

РАСХОД ТОПЛИВА В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ ПРИ НАЛИЧИИ ПОДАЧИ ТОКА ГИДРОСТАНЦИЙ *

И. Н. БУТАКОВ

При сооружении и эксплуатации сложных энергосистем, включающих гидростанции, тепловые электростанции и самостоятельные котельные, весьма важно иметь метод для определения расхода топлива энергосистемой, находить условия получения наивыгодных значений этого расхода.

Широко разветвляющееся в СССР строительство гидростанций делает эти вопросы весьма актуальными.

Тепловой баланс указанной выше энергосистемы можно изобразить в таком виде:

$$Q = Q_m + Q_k + Q_{кот}, \quad (1)$$

где Q — общий расход тепла в *ккал* за рассматриваемый отрезок времени, например, за год;

Q_m — то же для противодавленческих частей ТЭЦ, входящих в энергосистему, с полным использованием тепла;

Q_k — то же для конденсационных частей системы;

$Q_{кот}$ — от самостоятельных котельных, если таковые включаются в энергосистему.

Тепловой баланс (1) можно представить в другом виде:

$$\frac{860 (\mathcal{E} - \mathcal{E}_{гидр}) + Q_{выр} + Q_{кот}}{\eta} = \frac{860 \mathcal{E}_m + Q_{выр}}{\eta_m} + \frac{860 (\mathcal{E} - \mathcal{E}_m - \mathcal{E}_{гидр})}{\eta_k} + \frac{Q_{кот}}{\eta'_{ку} \eta'_{пот}}. \quad (2)$$

Здесь

$\mathcal{E}$ — общая выработка *квтч* всей энергосистемой за рассматриваемый отрезок времени, например, за год;

$\mathcal{E}_m$ — выработка *квтч* на ТЭЦ на тепловом потреблении;

$\mathcal{E}_{гидр}$ — то же для гидростанций;

$Q_{выр}$ — количество *ккал*, вырабатываемых для тепловых абонентов за тот же промежуток времени путем забора пара из промежуточных ступеней турбин или после противодавленческих турбин и турбин ухудшенного вакуума;

η_k — к. п. д. конденсационных частей установок;

η_m — к. п. д. для противодавленческих частей установок с полным использованием отбираемого тепла;

$\eta'_{ку}$ и $\eta'_{пот}$ — к. п. д. полный нетто самостоятельных котельных и потока тепла внутри последних.

Все к. п. д. надо понимать как средне-взвешенные величины для ТЭС и котельных энергосистемы.

η — общий экономический к. п. д. всей энергосистемы.

* Примечание редакции: Печатается в дискуссионном порядке.

Известно, что расход топлива теплосиловых установок пропорционален обратной величине экономического их к.п.д., т. е. в данном случае он будет пропорционален $1/\eta$. Поэтому из выражения (2) определяем:

$$\frac{1}{\eta} = \frac{1}{1 + (Q_{\text{выр}} + Q_{\text{кот}}) \cdot \frac{1}{860 (\Theta - \Theta_{\text{гидр}})}} \cdot \frac{1}{\eta_m} \cdot \left\{ \frac{\eta_m}{\eta_k} - \frac{\Theta_m}{\Theta - \Theta_{\text{гидр}}} \times \right. \\ \left. \times \left(\frac{\eta_m}{\eta_k} - 1 \right) + \left(\frac{\eta_m}{\eta'_{\text{ку}} \cdot \eta'_{\text{кот}}} Q_{\text{кот}} + Q_{\text{выр}} \right) \cdot \frac{1}{860 (\Theta - \Theta_{\text{гидр}})} \right\}. \quad (3)$$

Из формулы (3) следует:

1. Всякое увеличение $Q_{\text{кот}}$ при неизменной общей выдаче тепла тепловым абонентам $Q_{\text{выр}} + Q_{\text{кот}} = \text{const}$ увеличивает $1/\eta$, а значит и расход топлива в энергосистеме, так как при этом будет уменьшаться выработка Θ_m на тепловом потреблении. Несмотря на это, самостоятельные котельные для срезания пиков тепловой нагрузки целесообразно включить в энергосистему, чтобы увеличить коэффициент использования отборов пара, более дорогого оборудования ТЭЦ, имея в виду более дешевое оборудование самостоятельных отопительных котельных, допускающее поэтому более низкие значения коэффициентов использования.

2. С увеличением начальных параметров пара при заданной величине $Q_{\text{выр}}$ будет возрастать Θ_m и, следовательно, будет уменьшаться расход топлива в энергосистеме, чему содействие окажет при этом увеличении начальных параметров и рост η_k .

Уменьшение давления отборов пара увеличивает Θ_m , уменьшая тем расход топлива, а развитие регенерации повышает η_k , что также сокращает расход топлива.

3. Выражение (2) можно представить, положив приближенно

$$\frac{\eta_m}{\eta'_{\text{ку}} \cdot \eta'_{\text{кот}}} \cong 1,$$

и так

$$\frac{1}{\eta} = \frac{1}{1 + (Q_{\text{выр}} + Q_{\text{кот}}) \cdot \frac{1}{860 (\Theta - \Theta_{\text{гидр}})}} \cdot \frac{1}{\eta_m} \cdot \left\{ \frac{\eta_m}{\eta_k} - 1 - \right. \\ \left. - \frac{\Theta_m}{\Theta - \Theta_{\text{гидр}}} \left(\frac{\eta_m}{\eta_k} - 1 \right) \right\} + \frac{1}{\eta_m}. \quad (4)$$

Отсюда видно, что увеличение общего отпуска тепла абонентам $(Q_{\text{выр}} + Q_{\text{кот}})$ уменьшает расход топлива энергосистемой при заданных прочих величинах.

