

Энергоемкость ТЭЦ с применением эксергии и анергии

А.Б. Богданов, аналитик теплоэнергетики, ОАО «Техносканер», г. Омск
О.А. Богданова, ведущий инженер ОА «ЛВКП», г. Санкт-Петербург
(Публикуется в сокращении. Полную версию см. на сайте РосТепло. ру)

Введение

«Эксергия» и «анергия» – это неразрывные составные части энергии, уникальные качественные и количественные показатели, которые могут и должны восстановить логический смысл в формировании энергосберегающей политики энергетики.

Эксергия – высококачественная, легко превращаемая часть энергии, главной особенностью которой является «относительная простота» превращения в другие виды энергии: Эксергия может производить механическую работу и передаваться на значительное расстояние. Это, например, электроэнергия, энергия органического топлива, механическая энергия вращения ротора турбины, энергия излучения, потенциальная энергия водяного потока перед плотинной ГЭС и т.д.

Анергия – это низкокачественная, не превращаемая часть энергии, перешедшая в теплоту окружающей среды, для превращения которой в другие (полезные) необходимые нам в данный момент виды энергии требуется затратить дополнительно часть эксергии. Все видели дым из трубы котельной, огромные клубы пара из градирен ТЭЦ, незамерзающие даже в сильные морозы реки после плотины ГЭС – все это и есть анергия в чистом виде!

Анергия отработанного пара турбин ТЭЦ, хотя в ней и содержится 50% тепловой энергии сожженного топлива, уже не может совершать механическую работу. Если энергия подчиняется закону сохранения энергии, то закона сохранения эксергии не существует. В итоге, в замкнутой системе все виды «чистой», работоспособной, высококачественной эксергии превращаются в низкокачественную неиспользуемую анергию – теплоту окружающей среды! (Подробнее о понятиях «эксергия» и «анергия» см. в полной версии статьи на сайте РосТепло.ру, а также в журнале НТ № 9, 2010 г. [12] – Прим. ред.).

Какое бы снижение энергоемкости ВВП мы бы имели, какой бы огромный эффект по экономии (до 70% в сравнении с годовым расходом топлива!) имела бы моя страна, если бы понятия «эксергия» и «анергия» начали изучать еще со школьных лет. Тогда:

■ стали бы развиваться действующие ТЭЦ, позволяющие за счет утилизации сбросного тепла паровых турбин поднять КПД использования топлива с 36-38 до 80%;

■ тарифы на электроэнергию, в т.ч. для возврата инвестиций на строительство вновь введенных энерго мощностей по договорам поставки электрических мощностей, обеспечили бы баланс интересов участников энергетического рынка;

■ отработанная теплота паровых турбин стала доступна для всех потребителей, что позволило бы минимизировать последствия скрытого «перекрестного субсидирования топливом тепловой энергии за счет потребителей электроэнергии»;

■ создали бы тарифную политику на комбинентарную – (неразрывную и взаимодополняющую) электрическую и тепловую энергию и мощность, отвечающую фактической технологии производства комбинированной энергии на ТЭЦ;

■ отказались бы от применения усредненных тарифов в энергетике и перешли на тарифную политику рыночных стран на основе маржинальных издержек [14] с разницей min/max как 1 к 10-20;

■ создали бы привлекательную топливосберегающую тарифную политику для внедрения таких инвестиционно привлекательных проектов, как:

■ ТЭЦ и мини-ТЭЦ с высокими параметрами пара;

■ утилизация теплоты с применением тепловых насосов;

