

УДК 621.311.22

**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ТОПЛИВОИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛЯХ**

*канд. техн. наук В.Е. ПИТОЛИН  
(Полоцкий государственный университет)*

*Рассматриваются важные для экономики любого государства вопросы формирования тарифов на тепло- и электроэнергию. Основой для формирования тарифов служат показатели топливоиспользования при выработке электроэнергии и отпуске тепла, так как стоимость топлива составляет основную долю затрат на их производство. Показано, что наиболее экономичным является комбинированное производство электроэнергии и тепла на теплоэлектроцентралях. Анализируется действующая методика распределения затрат топлива на производство электроэнергии и отпуск тепла от ТЭЦ, рассматриваются варианты ее совершенствования.*

Производство тепловой энергии на тепловых электростанциях позволяет экономить свыше 30 % топлива на выработку электроэнергии по сравнению с конденсационной выработкой, характеризующейся сбросом тепла конденсации рабочего тела в окружающую среду [1–3]. Но при этом расход топлива на отпуск тепла от теплоэлектроцентралей (ТЭЦ) формально оценивается так называемым «физическим» методом, то есть приравнивается количеству топлива с низшей теплотой сгорания, которое необходимо потратить с учетом усредненного КПД, присущего промышленным котельным, чтобы получить данное количество тепла [4]. Этот показатель топливоиспользования для ТЭЦ в среднем составляет 167 килограмм условного топлива на гигакалорию без учета физических параметров теплоносителя. Оставшаяся часть общей величины расхода топлива на ТЭЦ относится на выработку электроэнергии, что существенно (в 1,5...2 раза) улучшает его по сравнению с конденсационными электростанциями.

Такой подход к оценке топливоиспользования на ТЭЦ был принят в 60-х годах XX столетия [2] и для централизованной экономики того времени существенно упрощал взаиморасчеты между потребителями и производителями тепла, приводя котельные и ТЭЦ как источник теплоты в равные условия хозяйствования. Но при этом существовали достаточно строгие ограничения для потребителей на строительство собственных источников тепла в зоне теплофикации ТЭЦ.

В современных условиях такой метод расчета показателей топливоиспользования приводит к парадоксальным результатам: ТЭЦ как источники теплоты стали неконкурентоспособны. Ограничения сняты и потребители тепла в массовом порядке устанавливают свои теплоисточники (локальные и крышные котельные), обосновывая свои действия прежде всего низким КПД теплофикации.

Однако здесь, прежде всего, следует понимать, что каким бы высоким ни был КПД современного водогрейного котла, он *потребляет энергию* (горения топлива или электрическую), а теплофикационный источник ТЭЦ *возвращает энергию* конденсации отработавшего пара, которая в противном случае должна быть утилизирована. А утилизируемая теплота от ТЭЦ, в свою очередь, подлежит налогообложению, как и любой другой вид загрязнения окружающей среды.

Возникает вопрос, о каком сравнении КПД в таком случае идет речь. По нашему мнению, авторы анализируемого расчета таким образом пытаются объяснить тарифы на тепловую энергию от ТЭЦ, которые при определенных экономических условиях действительно могут стать выше затрат на топливо для локальных котельных, что недопустимо.

В настоящее время в энергетике ведется большая работа по совершенствованию методов расчета показателей топливоиспользования на ТЭЦ с целью повышения их конкурентоспособности.

Рассмотрим порядок комбинированного производства тепловой и электрической энергии. На рисунке 1 изображены упрощенные типовые тепловые схемы отдельного (а) и комбинированного (б) производства электрической и отпуски тепловой энергии. Обычно обращают внимание на тот факт, что конденсационная электростанция вынуждена сбрасывать тепло конденсации  $Q_k$  в окружающую среду, в то время как потребители тепла тратят дополнительное топливо на производство аналогичного количества тепловой энергии  $Q_T$ . Здесь следует отметить, что напрямую использовать низкопотенциальную теплоту конденсации для теплофикационных нужд не представляется возможным, так как отработанный пар на выходе из конденсационной турбины имеет температуру 30...50 °С, что в 2...3 раза ниже требуемой для теплофикации. Поэтому на ТЭЦ используется пар из промежуточных отборов турбины с большей температурой, что сопровождается некоторой недовыработкой электроэнергии, либо применяется турбина с противодавлением (без конденсатора).

