



**Александр Богданов**  
главный технолог ЗАО «Е-4СибКОТЭС»

# Принципы организации рыночной энергетики России

Значительные проблемы, с которыми мы сталкиваемся, не могут быть решены на том уровне мышления, который их породил.

*Альберт Эйнштейн*

**В** опубликованных ранее статьях мы ознакомились с 39 видами тепловой, электрической и комбинированной энергии и мощности, которые ТЭЦ может представить на конкурентный рынок, изучили 10 видов перекрестного субсидирования и выяснили природу возникновения так называемого «политического субсидирования» потребителей электрической энергии за счет потребителей тепловой. Продолжая исследовать коренные причины «котельнизации», в данном материале предлагается рассмотреть пять принципов анализа затрат в энергетике, нарушение которых в конечном итоге приводит к глубочайшему кризису — технологическому и социальному перекрестному субсидированию в российской энергетике.

## **Классики о необходимости анализа предельных издержек**

Каждый грамотный менеджер, собственник, политик в энергетике мечтает иметь реальную картину по формированию издержек на создание того или иного продукта. На основе этой информации можно принимать эффективные решения, реально управлять затратами, выявлять центры прибыли и убытков, определять объемы перекрестного субсидирования одного вида продуктов за счет другого. Именно знание сути формирования издержек является той точкой опоры, с помощью которой можно рассчитывать на успех в конкурентной борьбе. Современные школы менеджеров и институты повышения квалификации рассматривают многочисленные способы определения маргинальных издержек на производство того или иного продукта. Все они

правильно работают в относительно простых циклах с небольшим количеством продуктов, где затраты можно разнести по явному технологическому признаку. Однако в условиях производства разных видов энергетических продуктов, таких как *энергия* и *мощность* на ГРЭС и котельных, *электроэнергия* и *тепло* при теплофикации, *тепло*, *холод* и *электроэнергия* при тригенерации, *электроэнергия* и *сажа* на заводе технического углерода, *тепловая энергия* и различные виды *нефтепродуктов* на нефтезаводах, все обстоит гораздо сложнее. Для расчета маргинальных издержек — увеличения затрат на прирост дополнительной единицы энергетической продукции — необходимо глубоко понимать экономику и технологию комбинированного производства, транспорта и потребления энергетической продукции.

## Экономическая справка

За сутки до инаугурации нового Президента России Д. А. Медведева, 6 мая 2008 г., уходящее Правительство Российской Федерации в последний день своей работы рассмотрело вопрос о поэтапном росте цен на электроэнергию в 2,3 раза, в том числе: в 2008 г. — на 15%, в 2009 г. — на 25%, в 2010 г. — на 25%, в 2011 г. — на 25%. При этом доля свободного рынка отпуска электроэнергии должна подняться с 22% в 2008 г. до 77,5% в 2011 г.

В условиях государственной плановой экономики все было предельно легко, все усреднялось как по ви-

дам энергии, так и по регионам. Кто-то наверху один раз и навсегда спустил директиву, избавив нижестоящих чиновников от необходимости думать и принимать решения. Раньше энергетики, как правило, квалифицированно калькулировали только два вида продукции — тепловую и электрическую энергию, однако с появлением рыночных отношений их должно было стать не менее 39-ти (см. ЭР № 4, 5, 2007 г.). Именно незнание и неумение формировать статьи издержек, адекватно отвечающих технологии выработки тепловой и электрической энергии в условиях рынка, отсутствие квалифицированного регулирования энергетического производства и реальной конкуренции в конечном итоге приводит

к утрате 40% энергосберегающего эффекта на ГРЭС и ТЭЦ, что соответствует 75% потери топлива от расхода на каждой котельной России.

### Модель обеспечения потребителей энергетическим товаром от ТЭЦ

#### Основные и вспомогательные виды энергетического товара

В отличие от принятого сегодня в электроэнергетике нормативного анализа, основанного на производстве двух видов энергетического товара — тепловой и электрической энергии и мощности, все многообразие конкретной экономической оценки затрат на топливо при потреблении тепловой и

«...Для правильного решения социальных вопросов недостаточно одного знакомства с политическими учениями, но... нужно еще уметь правильно читать в книге природы...»

Н. А. Умов, 1906 г.