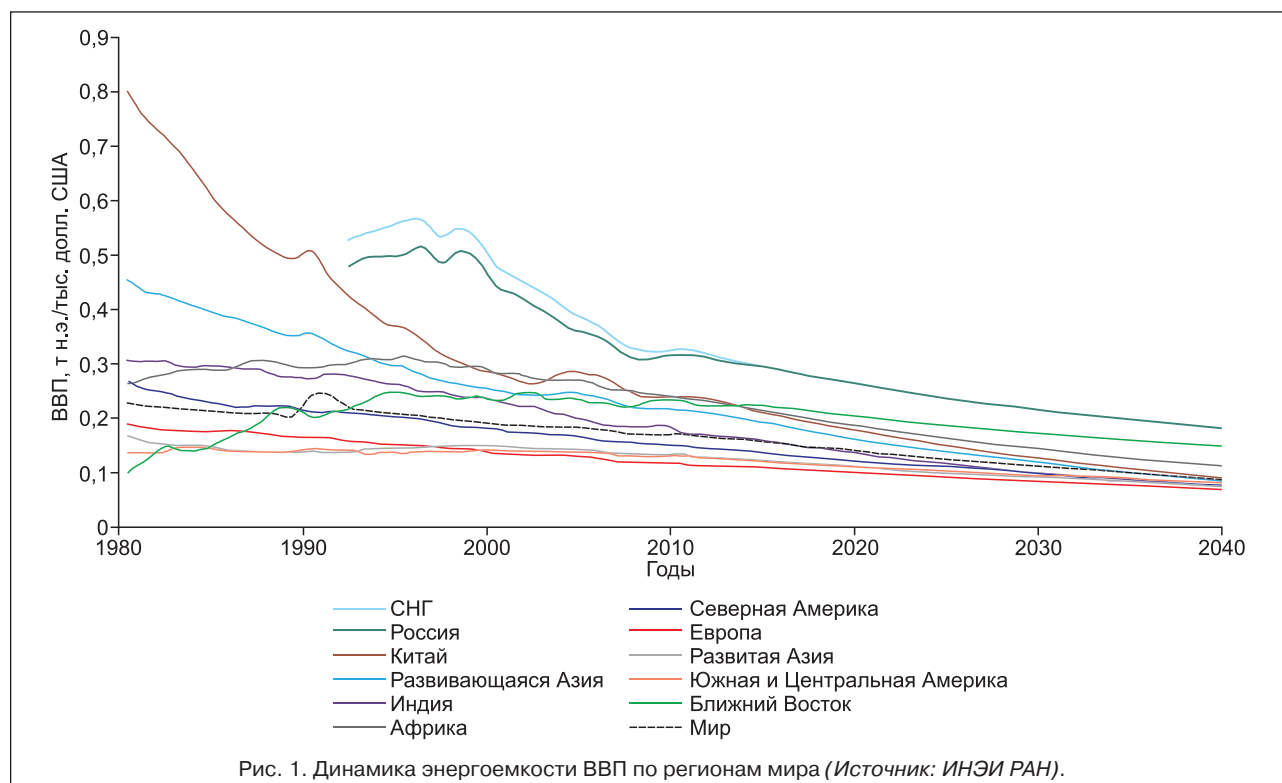
■ сезонное аккумулирование сбросного тепла ТЭЦ с исключением из работы пиковых котельных;

■ использование до 60% тепловой энергии от атомных электростанций;

■ низкотемпературное отопление;

■ высокотемпературный дальний транспорт тепловой энергии.

Запрет на полномочное использование показателей качества энергии, состоящей из эксергии и анергии, в теплоэнергетике ключевые участники энергетического сектора не могут снять уже более 65 лет. Начиная с 10 января 1950 г., а особенно с момента становления советской энергетики, мы вынуждены играть в политическую игру под названием «энергосбережение». Играем по правилам, задаваемыми монополиями бизнес-структурами и регуляторами федеральной электроэнергетики, необоснованно приводящим к снижению энергоемкости электроэнергии ТЭЦ в 2 раза (в западных странах такие показатели качества имеют первостепенное значение). Играем, а реальных ответственных преобразований со взглядом на 15-40 лет вперед и поэтапными планами не делаем. Основная причина – нет реальной ответственности энер-



гетических регуляторов, в т.ч. за конкретные качественно-количественные показатели роста энергоемкости ВВП страны.