На рисунке 1, б показана совмещенная (когенерационная) схема теплоэлектроцентрали с комбинированной выработкой электроэнергии и теплоты. Топливо  $B$ , поступающее в энергетический котел 1, расходуется на выработку пара высокого давления. Энергия пара преобразуется в паровой турбине 2 в механическую энергию и затем в электрическую  $W$ .

В соответствии с законами термодинамики часть тепла  $Q_k$  безвозвратно теряется в конденсаторе паровой турбины. Поэтому тепловой КПД такой станции обычно не превышает 40 %, а расход топлива на выработку электрической энергии существенно выше среднего. Например, для Лукомльской ГРЭС этот показатель равен  $b_{кэс} = 311$  г у.т./КВт·ч ([www.vitebsk.energo.by/about/filials/](http://www.vitebsk.energo.by/about/filials/)), в то время как средний по Беларуси  $b = 255$  г у.т./КВт·ч ([www.minenergo.gov.by/ru/statist/](http://www.minenergo.gov.by/ru/statist/)). Это тепло вполне можно использовать в системе теплофикации, если весь пар из паровой турбины направить в подогреватель сетевой воды, демонтировав последние ступени ротора турбины. Схема такого решения и показана на рисунке 1, б. Для обеспечения потребителей дополнительным теплом в моменты пиковой нагрузки в тепловую схему ТЭЦ обычно вводится редуцирующее охлаждающее устройство 12, предназначенное для снижения температуры и давления острого пара за счет впрыска питательной воды.