## Выдержки из книги Е. И. Янтовского «Потоки энергии и эксергии»<sup>1</sup> (стр. 4—5)

«...Научно-технический прогресс в энергетике многолик: электроэнергию и теплоту можно получать из различных источников — как традиционных, так и новых. Потребителю безразлично, откуда энергия берется. Небезразлично это лишь для страны в целом, поскольку ее энергетический комплекс потребляет уже около половины всех капиталовложений в промышленность, и идти за энергией приходится все дальше на восток и на север.

В современных условиях особую важность приобретает правильный выбор источников энергии в конкретном месте и в конкретное время. Где и как строить атомные электростанции, гидроэлектростанции или тепловые электростанции на угле? Обеспечивать теплоснабжение от котельных, теплоэлектроцентралей или теплонасосных станций? Какую проводить реконструкцию электростанции?..

Каков же критерий выбора лучшего варианта энергоснабжения? Сегодня он однозначен — приведенные денежные затраты на получение электроэнергии или теплоты. ...Минимум приведенных денежных затрат и есть тот компас, который сейчас указывает путь развития энергетики.

Однако этот компас ненадежен. Его стрелка лихорадочно дрожит от конъюнктурных случайностей или споров о ценах. Типичный пример — толщина стен наших зданий и их теплозащитные свойства. При заниженной цене на теплоту для отопления толщина стен по расчетам на минимум приведенных затрат получается невысокой, поэтому в нашей стране, и в частности в Москве, появились здания с тонкими стенами и обилием стекла. Исчислась экономия строительных

материалов, выплачивались премии. Однако это иллюзорная экономия — она многократно перекрывалась перерасходом на добычу и доставку топлива и строительство тепловых источников. Недаром в странах со сходными с нашими климатическими условиями нормативы на толщину стен много выше. Так, погрешность единственного критерия — «приведенных затрат» — обусловила очевидное неверное техническое решение в строительстве.

Другой пример — реконструкции действующих энергетических предприятий, которые нужно обосновывать экономически. Какие цены на топливо здесь применять? Тарифы, по которым делают расчеты сами предприятия, или «замыкающие затраты», которые в ходу у проектных организаций? Различаются они не на несколько процентов, а в 3—4 раза. (Обращая внимание читателя, что и в моих расчетах — см. таблицу и рисунок 2 — подтверждаются отличия в 3—4 раза. — Прим. автора.) Почти такое же различие будет и в приведенных затратах. Стрелка компаса не просто дрожит, а колеблется с большим размахом. Защитники только денежных критериев обычно говорят: если цены назначены правильно, то и решения будут правильными. Но ведь в этом и весь вопрос: есть ли сейчас возможность исключить ошибки в ценах, особенно в современных условиях, когда радикально меняется хозяйственный механизм страны?

Поэтому, естественно, возник и уже довольно давно обсуждается вопрос, могут ли денежные затраты быть единственным критерием в энергетике. А если нет, то чем их дополнить? Ведь неверный выбор критерия для энергетических объектов, строительство которых