4. Положим далее, что $Q_{\text{выр}} = \Theta_m \cdot q$, где $q = \frac{860}{\eta_{0\text{э}} \cdot H} (i_1 - \eta_{0\text{и}} H - t_{\text{конд}})$

$\frac{\text{ккал}}{\text{квтч}}$, причем

i_1 — начальное теплосодержание пара в турбинах;
 $\eta_{0\text{э}}$ и $\eta_{0\text{и}}$ — электрический и внутренний к.п.д. этих турбогенераторов;

H — адиабатические перепады в них до точки отбора пара, ккал/кг ;
 $t_{\text{конд}}$ — температура конденсата обогревающего пара в бойлерах.
 Тогда выражение внутри фигурных скобок формулы (3) можно изобразить таким образом:

$$\left\{ \frac{\eta_m}{\eta_k} - \frac{\partial_m}{\partial - \partial_{\text{гидр}}} \left(\frac{\eta_m}{\eta_k} - 1 \right) + \left(\frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{выр}}} \cdot \frac{\eta_m}{\eta'_{\text{ку}} \cdot \eta'_{\text{ном}}} + 1 \right) \frac{q \cdot \partial_m}{860(\partial - \partial_{\text{гидр}})} \right\} =$$

$$= \left\{ \frac{\eta_m}{\eta_k} - \left[\left(\frac{\eta_m}{\eta_k} - 1 \right) - \left(\frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{выр}}} \cdot \frac{\eta_m}{\eta'_{\text{ку}} \cdot \eta'_{\text{ном}}} \right) \cdot \frac{q}{860} \right] \frac{\partial_m}{\partial - \partial_{\text{гидр}}} \right\} =$$

$$= \left\{ \frac{\eta_m}{\eta_k} - \varphi \frac{\partial_m}{\partial - \partial_{\text{гидр}}} \right\}, \quad (5)$$

$$\text{где } \varphi = \left[\left(\frac{\eta_m}{\eta_k} - 1 \right) - \left(\frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{выр}}} \cdot \frac{\eta_m}{\eta'_{\text{ку}} \cdot \eta'_{\text{ном}}} + 1 \right) \frac{q}{860} \right].$$

Если теперь произвести фактическое деление дроби $\frac{\partial_m}{\partial - \partial_{\text{гидр}}}$ в формуле (5) на знаменатель общего множителя перед фигурными скобками формулы (3):

$$1 + \left(1 + \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{выр}}} \right) \cdot \frac{q \cdot \partial_m}{860(\partial - \partial_{\text{гидр}})}, \text{ то}$$

получим:

$$\frac{1}{\left(1 + \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{выр}}} \right) \frac{q}{860}} - \frac{1}{1 + \left(1 + \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{выр}}} \right) \cdot \frac{q \cdot \partial_m}{860(\partial - \partial_{\text{гидр}})}},$$

так что

$$\frac{1}{\eta} = \frac{1}{1 + \left(1 + \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{выр}}} \right) \cdot \frac{Q_{\text{выр}}}{860(\partial - \partial_{\text{гидр}})}} \cdot \frac{1}{\eta_m} \left\{ \frac{\eta_m}{\eta_k} + \right.$$

$$\left. + \frac{860 \cdot \varphi}{\left(1 + \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{выр}}} \right) q} \right\} - \frac{860 \cdot \varphi}{q \left(1 + \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{выр}}} \right)} \cdot \frac{1}{\eta_m}. \quad (6)$$

Отсюда с ясностью устанавливается, что изменение $1/\eta$, а значит и расхода топлива в энергосистеме, в зависимости от энергетического коэффициента $Z = \frac{Q_{\text{выр}} + Q_{\text{кот}}}{860(\partial - \partial_{\text{гидр}})}$ будет происходить по закону гиперболы (6), асимптотами которой является, с одной стороны, прямая, параллельная оси Z и проходящая выше последней на расстоянии

$$1/\eta = \frac{1}{\eta_m} \cdot \frac{860 \cdot \varphi}{\left(1 + \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{выр}}} \right) q}, \text{ а с другой стороны, прямая, параллельная оси}$$

$1/\eta$, проведенная от нее на расстоянии $Z = -1$.

На рис. 1 построены две гиперболы для случаев, когда $\frac{Q_{кот}}{Q_{выр}} = 0$ и когда $\frac{Q_{кот}}{Q_{выр}} = 1$, причем приняты $\eta_m \cong \eta'_{ку} \cdot \eta'_{пот} \cong 0,8$, $\eta_k \cong 0,2$ и $q \cong 5000$ ккал/квтч, как величины средне-взвешенные для какой-то энергосистемы. Из рис. 1 усматривается, что увеличение $\frac{Q_{кот}}{Q_{выр}}$ вызывает при всех значениях $Z > 0$ возрастание $1/\eta$, а значит и расхода топлива.