К сожалению, в России, даже в большинстве теплоэнергетических ВУЗов, бизнес-школах и, тем более, в обычных школах этих понятий до настоящего времени не знают, и, соответственно, не применяют в реальной жизни. Как следствие – огромная, в 2-3 раза выше западных стран, энергоемкость российской энергетики (рис. 1).

Коренная причина высокой энергоемкости ВВП, этой беды национального масштаба в российской энергетике, состоит в том, что советские, а затем и российские экономисты, регуляторы экономики энергетики еще с 50-60-х гг. прошлого века игнорируют технологически обоснованную методологию расчета показателей экономики энергетики, основанную на этих относительно новых составных понятиях энергии – «эксергии» и «анергии». и, если во времена Госплана СССР с замалчиванием понятия «эксергия» можно было согласиться, т.к. от применения теплофикации был «народнохозяйственный эффект», то во время т.н. «регулируемых рыночных отношений» это приносит огромный национальный ущерб (до 70% от годового расхода топлива от котельных, отпускающих тепловую энергию для населения).

Вот уже более 15 лет циклом статей «Котельнизация – беда национального масштаба» [2] я пытаюсь довести до регулирующих органов нашей страны суть этой беды! Но в ответ – формальные отписки, молчание, а порой и совсем

противоположные выводы. Агрессивная политика монополии федеральной электроэнергетики продавлирует свои решения, направленные на искусственное скрытое перекрестное субсидирование электроэнергетики за счет населения, потребляющего отработанную тепловую энергию паровых турбин ТЭЦ.

Энергоемкость источников энергии

Использование таких понятий как «эксергия» и «анергия» находит широкое применение при анализе теплосиловых и холодильных установок. Они позволяют с достаточной научной строгостью, и вместе с тем наиболее наглядно определять источники и размеры потерь в установках и находить пути их усовершенствования.

Круглый год, зимой и летом самые современные, самые экономичные ГРЭС работают с КПД не выше 38-40%. Остальные 62-60% тепловой энергии топлива ГРЭС вынуждены выбрасывать в окружающую среду. При этом все 100% затрат топлива закладываются в цену электроэнергии.

Однако, наши отечественные экономисты и регуляторы «рыночной» тарифной политики в российской энергетике (Минэнерго РФ и Минэкономразвития РФ) не понимая технологии производства комбинированной энергии, подаваясь монопольному давлению со стороны федеральной электроэнергетики, поднимают топливную составляющую летнего сбросного тепла от турбин ТЭЦ при реализации тепловой энергии потребителю до значения 180-195 кг у.т./Гкал, что на 10% выше, чем в обычной ко-

тельной (165 кг у.т./Гкал). Если же к этим значениям добавить еще 10-12 кг у.т./Гкал на транспорт по тепловым сетям, то кто же тогда будет покупать эту тепловую энергию? Какой здравомыслящий инвестор будет вкладывать средства в теплофикацию и тепловые сети с удельными расходами 198-215 кг у.т./Гкал?

В итоге такого регулирования получается, что комбинированное теплоснабжение от ТЭЦ, как основа технологического и экономического эффекта «Схем теплоснабжения городов...» не окупится никогда, будет вечно дотационным – «Котельнизация России...» развивается с ускорением!

Через 2-3 года Госдума РФ опять будет вынуждена корректировать или даже отзывать законопроект об «альтернативной котельной» (АК)!

Для того, чтобы ТЭЦ всегда (не только зимой) находило своего потребителя тепловой энергии, надо чтобы она имела стоимость по топливной составляющей в 3-4 раза ниже, чем от самой лучшей «альтернативной» котельной, т.е. на уровне 35-60 кг у.т./Гкал. А весной, летом и осенью теплоноситель с температурой 40 °С из «обратки» теплосети вообще должен отпускаться бесплатно – лишь бы только была востребована его тепловая энергия (например, для сезонного аккумулирования ее в грунте с применением широко внедряемых за рубежом, но абсолютно недоступных для российской экономики энергетических абсорбционных тепловых насосов).