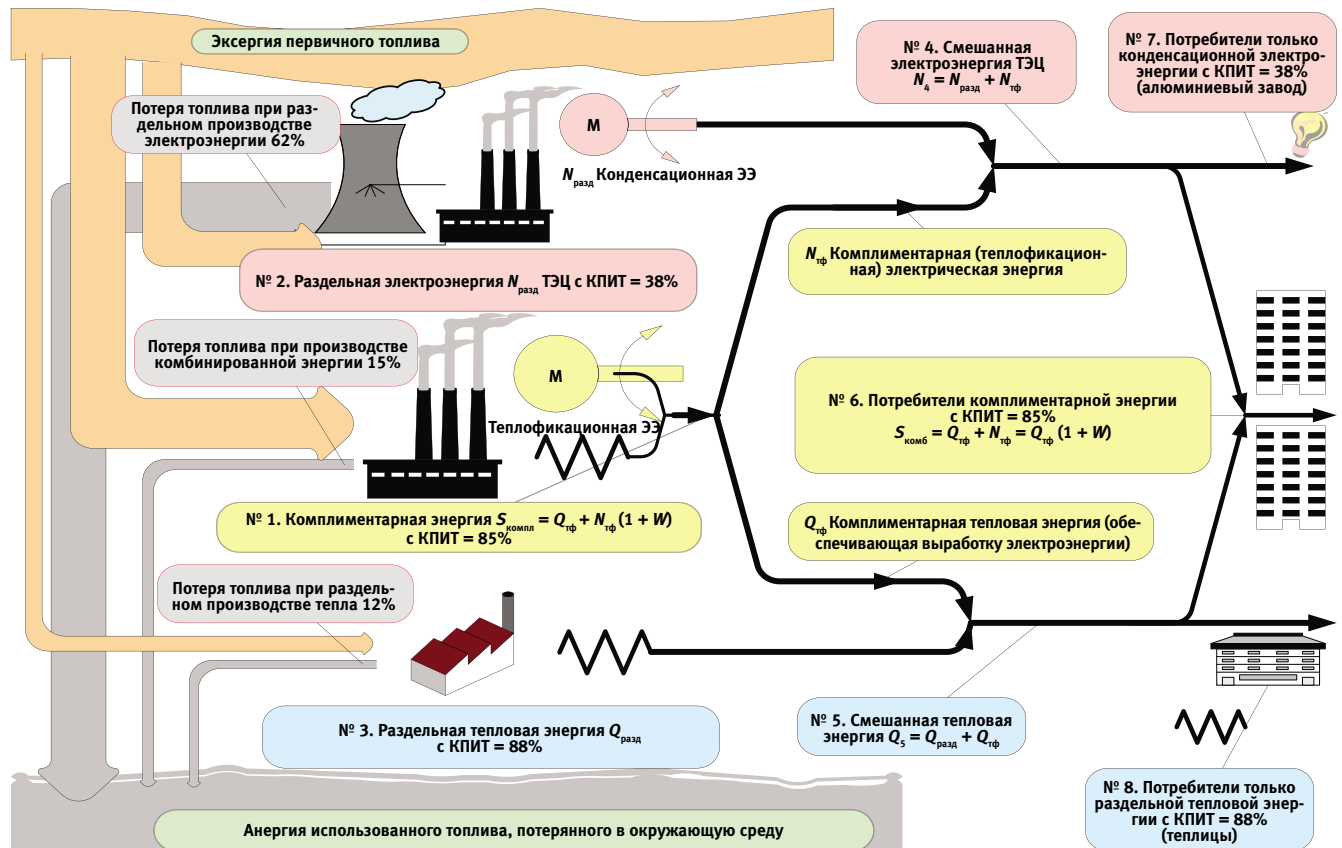
требует колоссальных затрат, может привести к тому, что энергетический комплекс будет потреблять все больше энергии на себя. Денежные расчеты без дополнительных критериев в принципе не могут предотвратить этого.

Здесь на помощь экономике и энергетике должна прийти физика. Ее законы достаточно стабильны и неподвластны конъюнктурным случайностям. Один из методов выбора вариантов в энергетике по физическому критерию эффективности получил название «энергия-нетто». Определяется минимум не денежных затрат, а затрат энергии на единицу выданной электроэнергии или теплоты. Для этого надо рассчитать все энергетические затраты. Не только текущие, скажем, подачу угля на электростанцию, но и прошлые — затраты на строительство самой электростанции, ее оборудование, создание материалов (начиная от добычи руды в недрах), сооружение самой шахты, железной дороги и электропровода.

Если на минимум затрат энергии планировать весь энергетический комплекс, то планирование по другим критериям (в том числе и на минимум денежных затрат) приведет к огромному перерасходу энергии. Оправдан ли этот перерасход энергии экономией в деньгах, которая ему соответствует? Не лучше ли принимать промежуточные решения, допуская одновременно и уменьшенный перерасход энергии, и некоторый перерасход денежных средств? Ведь экономия денежных средств за счет перерасхода энергии в текущем пятилетии обернется в следующей пятилетке и перерасходом капиталовложений на добычу истощающихся энергоресурсов...»

<sup>1</sup> Янтовский Е. И. Потоки энергии и эксергии. Москва: Наука, 1988. 144 с., ил. — Серия «Наука и технический прогресс».

Рис. 1. Экономическая модель производства и потребления комплиментарной энергии ТЭЦ



электрической энергии можно свести к анализу производства и потребления трех основных и двух вспомогательных видов энергии и мощности (рис. 1).