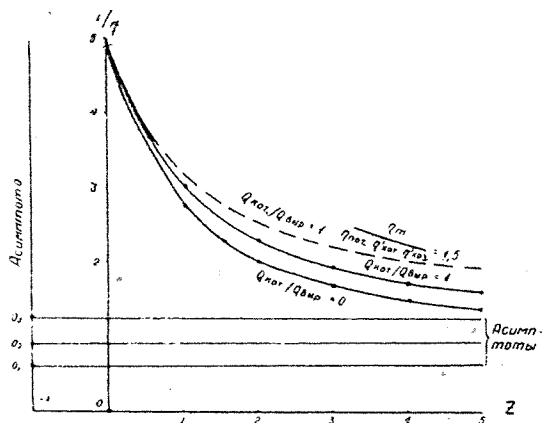


Рис. 1.

Центральные котельные, состоящие обычно в ведении разных промышленных министерств, нередко работают в условиях более низких к.п.д., а также с более низкими значениями хозяйственного к.п.д. Находясь в районе данной энергосистемы, но не будучи включены формально в ее состав, они могут значительно снижать общий к.п.д. энергосистемы.

Для примера на рис. 1 показано, что, если $\frac{Q_{кот}}{Q_{выр}} = 1$, а $\frac{\eta_m}{\eta'_{ку} \cdot \eta'_{пот} \cdot \eta'_{хоз}} = 1,5$, то пунктирная гипербола, относящаяся к этому случаю, пойдет значительно выше такой же гиперболы, но при $\frac{\eta_m}{\eta'_{ку} \cdot \eta'_{пот} \cdot \eta'_{хоз}} = 1$.

Значит расход топлива в энергосистеме еще более возрастет от наличия таких котельных с недостаточно хорошо поставленной эксплуатацией их, при более низких их к.п.д., например, при $Z = 2$ на 25% по сравнению со случаем, когда $\frac{Q_{кот}}{Q_{выр}} = 0$, увеличиваясь еще более при дальнейшем возрастании Z .

Возрастание энергетического коэффициента $Z = \frac{Q_{выр} + Q_{кот}}{860 (\mathcal{E} - \mathcal{E}_{гидр})}$ при всех условиях снижает расход топлива. Для увеличения же Z надо, стре-

мьясь к повышению выработки *квтч* $\mathcal{E}_{гидр}$ гидростанциями энергосистемы, в то же время всемерно расширять потребление тепла ($Q_{выр} + Q_{кот}$) тепло-выми абонентами, ориентируясь главным образом на увеличение $Q_{выр}$.

Остановимся теперь на значениях частных коэффициентов полезного действия, фигурировавших в вышеприведенных формулах,

$$\begin{aligned}\eta_{гг} &= \eta_{ку} \cdot \eta_{пот} \cdot \eta_{хоз} \cdot \frac{(i_1 - i_n) \eta_{гог} \cdot \eta_{мех} \cdot \eta_{ген} + i_1 - (i_1 - i_n) \eta_{гог} - t_{конд}}{i_1 - t_{конд}} = \\ &= \eta_{ку} \cdot \eta_{пот} \cdot \eta_{хоз} \cdot \left[1 - (1 - \eta_{мех} \cdot \eta_{ген}) \frac{(i_1 - i_n) \eta_{гог}}{i_1 - t_{конд}} \right] = \\ &= \eta_{ку} \cdot \eta_{пот} \cdot \eta_{хоз} \cdot \eta'_{мех} \cdot \eta'_{ген}.\end{aligned}\quad (7)$$

В формуле (7) i_1 и i_n — теплосодержание пара начальное и в конце адиабатического расширения, а $t_{конд}$ — температура конденсата обогревающего пара в бойлерах.

Под $\eta_{ку}$ надо здесь разуметь $\eta_{ку}$ нетто полный, т. е.

$$\eta_{ку} = \frac{D_K^{бр} (i_K^n - i) + D_K^n (i_K^n - i_{пв}) + Q_{пр}^{исп} - D_{пр} i_{пр} - \Sigma Q_{ку}^{сн} - \frac{860 (\mathcal{E}_{снтот} + \mathcal{E}_{снку})}{\eta}}{B_{ус} 7000},$$

причем в отличие от формулы МЭС в состав $\eta_{ку}$ введено еще вычитаемое $\frac{860 (\mathcal{E}_{снтот} + \mathcal{E}_{снку})}{\eta}$ расход тепла на удовлетворение собственных нужд

котельных и топливных складов с топливоподачей.

Хозяйственный к.п.д. $\eta_{хоз}$ характеризует увеличение расхода топлива вследствие раструски его и потерь при хранении, а также вследствие необходимости растопки котлов и ухудшенной работы котельных, невыполнения начальных и конечных параметров пара, вследствие потери пара от неплотностей и продувки пароперегревателей и паропроводов, вследствие необходимости опробования паровых механизмов и т. д. $\eta_{хоз} = 0,95 \div 0,8$ в зависимости от культуры эксплуатации и устройства ТЭС.

К.п.д. потока тепла при его транспорте внутри ТЭС $\eta_{пот}$ характеризует потери всех тепловых схем станций, входящих в энергосистему, включая паропроводы, питательные линии с подогревателями, бойлеры и парообразователи, а также корпуса турбин.