Уважаемое сообщество государственных регуляторов российской энергетики, согласовавшее законопроект об АК, единым росчерком пера по всей стране, на все времена, насаждая Госдуме и Президенту принятие монопольного решения о субсидировании электроэнергетики за счет потребителей сбросного тепла ТЭЦ, о каком перекрестном субсидировании вы хлопчете? Ваш скрытый внутренний мотив – «с паршивой овцы хоть шерсти клок». Выйдите из своих кабинетов, съездите на станции и посмотрите на градирни, искупайтесь в водоемах охладителей с температурой 50,1 °С и вы увидите как задыхается ТЭЦ и ГРЭС от того, что некуда девать анергию сбросного тепла!

Как до принятия методики АК вы разрешали в летний период года завышать расход топлива на ТЭЦ, закладывая в тариф непомерно огромные величины, так и с ее принятием вы по-прежнему закладываете абсолютно необъективный расход топлива якобы самой экономичной «альтернативной» котельной на уровне 160 кг у.т./Гкал!

Левая рука регулятора Минэкономразвития и Минэнерго, которая возглавляет Департамент энергосбережения, отвечающий за энергоемкость российской энергетики, рисует программы энергосбережения, но не знает, что делает их правая рука, которая легким решением та-

рифной политики по методике АК по всей территории России отменяет II закон термодинамики, открытый С. Карно еще в 1820 г.!

Электроэнергию (эксергию в чистом виде) ТЭЦ невозможно производить без сброса огромного количества тепловой энергии с паровых турбин ТЭЦ (анергии) в окружающую среду! Надо прекратить субсидировать потребителей эксергии (электроэнергии) от ТЭЦ с нереально низкими затратами топлива (153 г у.т./кВт·ч) и нереально высоким КПД в 85% вместо реальных значений в 35-38%, и, как следствие, прекратить завышать расход топлива на анергию (сбросную тепловую энергию) от паровых турбин.

Для обеспечения адекватного технического анализа и нормирования с полным исключением скрытого перекрестного субсидирования топливом электроэнергии за счет сбросной тепловой энергии от паровых турбин необходимо научиться считать расходы топлива для комбинированной энергии ТЭЦ согласно объективным законам физики. Для чего требуется полностью отказаться от существующего нормирования удельного расхода топлива на ТЭЦ и применить ряд давно известных, но пока мало применяемых в нашей стране показателей (подробный анализ энергоемкости ТЭЦ на примере расчета показателей теплофикационной паровой турбины Т-185/215-13-4 – в журнале НТ № 7-8, 2013 г. [15]. – Прим. ред.).

Переход на метод анализа с применением эксергии и анергии позволяет осуществить качественную классификацию энергии и перейти на принципиально более высокий уровень организации топливосберегающей политики (рис. 2).

Почему законопроект Минэнерго РФ по «альтернативной котельной» ошибочен?

1. Менеджеры энергокомпаний и экономисты регулирующих органов игнорируют законы термодинамики и пытаются установить в энергетике необоснованные методы тарифного регулирования, противоречащие законам физики, ведущие в итоге к росту энергоемкости и росту тарифов на тепловую и электрическую энергию.

2. ТЭЦ и ГРЭС прежде всего предназначены для выработки электрической энергии. Тепловая энергия является вынужденным отходом производства электрической энергии. При этом КПД самых современных, самых лучших ГРЭС не выше 37-40%. Остальные 50-60% теплоты сгоревшего топлива ТЭЦ или ГРЭС вынуждены круглый год выбрасывать в окружающую среду с помощью градирни или же водоема-охладителя с температурой до 40-50,1 °С.