Основные (первичные) виды мощности и энергии, подлежащие анализу и нормированию

**1** *Комплиментарная (комбинированная) энергия ( $S_{\text{компл}}$ ) с долей электроэнергии ( $D_{\text{эз}}$ )* — это энергия, производимая турбоагрегатом в чисто теплофикационном режиме работы без сброса тепла в окружающую среду (ЭР № 1, 6). По своему значению она состоит из двух взаимодополняемых, комплиментарных, видов энергии и равна сумме теплофикационной электрической и теплофикационной тепловой энергии:  $S = N_{\text{тф}} + Q_{\text{тф}}$ . Основным признаком комплиментарной энергии является максимально высокая экономичность ее производства, составляю-

щая до 78—84% нетто практически для всех способов комбинированного производства энергии на ТЭЦ. Доля производства электроэнергии  $D_{\text{эз}}$  однозначно определяется удельной выработкой электроэнергии на тепловом потреблении —  $W$  (МВт/Гкал). Чем выше доля  $D_{\text{эз}}$  в комплиментарной энергии, тем больше высокоэкономичной электроэнергии поставляется на конкурентный рынок.

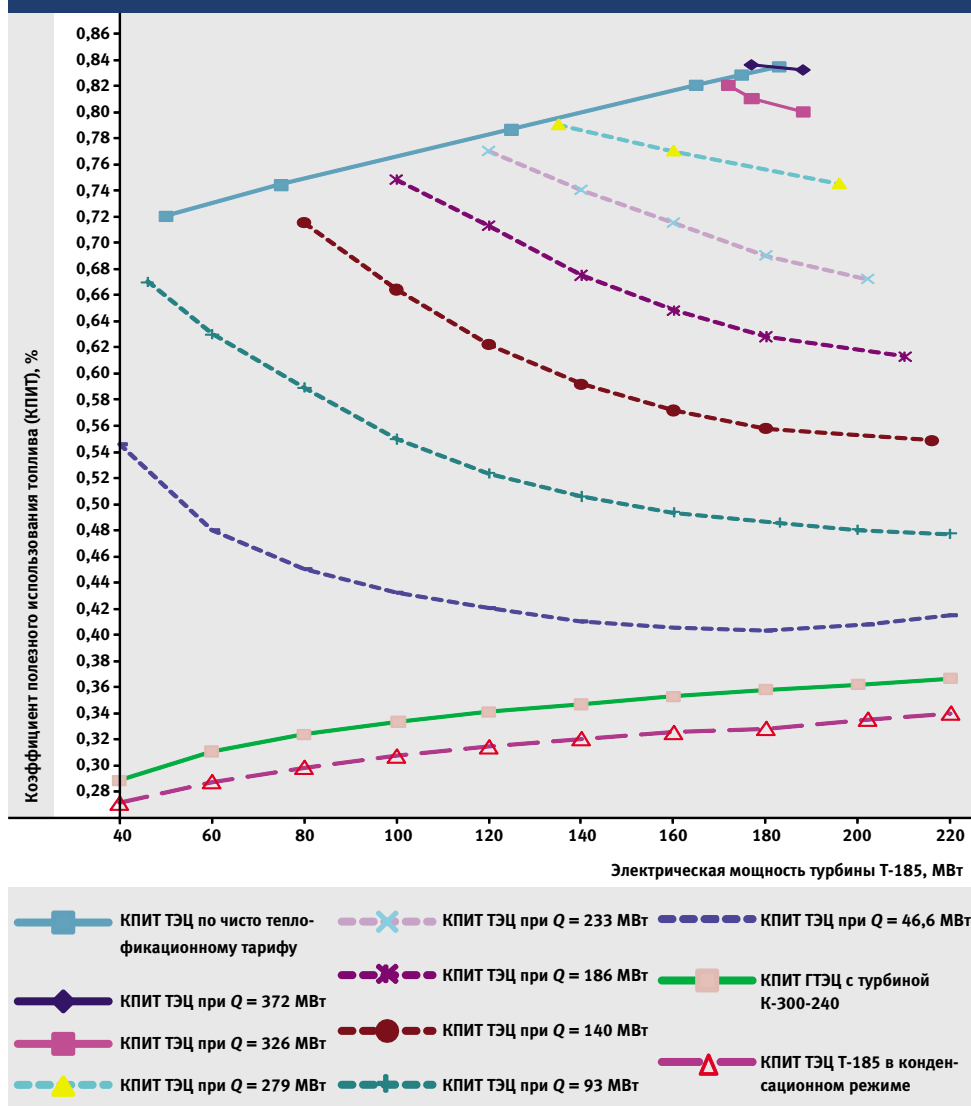
Выработка на тепловом потреблении существенно изменяется от принятого уровня технических решений. Так, для мини-ТЭЦ  $W = 0,05—0,1$  МВт/Гкал, для современных ТЭЦ высокого давления  $W = 0,4—0,7$  МВт/Гкал, для самых современных парогазовых установок она достигает значения 1,3—1,9 МВт/Гкал. Вопросам определения выработки на тепловом потреблении посвящена статья в журнале «Новости Теплоэнергетики», № 8, за 2007 г.