Для $\eta_{пот}$ к.п.д. потока имеется пока недостаточное число наблюдений. Один из возможных путей для определения $\eta_{пот}$ усматривается из формулы (8), а именно:

$$\eta_{пот} = \frac{\Sigma Q_i^{ку} + 860 \mathcal{E} + (1 - \eta_{мех} \cdot \eta_{ген}) 860 \cdot \mathcal{E} + Q_{конд} + Q_{выр} + Q_{кот} + Q_{хтн}}{Q_{топл}}, \quad (8)$$

где $\Sigma Q_i^{ку}$ — тепловые потери котельных установок, $Q_{конд}$ — потери тепла в конденсаторы турбогенераторов, $Q_{хтн}$ — расход тепла на хозяйственные и технические нужды ТЭС энергосистемы, $Q_{топл}$ — количество тепла в израсходованном топливе за рассматриваемый отрезок времени.

Пока можно принять $\eta_{пот} \cong 0,96 - 0,97$.

Наконец,

$$\eta_k = \eta_{ку} \cdot \eta_{пот} \cdot \eta_{хоз} \cdot \eta_{гог} \cdot \eta_{гог} \cdot \eta_{мех} \cdot \eta_{ген},$$

где $\eta_{гог}$ — к.п.д. теоретической машины.

Произведение к.п.д. $\eta'_{\text{мех}} \cdot \eta'_{\text{ген}}$ отражает потери противодавленческих частей турбогенераторов с использованием тепла отборов пара, как редукторов, поскольку такими потерями здесь являются механические и электрические потери, разносимые в данном случае на электрических и тепловых абонентах в отличие от КЭЦ, когда электрические и механические потери относятся целиком на электроэнергию, как единственный продукт КЭЦ.

Остается задержаться на высказанных возражениях против вышеизложенного. К.т.н. инж. А. С. Горшков в статье „О методе исчисления к.п.д. энергетических установок с комбинированным использованием тепла“ (Эл. станции, 1948, № 6, стр. 37) писал: „В статье И. Н. Бутакова (см. там же)... не дается ответа на, казалось бы, основной вопрос, как изменится расход топлива в энергосистеме с гидростанциями. Только введением в формулу новых буквенных обозначений нельзя выразить сложную зависимость, существующую между технико-экономическими показателями и расходом топлива в энергосистеме с гидростанциями. Анализируя свою формулу, проф. Бутаков установил, что всякое увеличение $\mathcal{E}_{\text{гидр}}$ увеличивает к.п.д. системы, что происходит за счет *квтч*, вырабатываемых на конденсационном режиме. Но нужны ли столь сложные формулы для понимания выгодности гидроэнергии, получаемой без затрат топлива?“...

И. Н. Бутаков утверждает, что, увеличивая выработку на гидростанциях, „мы сможем парализовать снижение к.п.д. от включения самостоятельных котельных, тем самым оправдываем целесообразность их применения.“

То же утверждает и формулой И. Н. Бутакова, согласно которой действительно выгодно развивать отпуск тепла без выработки электроэнергии на тепловом потреблении“.

Из всего сказанного выше было видно, что И. Н. Бутаков, применяя общепринятые буквенные обозначения, действительно выразил сложную зависимость между технико-экономическими показателями и расходом топлива в энергосистеме, получающей ток гидростанций вопреки отрицанию такой возможности со стороны А. С. Горшкова. Анализируя свою формулу, И. Н. Бутаков установил не только то, что всякое увеличение $\mathcal{E}_{\text{гидр}}$ уменьшает обратную величину к.п.д. системы, пропорциональную расходу топлива, но и то, по какому закону при этом такое уменьшение происходит (а именно,—по гиперболическому), будучи связано в то же время и с тепловым потреблением в составе энергетического коэффициента

$Z = \frac{Q_{\text{выр}} + Q_{\text{кот}}}{860 (\mathcal{E} - \mathcal{E}_{\text{гидр}})}$, как аргумента. Стала ясна также зависимость

$1/\eta$ от ряда частных к.п.д. и от $Q_{\text{кот}}/Q_{\text{выр}}$.

В п. 4 настоящего исследования И. Н. Бутаков ясно показал, что всякое увеличение $Q_{\text{кот}}/Q_{\text{выр}}$ ухудшает к.п.д. системы, увеличивая $1/\eta$ при заданном $Q_{\text{выр}} + Q_{\text{кот}} = \text{const}$, почему с точки зрения удельного расхода тепла топлива на одну выработанную ккалорию нецелесообразно применять самостоятельные котельные, отрицательный эффект от которых может быть парализован током гидростанций, дающим возможность вытеснить некоторое количество менее выгодных конденсационных *квтч*. Несмотря на указанную невыгодность отпуска тепла от самостоятельных котельных, таковые для срезания пиков тепловой нагрузки следует все же включать в энергосистемы, чтобы увеличить коэффициент использования отборов, дорогого оборудования ТЭЦ и выработку *квтч* на тепловом потреблении за счет сокращения конденсационных *квтч* энергосистемы. Об этом и было сказано в моей статье (Эл. станции, 1948, № 6, стр. 35). А. С. Горшков применил здесь известный софизм: мою мысль, верную в отношении пико-

вых котельных, он распространил на котельные вообще, представив И. Н. Бутакова защитником выгодности „развивать отпуск тепла без выработки электроэнергии на тепловом потреблении“.

Такой софизм является одним из видоизменений софизма „первичная ложь“ (Прότον ψεύδον).