3. Топливная составляющая сбросного тепла паровых турбин с температурой 40 °С должна быть нулевой независимо от того, зима это или

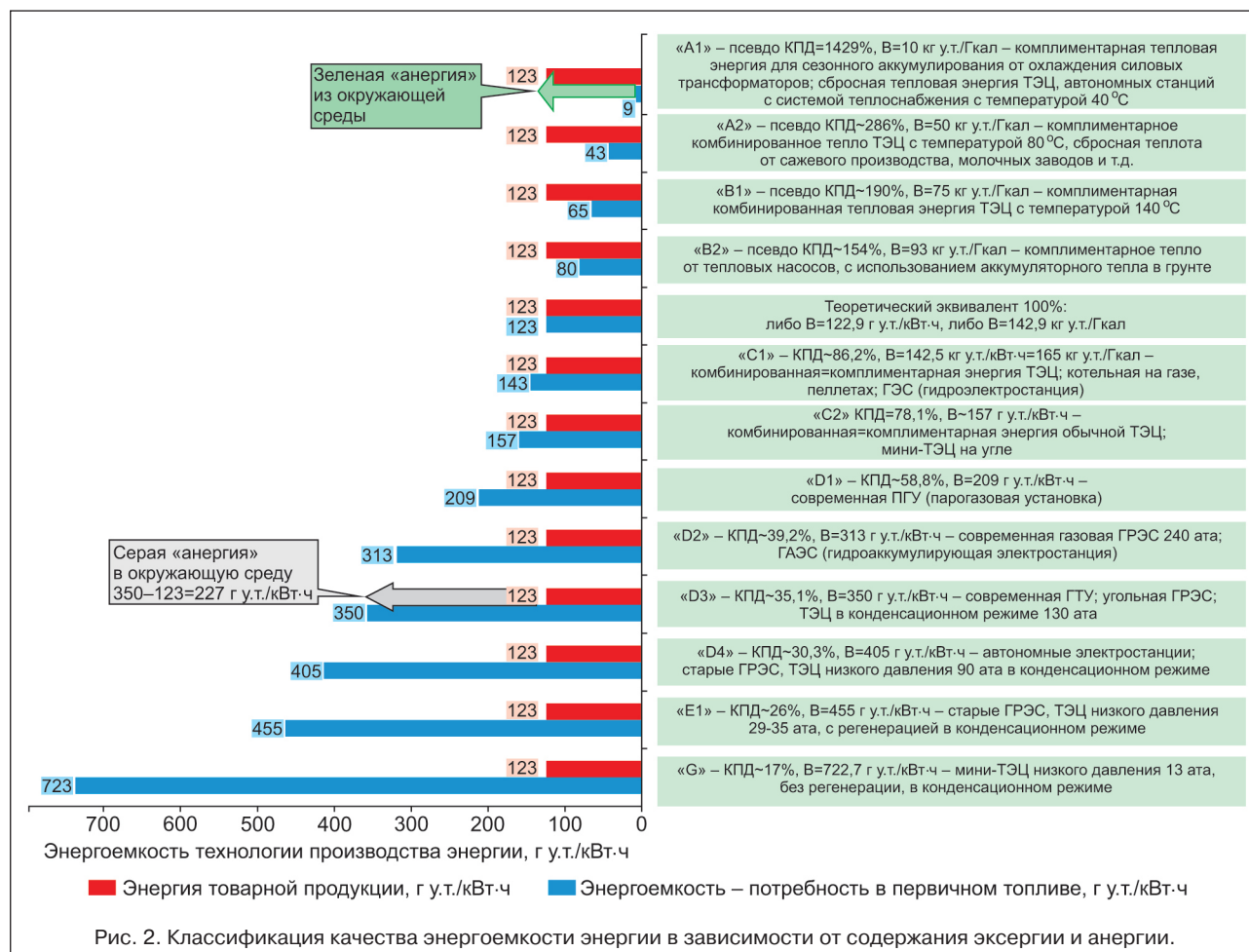


Рис. 2. Классификация качества энергоемкости энергии в зависимости от содержания эксергии и анергии.