Внедрение в практику технико-экономических расчетов комплиментарной энергии как самостоятельного, легко и однозначно нормируемого вида энергетического товара с использованием существующей нормативной базы по теплофикационным турбинам позволяет выявить и устранить объемы скрытого перекрестного субсидирования в теплоэнергетике.

Чтобы не путать комплиментарную (комбинированную) энергию с традиционными видами энергии, будем обозначать ее буквой  $S$ . За единицу измерения комплиментарной мощности можно принять как традиционную для России тепловую единицу Гкал/ч, так и международную МВт.

**2** *Раздельная (конденсационная) электрическая энергия, произведенная со сбросом тепла в окружающую среду —  $N_{\text{разд}}$*  (ЭР № 2, 7).

Рис. 2. Эффективность производства электрической энергии на теплофикационной и конденсационной турбинах



Основной характеристикой отдельной (конденсационной) электроэнергии является небольшой коэффициент полезного использования топлива (КПИТ) при ее производстве. Так, для ТЭС низкого давления КПИТ составляет не более 15—20%, для ТЭС среднего и высокого класса — не выше 37—38%, для самых современных ГРЭС на сверхкритических параметрах пара — не более 41—43%. И только для самых современных парогазовых установок, сжигающих дорогой природный газ, дизельное топливо с температурами цикла до 1100—1200 °С, работающих по чи-

сто конденсационному способу производства, КПИТ поднимается до 53—56%. Именно при производстве конденсационной энергии основная часть топлива на уровне 44—80% в виде безвозвратных потерь выбрасывается в окружающую среду.

**3** *Раздельная тепловая энергия*, не участвующая в производстве электроэнергии, —  $Q_{разд}$  (ЭР № 3, 8). Это тепло, полученное от непосредственного сжигания топлива в паровых и водогрейных котлах. Несмотря на довольно высокий коэффициент полезного использования топлива — 78—84% нетто, именно сжигание

топлива в котлах без производства электроэнергии в условиях российской климата является источником нерациональных потерь топлива в виде потери эксергии. Имея большой потенциал топлива для производства высококачественной механической (электрической) энергии, именно в котельных установках России, предназначенных только для низкотемпературного отопления без выработки электроэнергии, бездарно теряется 75—80% сожженного топлива!

*Вспомогательные (вторичные) виды мощности и энергии, не подлежащие анализу и нормированию*

Вспомогательные (вторичные) виды мощности и энергии — это обычное для нашей повседневной практики смешанное сочетание основных (первичных) видов мощности и энергии.

**4** *Смешанная электрическая энергия* — это энергия, отпускаемая с шин электростанции в электрическую систему, которая равна сумме раздельной электрической и комбинированной электрической энергии:

$$N_4 = N_{разд} + N_{тф}$$

**5** *Смешанная тепловая энергия* — это энергия, отпускаемая с коллекторов электростанции в тепловую систему, которая равна сумме раздельной тепловой и комбинированной тепловой энергии:

$$Q_5 = Q_{разд} + Q_{тф}$$

Расчет технико-экономических и коммерческих показателей *вспомогательных (вторичных) видов мощности и энергии не нормируется*, а определяется как арифметическая сумма бесконечного множества сочетаний нормируемых составляющих *первичных (основных) видов энергии и мощности по раздельному и комбинированному способу производства и потребления*.

**Удивительное рядом: не энерго-, а топливосбережение!**

Первичная энергия — это энергия (эксергия) первичного источника энергии (эксергии) в виде топлива на ТЭС, энергии водяного потока

на ГЭС, энергии ядерного топлива на АЭС, которая поступает из природного источника и преобразуется в электрическую, тепловую энергию. В теплоэнергетике она измеряется количеством условного топлива — г у. т., кг у. т., т у. т. Вторичная энергия — это электрическая, тепловая энергия, получаемая на источнике, транспортируемая по тепловым и электрическим сетям и поступающая для непосредственного использования конечным потребителем. Она измеряется в кВт·ч, Гкал и т. д.