Применение софистических приемов в научной полемике характерно для А. С. Горшкова. Так, например, на стр. 38 (там же) он заявляет, что, „не видя различий в электрической и тепловой энергии, проф. Бутаков вполне естественно пришел к выводу, что для характеристики производственного процесса ТЭЦ достаточен только один к.п.д. для обоих видов энергии“. Между тем из правой части уравнения (1) теплового баланса (Электрические станции, 1948, № 6, стр. 35) и из уравнения (2) настоящей статьи видно, что тут различены слагаемые по виду продукции, причем выработка электроэнергии на тепловом потреблении отделена от конденсационной выработки *квтч* точно так же, как тепло из отборов турбины — от тепла непосредственно из котлов, в то время как в практике МЭС, защищаемой А. С. Горшковым, имеет место здесь обезличка. Общий же экономический к.п.д. η левой части оказывается следствием правой части баланса, что вытекает из того положения марксистской диалектики, где сказано: „отдельное не существует иначе как в той связи, которая ведет к общему“. (В. И. Ленин. Философские тетради, стр. 329, 1947 г.)

Таким образом, А. С. Горшков и в данном случае употребляет софизм, носящий название в логике „первичная ложь“ (error fundamentalis).

А. С. Горшков считает (стр. 39) нелогичным „связывать процесс передачи механической энергии с отпуском тепла“, он указывает „на попытку неправильного установления непосредственной связи процесса генерирования электрической энергии с отпуском тепла“.

Из приведенного А. С. Горшковым теплового баланса (рис. 2 на стр. 41) видно, что у него сначала идет отбор тепла Q^T для внешних потребителей и потери тепла $q_{кон}$ в конденсатор, а потом уже выработка электроэнергии $860 N^T$ и $860 N_K$, что, конечно, в корне противоречит действительному процессу на ТЭЦ, где получение электроэнергии предшествует Q^T и $q_{конд}$, являющимися конечными стадиями процесса. Естественно поэтому, что $q_{мех}$ и $q_{эл}$ выводятся из теплового баланса тоже до образования Q^T и $q_{кон}$, как и указано для противоавиационного двигателя на рис. 1 балансе (стр. 38), воспроизводимом вновь здесь на рис. 2.

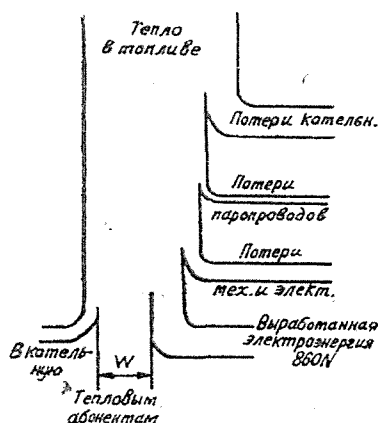


Рис. 2.

Поток тепла „В котельную“, кстати сказать, вовсе не часть тепла, отвещленного в котельную на собственные нужды, как пишет А. С. Горш-

ков, а возврат в котельную тепла конденсатов бойлеров. Так как механические и электрические потери (рис. 2) выводятся из баланса прежде, чем образуется электроэнергия и используемое тепло выхлопа, то, понятно, механические и электрические потери влияют на оба вида получаемой энергии. Противодавленческая часть является здесь своеобразным редуктором, почему потери последнего (механические и электрические потери), а также η_{oi} не могут не сказаться и на тепловых абонентах. Поэтому точка зрения А. С. Горшкова, что „Теплоэнергия производится в котельной и характеризуется показателями котельной“, почему он и принимает к. п. д. турбогенератора по отпуску тепла равным единице, является односторонней и от этого вредной, поскольку она как бы снимает ответственность с персонала ТЭЦ за состояние противодавленческой части ее.

Следовательно, все рассуждения А. С. Горшкова в этом абзаце исходят из произвольного основания, являясь типичным примером софизма *petitio principii*.

В конце своей статьи № 6 Эл. ст. (стр. 41) А. С. Горшков заявил: „проф. Бутаков дал сложную математическую формулу, только затрудняющую понимание простых физических явлений и производственных процессов“. При теоретическом исследовании вопросов, когда широко охватывается действительность, как в рассматриваемом случае целая энергосистема, появление сложных математических зависимостей неизбежно, чтобы представилась возможность охватить большое количество влияющих факторов. Для использования же на практике дело обычно упрощается, и тут в применении к данному случаю может быть употреблен испытанный МЭС путь для определения частных к. п. д. с необходимыми поправками, а именно:

$$B'_m = \frac{Q_{\text{выр}}}{\eta_m \cdot Q_p^u \cdot \eta_{\text{хоз}} \cdot \eta_{\text{снт}} \cdot 10^3} \quad m - \text{расход топлива для тепловых}$$

абонентов при отборе пара от турбин;

$$B''_m = \frac{Q_{\text{кот}}}{\eta_{\text{ку}} \cdot \eta_{\text{пот}} \cdot Q_p^u \cdot \eta_{\text{хоз}} \cdot \eta_{\text{снт}} \cdot 10^3} \quad m - \text{то же при заборе тепла из}$$

котлов, причем $\eta_{\text{снт}} = \frac{\mathcal{E} - \mathcal{E}_{\text{снт}}}{\mathcal{E}}$ — коэффициент, характеризующий рас-

ход электроэнергии на собственные нужды теплофикации (перекачка теплоносителя, расход электроэнергии на освещение и ремонты бойлерной). Если теперь B — общий расход топлива на ТЭЦ за тот же период времени в тоннах, то расход топлива, падающий на электрических потребителей

$$B_{\mathcal{E}} = B - B'_m - B''_m,$$

отсюда общий электрический к. п. д. МЭС

$$\eta_{\mathcal{E}} = \frac{860 (\mathcal{E} - \mathcal{E}_{\text{гидр}})}{B_{\mathcal{E}} \cdot Q_p^u \cdot 10^3}.$$