лето, есть в данный момент потребитель тепловой энергии или нет – ведь без потребителя эта тепловая энергия все равно сбрасывалась бы в окружающую среду. Поэтому все 100% расходов на топливо всегда должны включаться в тариф на электрическую энергию.

4. С ростом температуры сбросной тепловой энергии свыше 40 °С вплоть до 120 °С удельный расход топлива на выработку тепловой энергии поднимается от нуля до уровня 70-90 кг у.т./Гкал.

5. Перекрестного субсидирования потребителя сбросной тепловой энергии за счет электрической энергии на ТЭЦ, как излагают регулирующие органы, в принципе быть не может.

6. Глубинная причина технологической неэффективности деятельности топ-менеджеров, экономистов, регулирующих органов, Минэкономразвития, Минэнерго заключается в непонимании технологии производства электрической и тепловой энергии на ТЭЦ и калькулировании до настоящего времени затрат по инструкции семидесятых годов прошлого века [10].

Что мы теряем, игнорируя понятия «эксергия» и «анергия» и применяя методику расчета АК?

«Альтернативная котельная» – это клон «физического метода», раковая опухоль топливосбережения страны. Как раковую опухоль трудно вовремя обнаружить, диагностировать и лечить,

так и трудно увидеть степень беды и безнравственности национального масштаба при переходе к формированию тарифов с применением метода АК при централизованном теплоснабжении от ТЭЦ. В следствие этого теряется инвестиционная привлекательность проектов комбинированного производства электрической и тепловой энергии в сравнении с технологией «ГРЭС+котельная» (см. рис. 3), а именно не учитывается экономия годового расхода топлива в следующих объемах:

- ТЭЦ с давлением 35 ата и $W=0,35$ – на 15%;
- ТЭЦ с давлением 90 ата и $W=0,45$ – на 20%;
- ТЭЦ с давлением 130 ата и $W=0,6$ – на 25%;
- ТЭЦ с давлением 240 ата и $W=0,7$ – на 29%;
- ПГУ с давлением газа 55 ата и $W=1,9$ – на 44,7%.

Тепловые потребители использующие сбросное тепло паровых турбин ТЭЦ сократят годовой расход топлива на 70% против котельной, работающей в «базе» круглый год.

«Альтернативная котельная» – это искусственное, технологически необоснованное занижение затрат топлива в 2,3 раза при производство электрической энергии в комбинированном цикле (153 г у.т./кВт.ч вместо реальных 340 г у.т./кВт.ч) за счет скрытого перекрестного субсидирования топливом (с 40-60 кг у.т./Гкал