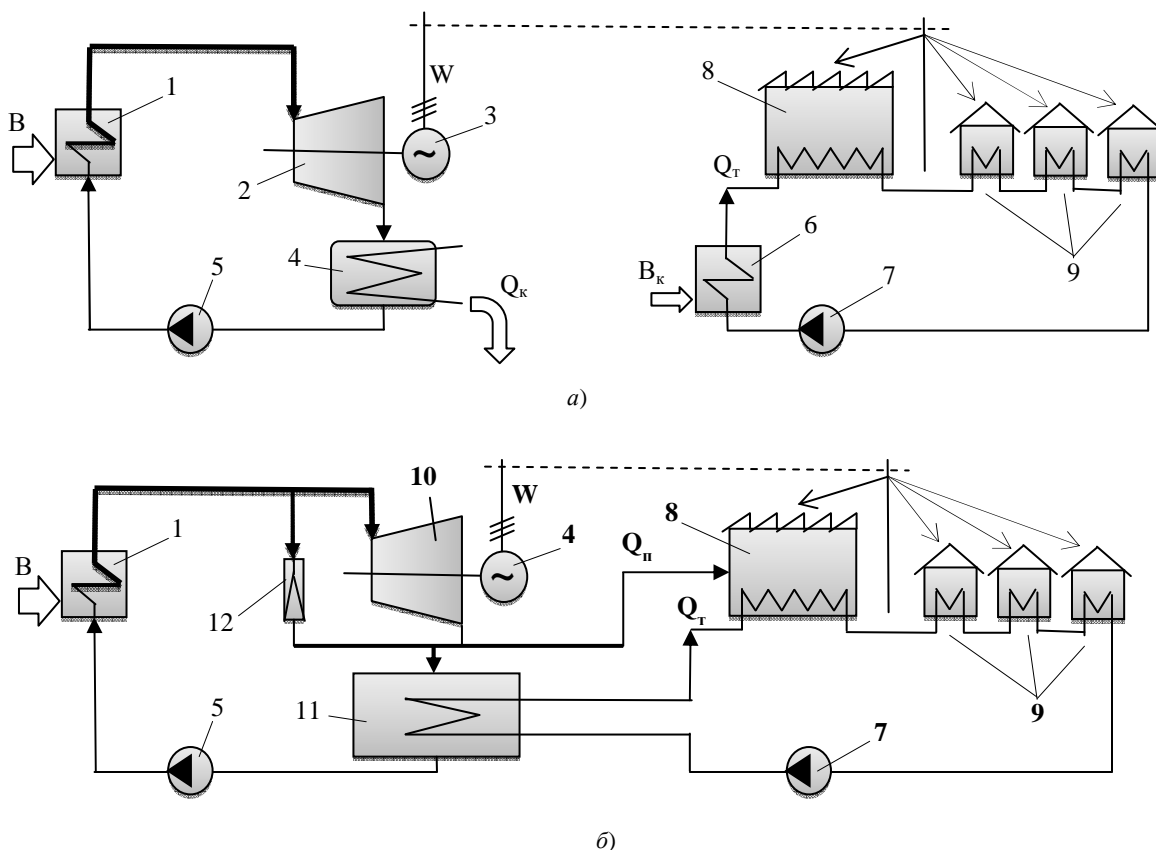


Рис. 1. Схема раздельного и комбинированного производства электроэнергии и тепла на ТЭЦ:  
 а – раздельная выработка электроэнергии на конденсационной ЭС и тепла в котельной;  
 б – комбинированная выработка электроэнергии и тепла на теплофикационной ТЭЦ;  
 1 – паровой энергетический котел; 2 – паровая турбина конденсационного типа К (например, К-300-240);  
 3 – электрогенератор; 4 – конденсатор паровой турбины, 5 – питательный насос;  
 6 – водогрейный отопительный котел; 7 – сетевой насос системы отопления;  
 8, 9 – промышленные и бытовые (население) потребители тепла и электроэнергии;  
 10 – теплофикационная паровая турбина с противодавлением типа Р (например, Р-50);  
 11 – подогреватель сетевой воды (ПСВ); 12 – редуцирующее охлаждающее устройство (РОУ)

На примере упрощенной схемы тепловой электростанции, приведенной на рисунке 1 б, рассмотрим действующую методику расчета показателей топливоиспользования на ТЭЦ [4], а также предлагаемые к использованию современные методы расчета тепловой экономичности работы оборудования тепловых электростанций. Расчет по методике [4] ведется за прошедший отчетный период (месяц или сутки). Сначала рассчитывается количество тепла, вносимое в топку котлов. Пренебрегая прочими источниками можно считать, что в топках при сгорании топлива образуется  $Q_{вн}$  гигакалорий теплоты:

$$Q_{вн} = \eta_k q_T V_T, \quad (1)$$

где  $\eta_k$  – КПД парового котла;  $V_T$  – суточный или месячный объем сожженного топлива (природного газа);  $q_T$  – низшая удельная теплота сгорания используемого топлива за отчетный период.

Затем определяется суммарный расход тепла на собственные нужды станции и возможные потери теплового потока по различным причинам.

Расчет потерь является формализованным и не зависит от паровой нагрузки котлов (только от суммарного времени  $\tau_k$  работы котлов за отчетный период):

$$Q_{\text{пот}} = \sum_i Q_i + Q_{\text{тп}}, \quad (2)$$

где  $Q_{\text{тп}} = 3,75 \cdot \tau_k$  – потери теплового потока.

Заметим, что потери теплового потока могут составлять до 75 % от всех остальных потерь.

Оставшееся тепло  $Q$  расходуется только на отпуск тепла с коллекторов ТЭЦ  $Q_{\text{тэц}}$  и электроэнергии с шин ТЭЦ  $W_{\text{тэц}}$ :

$$Q_{\text{пот}} = Q_{\text{тэц}} + Q_3 + Q_{\text{вн}} - Q_{\text{тп}}. \quad (3)$$

Ориентировочно определяется количество и доля тепла, которое расходуется только на выработку и отпуск электроэнергии с шин ТЭЦ:

$$Q_3 = Q - 1,034 \cdot Q_{\text{тэц}} + 0,7W_{\text{тфу}}, \quad (4)$$

$$k_3 = \frac{Q}{Q_3},$$

где  $Q_{\text{тэц}}$  – отпуск тепла от ТЭЦ с паром и сетевой водой по данным систем коммерческого учета;  $W_{\text{тфу}}$  – расход электроэнергии на теплофикационную установку (сетевые насосы).

По вычисленному долевному соотношению  $k_3$  выполняется распределение затрат электрической энергии на производство электроэнергии:

$$W_3 = k_3 W_{\text{кц}} + W_{\text{тп}} \quad (5)$$

и тепла:

$$W_{\text{т}} = (1 - k_3) W_{\text{кц}} + W_{\text{тфу}}, \quad (6)$$

Здесь  $W_{\text{кц}}$  – расход электроэнергии на циркуляционные, конденсатные, дренажные насосы и прочее электрооборудование турбинного цеха;  $W_{\text{тп}}$  – расход электроэнергии на питательные насосы, тягодутьевые вентиляторы и прочее оборудование котельного цеха.