В подавляющем большинстве случаев экономические расчеты производителей производства и потребления энергии осуществляются именно через вторичные показатели — через расход энергии, необходимой для конечного потребления. Однако в сложных теплоэнергетических циклах, состоящих из разнохарактерных видов производства и потребления энергии, где применяются комбинированные системы — теплофикация, тригенерация, производство холода, проведение расчетов только через энергию с использованием теоретического эквивалента топлива приводит к *недоверным результатам*. Искажения достигают 3—5 кратного значения от фактических расходов энергии топлива (см. *выдержки из книги Е. И. Янковского*). Удивительные вещи, подтверждающие несовершенство расчетов только с помощью показателей вторичной энергии в сложных теплоэнергетических системах, можно обнаружить при анализе прироста расхода топлива на прирост расхода тепловой энергии от теплофикационных турбин ТЭЦ (ЭР № 10—11, 2006 г.). Доказать это можно на примере сравнительной оценки потребности в топливе для теплицы. Если в теплицу подавать тепло от котельной, то при отпуске равного количества тепловой энергии в 1 Гкал потребность в топливе составит 163 кг у. т. Если же теплицу разместить рядом с ГРЭС или ТЭЦ, вырабатывающей электроэнергию по конденсационному циклу, то для отпуска тепла с температурой воды 33 °С вообще не потре-

### Расход топлива на тепло от ТЭЦ в зависимости от температуры пара или сетевой воды

Прирост топлива на прирост тепла  $\Delta B/\Delta Q$  [кг у. т./Гкал]

для котельных

~163 кг/Гкал  
вне зависимости  
от температуры

для теплофикационных турбин ТЭЦ

при температуре пара  $t = 300$  °С ~ 120,0 кг/Гкал (или 74%)  
 $t = 200$  °С ~ 100,0 (или 61%)  
при температуре сетевой воды  $t = 100$  °С ~ 50,0 (или 31%)  
 $t = 60$  °С ~ 30,0 (или 18%)  
 $t = 33$  °С ~ 0,0 (или 0%)

буется дополнительного расхода топлива (см. таблицу)! Именно по этой причине во времена Госплана теплицы строили рядом с ГРЭС и ТЭЦ, работающей по конденсационному циклу, и именно поэтому тарифы на тепло были в два раза ниже.

Это подтверждают и данные рисунка 2: эффективность производства электроэнергии на теплофикационной турбине Т-185 в 2,5—2,8 раза выше, чем на конденсационной К-300-240.

Казалось бы, монополистам энергетикам надо вовсе бороться за такого выгодного потребителя, как теплицы. Но незнание сути раздельного и комбинированного способов производства энергии, непонимание разницы между первичными и вторичными показателями побуждает регулирующие и надзорные органы в энергетике принимать слепые и механические решения. Для иллюстрации формального исполнения вышестоящих указаний приведем случай из практики региональной энергетической комиссии (РЭК) Омской области. Осуществляя «энергосберегающее» мероприятие, направленное на снижение масштабов перекрестного субсидирования, РЭК Омской области четыре года назад приняла решение об отмене 50% дотаций на тепловую энергию как теплично-парниковому комбинату (ТПК), получающему тепло от котельной ТЭЦ-2, так и теплице ЗАО «Овощевод», тепло в которую поступает от теплофикационных отборов турбин ТЭЦ-4. При этом работники РЭК не учитывали того, что технология производства тепла у обеих ТЭЦ абсолютно разная! То, что было оправданно для котельной ТЭЦ-2, совершенно

не подходило для теплофикационных отборов турбин ТЭЦ-4. В результате таких «энергосберегающих» решений регулирующего органа, якобы защищающего интересы потребителей, теплица ЗАО «Овощевод» с годовым потреблением тепла 200—300 тыс. Гкал вынуждена была отключиться от ТЭЦ-4. При этом Омская ТЭЦ-4 потеряла выработку на тепловом потреблении до 37 МВт и вынужденно заменила ее производство энергией, произведенной по конденсационному циклу. В итоге для обеспечения жителей поселка теплом построили собственную котельную с котлами фирмы «Октан». Теплотрасса от ТЭЦ-4 на ЗАО «Овощевод» была демонтирована! Ежегодный ущерб для потребителей тепловой и электрической энергии Омского региона в виде перерасхода топлива при этом достиг порядка 28 тыс. т у. т. год! Вывод однозначен: существующие региональные энергосберегающие мероприятия необходимо оценивать не по промежуточным показателям вторичной энергии [кВт·ч, Гкал], а по показателям первичной энергии — топливу [т у. т.].