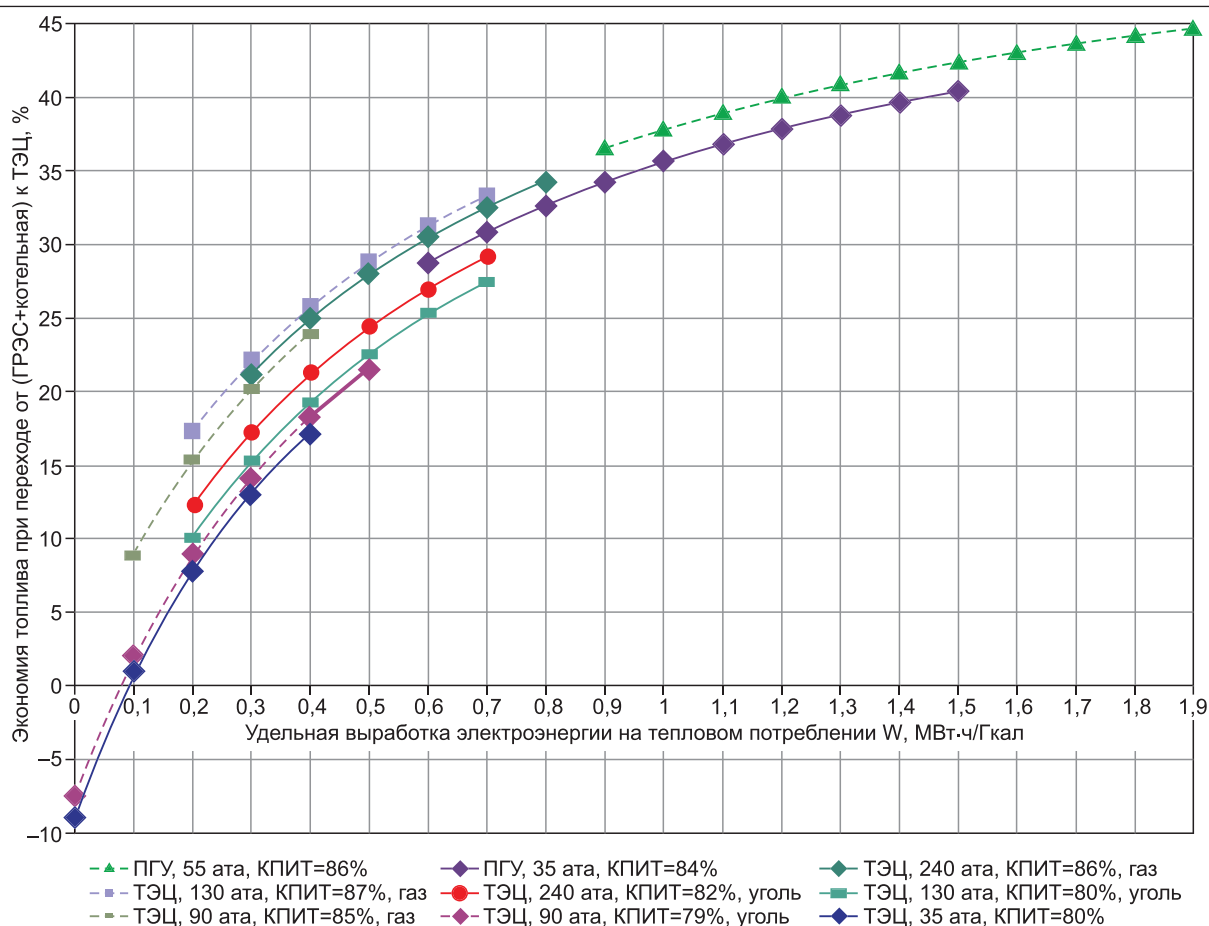


Рис. 3. Экономия топлива при комбинированном производстве эксергии и анергии в зависимости от удельной выработки электроэнергии на тепловом потреблении.

Таблица. Факт удельного расхода топлива по ГРЭС и рекомендуемые значения по ТЭЦ, г у.т./кВт·ч.

Источник	800 МВт	500 МВт	300 МВт	200 МВт 240 ата	150 МВт 130 ата
Отчет ОРГЭС по Минэнерго за 2007 г.					
Конденсационная ГРЭС на угле	341,5	348,6	367	363	372
Конденсационная ГРЭС на газе	308	–	331	338	361
Предложения регулятора					
Независимо от параметров	230				
Предложение автора: принять к регулированию удельный расход топлива на электроэнергию на 5% ниже ГРЭС					
ТЭЦ на угле	324	331	249	345	353
ТЭЦ на газе	293	–	314	321	343

до 160 кг у.т./Гкал) потребителей отработанной тепловой энергии ТЭЦ.