Вычисляется расход условного топлива на отпуск тепла с коллекторов ТЭЦ в кг у.т./Гкал:

$$b_{\text{т}} = \frac{[(1 - k_3)Q_{\text{вн}} + q_{\text{экв}} \cdot W_Q] \cdot 1000}{Q_{\text{тэц}} \cdot 7} \quad (7)$$

и расход условного топлива на отпуск электроэнергии с шин ТЭЦ в г у.т./КВт·ч:

$$b_3 = \frac{(k_3 \cdot Q_{\text{вн}} + q_{\text{экв}} \cdot W_3) \cdot 1000}{q_{\text{экв}} \cdot W_{\text{тэц}} \cdot 7}, \quad (8)$$

где  $q_{\text{экв}}$  – физический эквивалент 1 МВт·ч, равный 0,86 Гкал/МВт·ч [3,6 ГДж/МВт·ч];  $W_{\text{тэц}}$  – отпуск электроэнергии с шин ТЭЦ по данным коммерческого учета (МВт·ч).

Основное преимущество данной методики – ее простота.

Выполнив расчет показателей топливоиспользования по этой методике для ТЭЦ, представленной на рисунке 1, б, получим:  $b_3 = 140 \dots 180$  г у.т./КВт·ч – удельные расходы условного топлива на отпуск электроэнергии от ТЭЦ;  $b_{\text{т}} = 167,3$  кг у.т./Гкал – удельный расход условного топлива на отпуск теплоты.

Методика [4] не предназначена для анализа режимов работы ТЭЦ. Так, например, если при неизменном отпуске электроэнергии с шин увеличить отпуск тепла за счет пропуска острого пара через РОУ 12 (см. рис. 1, б), то расход топлива тоже увеличится, но потери согласно формуле (2) при этом останутся неизменными. В то же время уменьшение коэффициента  $k_3$  (4), определяющего долю отнесения потерь на производство электроэнергии по формулам (7) и (8), приведет к снижению удельного расхода топлива на отпуск электроэнергии. Этот «эффект» будет увеличиваться при повышении реального КПД энергетических котлов. Более того, в связи с тем, что расчет потерь тепла на выработку тепла по методике зависит только от времени работы оборудования (но не от тепловой производительности), то для постоянных интервалов времени эта величина будет постоянной и расход топлива на выработку тепла будет зависеть только от затрат электроэнергии, а их доля составляет не более 3 %. Поэтому величина расхода топлива на отпуск тепла для ТЭЦ, рассчитанная по этой методике, составляет  $197 \pm 1,5$  кг у.т./Гкал и незначительно изменяется только от доли отпуска электроэнергии с шин (см., например, график по ссылке: [www.minenergo.gov.by/ru/statist](http://www.minenergo.gov.by/ru/statist)).

Таким образом, подтверждается заключение, что современные ТЭЦ (в том числе и комбинированные парогазовые ТЭЦ) как источники теплоты, приведены по показателю топливоиспользования на отпуск тепла к показателям обычной водогрейной котельной с КПД, равным 0,85...0,88 [4; 5]. Такой источник теплоты, расположенный, как правило, достаточно далеко от жилого сектора (что сопровождается дополнительными потерями в тепловых сетях) с позиций жилищно-коммунального хозяйства или иных потребителей тепла, действительно можно представить малоэффективным.

И если при централизованном планировании экономики СССР внедрение теплофикации позволило добиться значительных успехов в топливоиспользовании [1]: централизация теплоснабжения городского населения к 1990 году достигла 78 %, а уровень теплофикации ТЭЦ – 32 %, то после 1994 года в процессе перехода к рыночной экономике наметилась нежелательная тенденция отказа от теплофикации и строительства собственных источников теплоты, что явилось основной причиной повышения расхода топлива на выработку электроэнергии.

В научных кругах энергетиков и теплотехников ведется широкая дискуссия по затронутому вопросу. В некоторых странах использование методики [4] прекращено еще в 1995–1996 годах. Разработаны более совершенные методики (например, РД 34.08.552-95 в России и ГКД 34.09-103-96 в Украине), продолжается работа по их совершенствованию.

К настоящему времени разработано и применяется несколько вариантов более объективной оценки показателей топливоиспользования на ТЭЦ.