### Отличия западного и российского тарифного менеджмента энергии

#### Три принципа ценообразования западного предприятия-монополиста

В статье «Тарифный и нагрудный менеджмент: французский опыт», приведен принцип достижения **коллективного всеобъемлющего оптимума** для общества. Суть его в отношении энергообеспечения заключается в «...определении наиболее подходящих тарифов, графи-



ков нагрузочного менеджмента путем сравнения стоимости и прибыли как для производителя, так и для потребителя энергии...» При плановой экономике задачу коллективного оптимума энергообеспечения решал Госплан СССР. С переходом на рыночные отношения эти полномочия де-факто были переданы регионам, которые пока не способны с научной и рыночной точек зрения сформулировать принципы определения коллективного оптимума энергообеспечения. В соответствии с западной экономической теорией, чтобы способствовать всеобъемлющему коллективному оптимуму в рыночных условиях, «коммунальное энергетическое предприятие-монополист должно придерживаться трех принципов ценообразования: а) удовлетворение спроса; б) сведение к минимуму производственных затрат; в) продажа по маргинальной цене (по предельным издержкам)».

Если первые два принципа ясны и известны широкому кругу российских аналитиков-энергетиков, то продажа по маргинальной цене в отечественной теплоэнергетике не распространена, и такой методологический подход практически не внедрен. Согласно экономической теории предельные издержки — это издержки, связанные с производством дополнительной единицы продукции. Иначе говоря, они представляют собой увеличение совокупности издержек, на которое должна пойти фирма ради производства еще одной единицы продукции.

В качестве наглядного примера расчета маргинальной цены рассмотрим стоимость полетов для авиапассажиров в 2002 г. Допустим, что затраты на отправку самолета вместимостью 150 чел. из Омска в Москву составляют 240 тыс. руб. При заполняемости салона в 120 чел. (80%) средняя цена авиабилета составит 2000 руб. Если же продавать билеты по маргинальным (предельным) издержкам, их стоимость будет меняться в зависимости от количества пассажиров. Так, при 60 пассажирах че-

на перевозки возрастет до 4000 руб., при 150 — уменьшится до 1667 руб., а вот для 151-го уже необходимо поднимать дополнительный самолет, и тогда стоимость полета для этого гражданина по предельным издержкам достигнет 240 тыс. руб.! Понятно, что для снижения цены нужно дожидаться следующих 149 пассажиров либо лететь другим самолетом, или ехать поездом, и т. д.

Необходимо отметить, что расчет маргинальных издержек первичного топлива, а не просто вторичной тепловой или электрической энергии, намного сложнее, чем традиционные упрощенные расчеты, так как они требуют глубокого понимания сути производства комбинированной, электрической и тепловой энергии в регионе. Но именно умение определять первичные расходы топлива позволяет во многом повысить эффективность управления главными издержками и формировать эффективную топливосберегающую политику как на конкретном предприятии, так и в регионе и в целом по стране.

Экономисты-электроэнергетики США еще в 30-х годах прошлого столетия начали говорить о том, что устанавливаемые на электроэнергию цены должны быть равны маргинальным (предельным), а не средним издержкам. Тарифы на электричество во многих штатах варьируются по сезонам и по времени суток, отражая изменения предельных затрат на выработку электроэнергии в конденсационном режиме.

Чтобы обеспечить эффективное развитие атомной энергетики в базовом режиме работы, более 50 лет назад во Франции было принято решение об использовании в электроэнергетике анализа, основанного на расчете маргинальной стоимости и отражающего фактическую технологию производства. Тарифный и нагрузочный менеджмент предусматривал более 6 видов тарифных систем, разбитых на 4—5 зон потребления, по 20—30 различным ценам. В некоторых случаях маргинальная стоимость энергии в пиковом режиме бы-

ла в 20 раз дороже стоимости энергии в базовом режиме, плата за мощность в зимний период — в 2 раза выше, чем летом.

Запад формирует тарифный и нагрузочный менеджмент естественного монополиста, коммунального предприятия на основе анализа маргинальных издержек. Россия, наоборот, не имея методологических принципов адекватного учета климата и расстояний на формирование маргинальных издержек, вынуждена строить энергетическую и тарифную политику на базе усредненных издержек в целом по региону, стране. 