К. п. д. же конденсационной части, не определяемый МЭС,

$$\eta_{\text{к}} = \frac{860 (\mathcal{E} - \mathcal{E}_m - \mathcal{E}_{\text{гидр}})}{B_{\text{к}} \cdot Q_p^u \cdot 10^3} = \frac{860 \left(\mathcal{E} - \frac{Q_{\text{выр}}}{q} - \mathcal{E}_{\text{гидр}} \right)}{B_{\text{к}} \cdot Q_p^u \cdot 10^3},$$

$$\text{причем } B_{\text{к}} = B - B'_m - B''_m - \frac{860 \cdot Q_{\text{выр}}}{q \cdot \eta_m \cdot Q_p^u \cdot 10^3}.$$

Общий экономический к.п.д. ТЭЦ или системы, невозможность установления которого защищает А. С. Горшков,

$$\eta = \frac{860(\mathcal{E} - \mathcal{E}_{\text{гидр}}) + Q_{\text{выр}} + Q_{\text{кот}}}{B \cdot Q_p \cdot 10^3}.$$

Величины η_m и q , будучи наперед известны для каждой отдельной ТЭЦ, определяются как средне-взвешенные для системы.

А. С. Горшков, неудачно указав на сложность формулы, затрудняющей понимание явлений и процессов, применил здесь софизм, носящий название в логике „подмены доказательства“ (ignotatio elenchi), подменив опровержение неправильности формулы указанием на кажущуюся сложность её.

Фетишизируя свой „физический метод“, А. С. Горшков указывал, что он проверен на практике, которая доказала эффективность его применения и интересы которой не вынудили от него отказываться (стр. 41). До 1943 г. практика МЭС базировалась на способе проф. Гриневецкого, который применялся у нас всюду, считаясь апробированным. Широко применялся также способ Румянцева для определения себестоимости продуктов ТЭЦ. Тем не менее практика же вскрыла недостатки этих способов и отвергла их.

В практике всегда есть передовое и отсталое, так что к ней надо относиться с толком. Теперь обнаружены некоторые принципиальные недостатки „физического способа“ с его дуалистической системой показателей и пора внести необходимые поправки, чтобы приблизить его более к действительности.

Консервативное отношение к практике присуще обычно предельщикам, которые не хотят видеть новых явлений, парализуя тем развитие самой практики, и А. С. Горшков, сам того не замечая, превратился из прогрессивного деятеля на рассматриваемом фронте в тормоз дела, защищая безнадёжные позиции.

Софисты любят прибегать к паралогизму, носящему название в логике argumentum ad populum (довод к народу), когда доказываемое положение подменяется другим, способным вызвать у читателей или слушателей согласие с ним, но которое не имеет отношения к доказываемому положению. А. С. Горшков использовал и этот софизм, зачислив в число последователей И. Н. Бутакова Уральское отделение ТЭП, определявшее к.п.д. ТЭЦ брутто по формуле проф. В. И. Гриневецкого, которая сама по себе считается И. Н. Бутаковым непригодной для использования, а также работников Омской ТЭЦ № 1, несмотря на то, что в составе руководящего персонала Омскэнерго не было тогда учеников И. Н. Бутакова.

Для усиления эффекта от софизма А. С. Горшков не постеснялся добавить: „Не является случайным то обстоятельство, что с аналогичными фактами приходится чаще всего встречаться на Востоке, где имеется много воспитанников И. Н. Бутакова“.

Конечно, это только ловкий маневр, так как И. Н. Бутаков, указывая в своих лекциях на ошибки А. С. Горшкова, всегда внушает своим ученикам, что они обязаны точно выполнять положение МЭС, пока мы не добьемся внесения в него необходимых коррективов.

А. С. Горшков был тогда зам. начальника технического отдела МЭС, почему на нем лежала ответственность за плохое инструктирование введенных ему людей на Востоке, где из-за отдаленности от Москвы легче всего могли сохраниться пережитки формы отчетности 1943 г., основанной на способе проф. Гриневецкого, за который И. Н. Бутаков, конечно, отвечать не может. Цитированную же фразу А. С. Горшкова можно понимать, как неудачную попытку снять с себя ответственность.

На дискуссии, состоявшейся в январе 1950 г. в Москве, организованной ЭНИН АН и МОНИТОЭ, А. С. Горшков выступил с докладом „Технико-экономические показатели организуют персонал электростанций на борьбу с энергетическими потерями“, в котором он уделил значительное внимание критике И. Н. Бутакова. Тут опять фигурировало начертание теплового баланса, причем А. С. Горшков снова утверждал, что „теплоэнергия является промежуточным отводом... и что производство электроэнергии с соответственными потерями является дальнейшей стадией“. Насколько это находится в противоречии с действительностью, об этом было упомянуто выше. Далее А. С. Горшков более уже энергично заявил, что „приводить в связь процесс генерирования электроэнергии с отпуском тепла бессмысленно“. Выше было указано, насколько бессмысленна точка зрения А. С. Горшкова в отношении противодавленческих частей ТЭЦ с полным использованием тепла, покушающаяся в сущности на разрушение понятия о целостном процессе последних. „Центральная котельная—вот идеал энергетической установки, если оценивать ее эффективность по единому к.п.д. проф. Бутакова“,—сказал А. С. Горшков в своем докладе. Насколько был далек И. Н. Бутаков от этого идеала, видно из предыдущего. Столь же неосновательным было сделанное заявление, что „проф. Бутаков предлагает исчислять коэффициент полезных действий, а не отдельного действия“, так как именно проф. Бутаков рекомендует, в отличие от обезлички А. С. Горшкова, принимать отдельные к.п.д. для каждого вида продукции в зависимости от его происхождения, как было сказано выше.