#### Вариант I

Определяется усовершенствованной методикой, разработанной СПО «ОРГРЭС» [6] с последующими дополнениями и уточнениями, принятой к использованию в России с 1995 года.

Здесь расход топлива на отпуск электроэнергии вычисляется по формуле:

$$B_3 = B_3 \cdot k_3, \quad (9)$$

где  $B$  – общий расход условного топлива;  $k_3$  – коэффициент (доля) расхода топлива на производство электроэнергии.

Этот коэффициент по своему содержанию аналогичен коэффициенту в формуле (4), но определяется не формально, а по результатам теплового расчета турбины:

$$b_3 = \frac{Q_3 + \Delta Q_{3(\text{отр})}}{Q_3 + \Delta Q_{3(\text{отр})} + Q_T}. \quad (10)$$

Здесь  $Q_3$  – расход теплоты на производство электроэнергии, рассчитываемый по формуле:

$$Q_3 = D_0 \cdot h_0 - (G_{\text{пв}} \cdot h_{\text{пв}} - Q_{\text{пвд}}) - Q_T, \quad (11)$$

где  $D_0$  – расход свежего пара, поступающего на турбину;  $h_0$  – энтальпия свежего пара перед турбиной;  $G_{\text{пв}}$  – расход питательной воды;  $h_{\text{пв}}$  – энтальпия питательной воды;  $Q_{\text{пвд}}$  – отпуск теплоты от турбины на подогреватель высокого давления;  $Q_T$  – отпуск теплоты из теплофикационных отборов;  $\Delta Q_{3(\text{отр})}$  – увеличение расхода теплоты на производство электроэнергии при отсутствии отпуска теплоты внешним потребителям из производственных отборов.

Величина дополнительного расхода теплоты определяется по нормативным характеристикам турбины для заданного режима с использованием формулы (12):

$$\Delta Q_{3(\text{отр})} = \sum_i Q_{\text{отб},i} (1 - \xi_i) + Q_{\text{ув}} (1 - \xi_{\text{ув}}) + (Q_{\text{конд}} - Q_{\text{ув}}), \quad (12)$$

где  $Q_{\text{отб},i}$  – количество тепла, отпущенное внешним потребителям из производственных отборов;  $Q_{\text{конд}}$  и  $Q_{\text{ув}}$  – то же от конденсатора и от конденсатора с ухудшенным вакуумом;  $\xi_i$  и  $\xi_{\text{ув}}$  – коэффициенты ценности теплоты, отпускаемой из каждого отбора и от конденсатора при работе с ухудшенным вакуумом.

Коэффициент ценности теплоты рассчитывается по формуле

$$\xi_i = \frac{h_{\text{отб},i} - h_{2k}}{h_0 - h_{2k}} \left( 1 + K \frac{h_0 - h_{\text{отб},i}}{h_0 - h_{2k}} \right). \quad (13)$$

Здесь  $h_0$  и  $h_{\text{отб},i}$  – энтальпии пара перед турбоагрегатом и в каждом из отборов;  $h_{2k}$  – энтальпия пара в конденсаторе при фактической электрической мощности генератора, но при условии его работы в конденсационном режиме;  $K$  – эмпирический коэффициент, зависящий от давления острого пара перед турбиной. При давлении 13 МПа его значения рекомендуется принимать равными  $K = 0,4$  [4].

Значения  $\xi_{ув}$  определяются по формуле (13) при этом вместо  $h_{отб,i}$  используется значение  $h_{ув}$  (энтальпия пара при ухудшенном вакууме в конденсаторе).

При таком подходе количество топлива, приходящегося на производство теплоты, составит

$$B_T = B - B_3. \quad (14)$$

Значения удельных расходов топлива на отпуск тепла и электроэнергии определяются по формулам, аналогичным (7) и (8).

Безусловно, такой подход является более сложным, требующим ввода в расчет нормативных энергетических характеристик турбоагрегатов. Вводится формальное понятие ценности теплоты. Показатели топливоиспользования стали более объективными, что для производителя теплоты, поставленного в конкурентные условия рынка, является важным условием.

Удельные расходы условного топлива на отпуск электроэнергии от ТЭЦ, рассчитанные по этому методу, возросли до  $b'_3 = 260$  г у.т./КВт·ч, а на отпуск теплоты уменьшились до  $b'_T = 143$  кг у.т./Гкал.

#### Вариант II

Более простой вариант, изложен в работах Е.Я. Соколова [3].

