибочные теоретические положения в методике быв. МЭС должны приводить к ошибочной практике. Для обеспечения населения свежими овощами в течение круглого года сейчас строятся огороды под стеклом или пленкой, которые являются крупными потребителями тепла, могущими серьезно укреплять роль ТЭЦ в энергосистеме. Потребление тепла здесь должно быть круглогодичным, так как в овощных комбинатах необходим и во внеотопительный период почвенный обогрев открытого грунта для возможности выращивания теплолюбивых растений. Высокая себестоимость  $гкал$  с ТЭЦ сильно удорожает себестоимость овощей. Для удешевления единицы тепла в теплицах энергообъединения на местах вынуждены прибегать к разным ухищрениям, ничего общего не имеющим с действующей методикой быв. МЭС, прибегать к сооружению отдельных котельных, поскольку эта методика не различает оценку тепла из отборов турбин и непосредственно из котлов.

Логическим развитием ошибочной посылки в методике быв. МЭС является также обозначающееся направление среди некоторых энергетиков отказаться совершенно от ТЭЦ, этого замечательного достижения советской энергетики, и снабжать потребителей электроэнергией от систем с мощными КЭС, а тепловых абонентов от крупных котельных на

местах потребления тепла. Если же исходить из правильной оценки действительности, применение ТЭЦ может обеспечить экономию топлива, как указано выше, а также экономию в первоначальных капиталовложениях. Последнее видно из того, что при круглогодичном потреблении тепла, обусловленном наличием крупных овощных комбинатов со значительными площадями открытого обогреваемого грунта и широким развитием бытового потребления тепла с непосредственным водоразбором из тепловых сетей. ТЭЦ могут быть оборудованы в значительной части противодавленческими турбогенераторами, относительно более дешевыми, а недостающую электроэнергию потребители могут получить из энергосистем, что ослабит удорожание *квт-ч* противодавленческих турбин.

Применение турбогенераторов с противодавлением облегчит также решение нередко трудной задачи снабжения ТЭЦ водою.