Таким образом, за полтора года, истекших со времени напечатания своей статьи в журнале „Электрические станции“, А. С. Горшков как научный работник не смог преодолеть в себе склонности к употреблению софизмов, несмотря на то, что мной в 1948 г. посланы были возражения на его статью в редакцию журнала „Электрические станции“, с которыми А. С. Горшков был, несомненно, ознакомлен, и которые явились одним из поводов организации упомянутого совещания 1950 г. о показателях ТЭЦ.

Некоторые возражения в своем докладе во время дискуссии 1950 г. выдвинул инженер М. Н. Недлин, основываясь на моей статье в № 6 (Электрические станции, 1948 г.).

М. Н. Недлин утверждал, что „вывод общего к.п.д. процесса комплексного использования тепла при производстве электроэнергии, представляя собой суммирование разнородных по качеству, хотя и сравнимых по расходу топлива, взаимно незаменимых электро- и теплоэнергию, принципиально недопустим, он не выражает ни совершенства, ни экономичности процесса“. Это вытекает из точки зрения М. Н. Недлина, что к.п.д. можно назвать такой показатель, в котором отражено единство двух сторон процесса—его совершенство и экономичность. Эти оба признака к.п.д. теперь больше не вмещаются в одном показателе, место которого должны занять два показателя, характеризующие: один—совершенство процессов системы, другой—ее экономичность.

Дуалистическую систему показателей, отрицая возможность существования вместе с тем единого показателя, исповедует и А. С. Горшков. В предыдущем мы видим, что надо иметь особые к.п.д. для каждого отдельного процесса ТЭЦ, будет ли то выработка *квтч* на тепловом потреблении или конденсационная, будет ли то выдача тепла из отборов или от самостоятельных котельных. Только тогда мы можем правильно отразить действительность в отношении расхода тепла в топливе, зная размер продукции по каждому отдельному процессу, выраженный в тепловых единицах.

Суммирование этих частных расходов естественно дает нам общий расход тепла топлива по ТЭЦ или в энергосистеме, который, будучи разделен на общую продукцию ТЭЦ или системы в тепловых же единицах,

определяет обратную величину к.п.д. $1/\eta$, т. е. количество ккалорий в топливе на одну выработанную ккалорию независимо от ее назначения (на электроэнергию или теплофикацию). К.п.д. η есть, следовательно, экономический к.п.д. ТЭЦ или системы, поскольку $1/\eta Q_p^{\#}$ дает нам удельный расход топлива в кг на 1 ккал общей продукции ТЭЦ или системы, т. е. показывает степень совершенства использования общественно-необходимого труда в отношении главной слагаемой—расхода топлива. Этот экономический к.п.д. тесно связан с частными к.п.д. правой части теплового баланса (2), которые характеризуют уже степень совершенства оборудования и эксплуатации его, обязывающую удовлетворять требования получения целесообразного технико-экономического единства на ТЭЦ и в энергосистеме.

Еще А. И. Герцен (Избранные философские произведения, т. 1, стр. 98) писал: „Жизнь есть сохраняющееся единство многообразия, единство целого и частей“. Герцен приводит прекрасную к тому иллюстрацию: „Каждая ветвь дерева, даже каждая почка имеет относительную самостоятельность, их можно принять за особые растения; но совокупность их принадлежит одному целому, живому растению этих растений—дереву; отнимите ветви (способ проф. Гриневецкого)—останется мертвый пень, отнимите ствол—ветви распадутся“ (способ МЭС). Поэтому-то мы обязаны рассматривать общий экономический к.п.д. в связи с частным к.п.д. в едином тепловом балансе, сочетая способ проф. Гриневецкого с исправленным способом МЭС.

У первобытных народов не было общего слова, обозначавшего дерево как общее понятие, но было много слов, обозначавших конкретные деревья. Лишь с прогрессом познания это общее понятие дерева получило право гражданства. Однако и теперь семантики, представители одного из модных направлений современного субъективного идеализма в США и других странах капитала, объявляют общие понятия лишенными объективного смысла и содержания. А. С. Горшков утверждает (стр. 8 сборника), что отвлеченные показатели для организации энергетического производства непригодны. Как будто бы полубожие к.п.д. его по выработке электрической и тепловой энергии не являются отвлеченными показателями. Их ведь не обнаружишь самыми могущественными микроскопами. Вместе с тем нельзя отрицать и частные к.п.д., потому что „общее существует лишь в отдельном, через отдельное“ (Ленин), причем, повторяем это, нельзя в одном частном показателе обобщать выработку электроэнергии конденсационную и на тепловом потреблении, а в другом частном показателе—отпуск тепла из отборов турбин и непосредственно из котлов. Поступая так, мы в сущности переходим от частных к.п.д. к получению более обобщенных показателей, лишаясь уже частных, не будучи в состоянии, с другой стороны, подняться на высшую стадию обобщения—к получению единого к.п.д. ТЭЦ. Мы, следовательно, останавливаемся на полпути, желая того или нет, становимся на точку зрения семантиков, объявляя общий к.п.д. лишенным смысла и содержания. Между тем, только такой к.п.д., связанный с частными к.п.д., может правильно отразить тенденцию развития тепловых станций, давая на каждом этапе определенное значение этого к.п.д. Полубожий же к.п.д. МЭС по выработке тепловой энергии, будучи изолирован от своих частных к.п.д. по отпуску тепла из отборов турбин и непосредственно из котлов, неточно отражает действительность, поскольку обезличивает по к.п.д. эти оба вида тепла. Так как расход топлива на выработку электроэнергии получается, как разность между общим расходом топлива на ТЭЦ и расходом его на тепловых абонентов, исчисленным, как указано, неточно, то естественно к.п.д. по выработке электроэнергии тоже неточно отражает действительный процесс на ТЭЦ, тем более, что, лишенный своих частных к.п.д., он обезличивает