Для теплофикационной станции рассматривается вариант совмещенной выработки электроэнергии. Полагая, что часть электрической энергии вырабатывается в теплофикационных турбинах с использованием части потока пара, пропускаемого в конденсатор, то есть конденсационным методом, общую выработку электрической энергии в турбогенераторе можно условно представить состоящей как бы из двух параллельных потоков пара, характеризующихся двумя слагаемыми:

$$W_{ТЭЦ} = W_T + W_K, \quad (15)$$

где  $W_T$  – теплофикационная выработка электроэнергии;  $W_K$  – конденсационная выработка электроэнергии.

Электроэнергия вырабатывается по теплофикационному циклу с удельными расходами  $b_T$  (когда все тепло конденсации, ухудшения вакуума, отопительных и производственных отборов используется для теплофикации) и конденсационному циклу с удельными  $b_K$  (в объеме пропуска пара в конденсатор).

Тогда доля расхода топлива на выработку электроэнергии определится следующим уравнением:

$$B_3 = b_T W_T - b_K (W - W_T). \quad (16)$$

Здесь  $b_T = 0,165$  кг у.т./КВт·ч – удельный расход условного топлива для турбин Р-50 и ПТ-60 (65);

$b_K = 0,395$  кг у.т./КВт·ч – удельный расход условного топлива для турбин ПТ-60.

Величина выработки электроэнергии по теплофикационному циклу определится как сумма выработки по отпуску тепла из отопительного и производственных отборов пара по нормативным характеристикам турбины:

$$W_T = \sum_i W_{ПТ-60,i} (Q_i) + W_{P-50} (Q_{P-50}). \quad (17)$$

Количество топлива, приходящегося на производство теплоты, определится по уравнению (14).

Такой вариант расчета существенно проще предыдущего варианта, но поскольку величина удельного расхода топлива на теплофикационную выработку электроэнергии  $b_T$  оценивается без учета качества тепловой энергии, то показатель расхода топлива на отпуск тепла имеет большую погрешность расчета и может существенно отличаться от величины  $b'_T = 143$  кг у.т./Гкал в сторону уменьшения показателя.

#### Вариант III

Данный вариант расчета показателей топливоиспользования на ТЭЦ предложен А.Э. Пииром и В.Б. Кунтышем [7].

Вариант основан на понятии эксергии [2] и предлагает относить к затратам топлива на отпуск тепла только ту его часть, которая определяется «недовыработкой» электроэнергии в теплофикационном цикле ТЭЦ. Для чего весь тепловой цикл работы электростанции разделяется на два: верхний, в котором выполняется выработка электроэнергии, и нижний – низкопотенциальный цикл, характеризующийся остатком невыполненной работы (эксергии), трансформирующейся в теплоту, отпускаемую потребителю.

Выполненный расчет показателей топливоиспользования на ТЭЦ по этому методу дает следующие значения:  $b_3^{III} = 291$  г у.т./КВт·ч и  $b_T^{III} = 106$  кг у.т./Гкал.

#### Вариант IV

Этот вариант (или метод Вагнера [2]) часто называют «Европейским» (или «Американским») [8], так как он применяется только в странах ЕС и США.

Метод предусматривает равенство затрат топлива на электроэнергию, производимую по теплофикационному и конденсационному циклу. Базовая величина удельного расхода топлива на выработку электроэнергии вне зависимости от способа выработки для стран ЕС устанавливается Международным

энергетическим агентством (МЭА), а для США – Федеральной энергетической комиссией (ФЭРК), и в настоящее время составляет  $b_3 = 240$  г у.т./КВт·ч.

Оставшаяся экономия топлива при отпуске теплоты, если ТЭЦ удастся найти ее потребителя, остается в его распоряжении, что способствует снижению стоимости отпускаемой теплоты. В противном случае ТЭЦ может нести убытки из-за неэффективного использования топлива.

Такой метод расчета не несет существенного физического смысла и применяется только для экономических расчетов между сторонами.

Если в нашем случае за базовую величину расхода топлива на отпуск электроэнергии с шин принять определенную «эквивалентной ГРЭС», а именно равную  $320$  г у.т./КВт·ч, то удельный расход топлива на отпуск тепла для данной ТЭЦ сокращается в  $3,7$  раза – с  $b_T^I = 143$  до  $b_T^{IV} = 39$  кг у.т./Гкал.

Для обобщения всех вариантов представим процесс расхода топлива при комбинированной выработке электроэнергии и отпуска тепла на ТЭЦ в виде уравнения

$$b_3^I \cdot W + b_T^I \cdot Q = B. \quad (18)$$

Преобразуем уравнение (18) в безразмерное выражение для прямой в отрезках:

$$\frac{b_3^I}{B/W} + \frac{b_T^I}{Q/W} = 1. \quad (19)$$

Построим график (рис. 2), на котором покажем значения удельных параметров топливоиспользования на ТЭЦ при постоянной величине расхода топлива за определенный период и соответствующем этому периоду отпуске электроэнергии и теплоты.

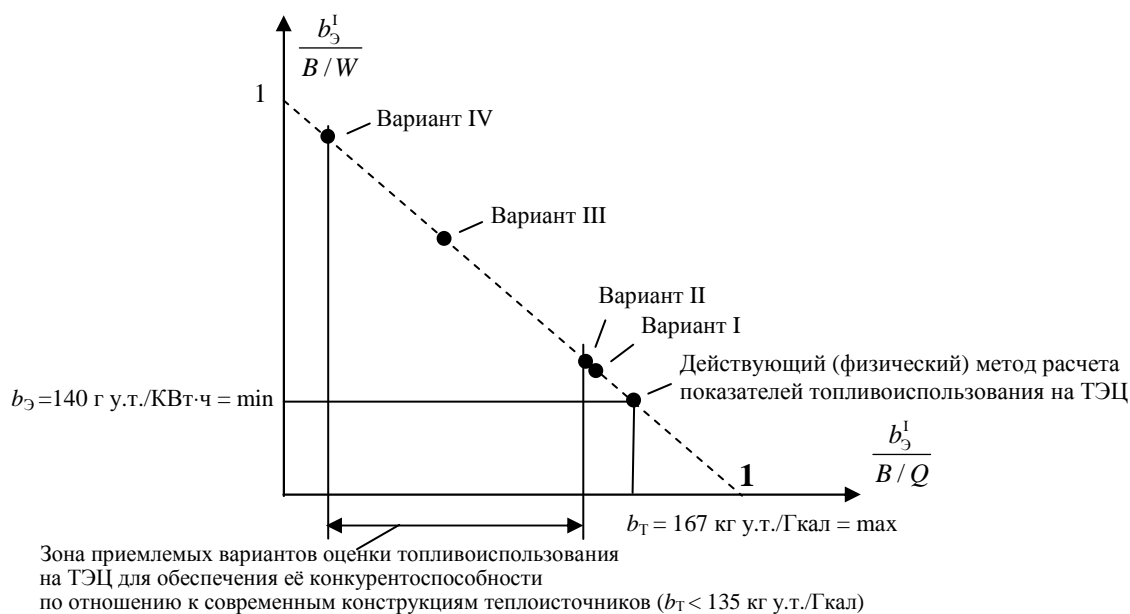


Рис. 2. Схема распределения значений показателей топливоиспользования на ТЭЦ для различных вариантов расчета при заданном режиме эксплуатации

На графике наглядно представлены все рассмотренные варианты расчета показателей топливоиспользования на ТЭЦ. Они существенно отличаются от действующего (физического) метода оценки, разработанного прежде всего для котельных, который можно рассматривать в качестве предельного для оценки отпуска теплоты от ТЭЦ по остальным вариантам. Это объясняется стремлением авторов в той или иной степени увязать показатели экономичности работы ТЭЦ с реальным физическим процессом преобразования тепловой энергии сгорания топлива в механическую работу, принципиально отличающимся от процесса диссипации теплоты в системах отопления с использованием обычных котельных.

В завершение следует отметить, что «физический» метод, используемый в настоящее время для оценки топливоиспользования на ТЭЦ [4], при формировании тарифов на тепло- и электроэнергию дополняется так называемым «экономическим» методом (подобным варианту IV), который позволяет частично компенсировать «низкоэкономичную» выработку тепловой энергии на ТЭЦ и обоснованно снижать тарифы на теплоту, получаемую за счет теплофикации.