электроэнергию, полученную конденсационным путем и на тепловом потреблении. В качестве корректива появляется тут у МЭС новый показатель в виде удельной выработки электроэнергии на тепловом потребле-

нии $W = \frac{N_m}{Q_{отб}}$, совершенно неоднородный по своей структуре с к.п.д.,

нарушающий стройность всей системы показателей, затрудняющий нормирование, непригодный для сравнения различных ТЭЦ между собою.

Точка зрения М. Н. Недлина и А. С. Горшкова лишена связи с диалектическим материализмом, как защищающая дуалистическую систему двух изолированных к.п.д. В ней нет широкого опосредствования действительности, нет связи целого и его частей.

Замечание М. Н. Недлина, что „проф. Бутаков И. Н. в статье поставил задачу вывести обобщенные выражения для к.п.д. энергетической системы, включающей ТЭЦ, КЭЦ, ГЭС и самостоятельные котельные“, и его недоумение“, как можно определять к.п.д. системы, состоящей из ТЭС, расходующих топливо, и ГЭС, расходующих энергию падения воды“, отпадают, поскольку проф. Бутаков вовсе не включал в систему ГЭС. Его статья носила название „Расход топлива в энергосистеме при включении тока гидростанций“. Как видно, это не одно и то же, о чем пишет М. Н. Недлин, который тут же неосновательно заявляет, что „основной вопрос, которым названа вся статья, самим автором оставлен без ответа, если не считать таких общеизвестных положений: чем больше выработка ГЭС, тем меньше расход топлива. Между тем моя статья установила изменение расхода топлива от энергетического коэффи-

циента $Z = \frac{Q_{выр} + Q_{кот}}{860(\mathcal{E} - \mathcal{E}_{гидр})}$, зависящего не только от выработки электро-

энергии ГЭС, но и от размеров теплового потребления, по закону гиперболы, положение которой на чертеже обусловлено к.п.д. входящих в систему тепловых агрегатов (качественные показатели). Эта важная зависимость установлена была впервые в литературе, и не заметить этого — значит поверхностно подойти к своим обязанностям критика.

Проф. Гохштейн Д. П. в своем докладе на совещании указывал, что отработанное тепло двигателя, изображенное на рис. 3 площадью 3'—3—

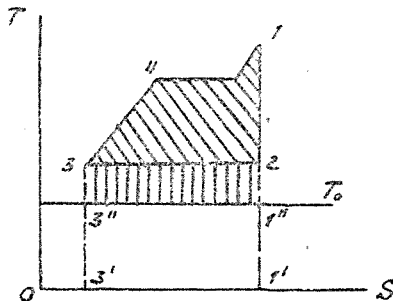


Рис. 3.

2—1'—3', идет, по И. Н. Бутакову, на тепловое потребление для полезного использования, подобно теплу, изображенному площадью 1—2—3—4—1. Это противоречит второму началу термодинамики: может быть полезно использована при температуре окружающей среды T_0 только часть

тепла, изображенная площадью $3''-3-2-1''-3''$, которая действительно равноценна 860 N. Часть же, изображенная площадью $3'-3''-1''-1'-3''$, непревратима ни в какие другие виды энергии: это балласт, играющий роль, в известной мере аналогичную золе топлива. В этом вот и заключается ошибка проф. Бутакова и его последователей.

Надо удивляться, как это проф. Гохштейн Д. П., будучи ученым термодинамиком, мог допустить здесь паралогизм, так как даже студентам, изучающим термодинамику впервые, объясняется, что площадь $3-2-1'-3'-3''$ изображает скрытую теплоту парообразования или величину, близкую к ней в случае нахождения точки 2 вне пограничной кривой, используемую тепловыми потребителями. Эта же площадь, с другой стороны, представляет, принципиально рассуждая, работу, которую могло бы совершить рабочее тело в интервале температур T_2 и $T_2=0$, т. е. она может считаться равноценною 860 N.

В предыдущем показаны образцы приемов научной критики со стороны научного работника к.т.н. А. С. Горшкова, инженера МЭС М. Н. Недлина и проф. Д. П. Гохштейна.

Товарищ Сталин (соч. т. 10, стр. 331) указывал: „И именно потому, что мы хотим двигаться вперед, мы должны поставить одной из своих важнейших задач честную и революционную самокритику. Без этого нет движения вперед. Без этого нет развития“.

Широкое применение софистических приемов в научной полемике нельзя, конечно, отнести к честной критике, как нельзя отнести к революционной критике отрыв ее от марксистско-ленинской теории.