При этом расход топлива на отпуск тепла оценивается «экономическим» методом по формуле

$$b_1^{\text{эк}} = b_1^{\text{физ}} - \frac{W_{\text{тэц}} b_3^{\text{кэс}} - b_2}{q_{\text{тэц}}}. \quad (20)$$

Здесь  $b_3^{\text{кэс}} = 320$  г у.т./КВт·ч – расход топлива на отпуск электроэнергии от эквивалентной ГРЭС;  $b_1^{\text{физ}}$  – расход условного топлива на отпуск тепла от ТЭЦ, рассчитанный по формуле (7).

Но расчет «экономической компенсации» ущерба от применения «физического» метода носит вспомогательный характер и в дальнейшем дополняется другими экономическими показателями (стоимость расходных материалов и запчастей, амортизация основных фондов, фонд зарплаты, капитальное строительство и т.п.), поэтому использовать его для сравнения с другими методами производства теплоты не представляется возможным. Потребителям гораздо удобнее сравнивать тарифы на отпуск тепла, а они сейчас, как правило, не в пользу ТЭЦ.

**Заключение.** Действующие в настоящее время методические указания расчета тепловой экономичности работы ТЭЦ по «физическому» методу [4] дают формально завышенный расход топлива на производство тепловой энергии, что не позволяет ей успешно конкурировать с собственными теплоисточниками потребителей тепла, отказывающихся от централизованного теплоснабжения из-за высоких тарифов на тепло. Уменьшение объемов централизованного теплоснабжения, в свою очередь, приводит к снижению выработки электроэнергии на ТЭЦ по экономичному (тепловому) графику и передаче электрической нагрузки на ГРЭС, обладающей более высокими энергозатратами на производство электрической энергии, и следовательно к повышению затрат топлива на производство электрической энергии.

Внедрение одного из четырех рассмотренных вариантов расчета показателей топливоиспользования при комбинированной выработке тепла и электроэнергии на ТЭЦ (предпочтительным является вариант III – эксергетический) позволит более объективно подходить к формированию тарифов на теплофикационные источники тепла, что обеспечит условия для поддержания и дальнейшего развития теплофикации в Республике Беларусь.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Трухний, А.Д. Основы современной энергетики: курс лекций для менеджеров энергетических компаний: в двух ч. / А.Д. Трухний, А.А. Макаров, В.В. Клименко; под общ. ред. акад. РАН Е.В. Амелистова. – М.: Изд-во МЭИ, 2002. – Ч. 1. Современная теплоэнергетика. – 368 с.
2. Шаргут, Я. Эксергия / Я. Шаргут, Р. Петела. – М.: Энергия, 1968. – 279 с.
3. Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник / Е.Я. Соколов. – М.: Изд-во МЭИ, 2001. – 472 с.
4. Методические указания по подготовке и передаче информации о тепловой экономичности работы электростанций и энергосистем: МУ 34-70-065-84. – М.: СПО «Союзтехэнерго», 1984. – 34 с.
5. Качан, С.А. Определение показателей топливоиспользования теплофикационных парогазовых установок утилизационного типа / С.А. Качан // Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. Энергетика. – 2010. – № 6. – С. 84–90.
6. Методические указания по составлению отчета электростанции и акционерного общества энергетики и электрификации о тепловой экономичности оборудования: РД 34.08.552-95. – М.: СПО ОРГРЭС, 1995. – 34 с.
7. Пиир, А.Э. Методика расчета тепловой эффективности ТЭЦ с различными тепловыми двигателями / А.Э. Пиир, В.Б. Кунтыш, А.Ю. Верещагин // Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. Энергетика. – 2013. – № 1. – С. 60–64.
8. Корнеев, А.В. Государственное регулирование в энергетике США / А.В. Корнеев. – М.: Наука, 2004. – 156 с.

Поступила 29.12.2014

#### THE ANALYSIS OF MODERN METHODS CALCULATION OF INDICATORS USE OF FUEL ON THERMAL POWER STATION

V. PITOLIN

*Questions of formation tariffs for heat and electric energy are important for economy of any state. As a basis for formation of tariffs indicators use fuel serve at development of electric energy and heat holiday, as. Fuel cost makes the basic share of expenses for their manufacture. The combined manufacture of electric energy and heat on thermal power stations is the most economic. But in market conditions high tariffs for thermal energy can lead to refusal consumers of services the state power enterprises and building own thermal sources that causes increase in fuel consumption at manufacture of electric energy. In the present article the operating technique of distribution expenses fuel on manufacture of electric energy and holiday of heat from thermal power station is analyzed, variants of its perfection are considered.*