Регулятором монополии федеральной электроэнергетики (Минэнерго, ФСТ) почему-то принято решение, что, якобы для обеспечения конкурентоспособности ТЭЦ на рынке электрической энергии, удельные расходы топлива на производство электроэнергии от ТЭЦ должны быть на уровне показателей ПГУ ТЭС (около 230 г у.т./кВт·ч), что абсолютно не отвечает технологии. ПГУ ТЭЦ имеет высокие показатели экономичности, и ТЭЦ бессмысленно забирать у них электрическую нагрузку.

Электрические потребители не имеют абсолютно никакого отношения к экономии топлива от теплофикации. Для обеспечения конкурентной способности ТЭЦ удельные расходы от ТЭЦ должны быть не ниже чем на 3-5% от реальных годовых удельных расходов конденсационных ГРЭС, работающих на том же топливе, и с теми же начальными параметрами пара (таблица).

Тарифообразование по методу АК теоретически может быть допустимым только на тех ТЭЦ, ГРЭС и котельных, где нет паровых или газовых турбин, вырабатывающих в комбиниро-

ванном цикле электроэнергию одновременно с отпуском тепловой энергии потребителю. То есть только там, где все сбросное тепло паровых турбин не используется для теплоснабжения потребителей и полностью сбрасывается в окружающую среду (на градирне или в водоеме), а тепловая энергия для тепловых потребителей вырабатывается только в водогрейных котлах или в энергетических паровых котлах, работающих через редукционно-охладительные установки, без прохождения пара через паровые турбины ТЭЦ, ГРЭС, котельных.

По методике АК можно сравнивать эффективность только самих котельных, но, тут нет абсолютно ничего нового – видимость деятельности!

Выводы

1. Применение понятий «эксергия» и «анергия» позволяет производить классификацию качества энергии в зависимости от энергоемкости потребления первичного топлива (см. рис. 2) которая на принципиально новом, более высоком качественном уровне позволяет четко и однозначно обеспечить развитие топливосберегающей политики российской энергетики

2. На конкурентном рынке только тарифы решают все. Метод «АК» с единым тарифом узаконивает скрытую систему перекрестного субсидирования топливом на электроэнергию за счет потребителей тепловой энергии сбросного пара паровых турбин (таблица).

3. Недопустимо определять тарифы на комбинированную тепловую энергию ТЭЦ в отрыве от тарифов на комбинированную электроэнергию ТЭЦ! Поскольку разница в топливной составляющей на сбросное тепло паровых турбин ТЭЦ изменяется от 0 до 90 кг у.т./Гкал, то тем более абсолютно недопустимо принимать тарифы на тепловую энергию от ТЭЦ по методу АК на уровне 155-160 кг у.т./Гкал.

4. Категорически недопустимо применение метода АК в «Схемах теплоснабжения городов», при расчете экономической эффективности, доходности, привлекательности инвестиционных топливосберегающих проектов российской энергетики: ТЭЦ, мини-ТЭЦ, тригенерации, компрессионных и абсорбционных тепловых насосов, аккумулирование тепла у потребителей, сезонное аккумулирование тепла в грунте, низкотемпературное отопление, высокотемпературный дальний транспорт тепловой энергии, мусоросжигающих заводов и т.д.

5. Глубинные причины системного кризиса в российской энергетике:

■ исчезла система анализа маржинальных издержек [10; 14] при производстве, транспорте и реализации комбинированной энергии ТЭЦ

(раньше эту задачу решало калькулирование себестоимости энергии в энергосистеме);

■ более 90 лет не умеем считать расход топлива на тепловую энергию от ТЭЦ. В советское время Госплан СССР понимал это, но все равно развивал теплофикацию. После него об этом только пишут красивые лозунги, но с установлением методики АК делают наоборот!

■ тарифная политика на комбинированную энергию от ТЭЦ оторвана от технологии производства энергии на ТЭЦ;

■ показатель УРУТ на ТЭЦ надо исключить из регулирования и заменить на два понятия: удельная выработка электроэнергии на тепловом потреблении W (МВт/Гкал) и коэффициент полезного использования топлив КПИТ (%).

Коренной причиной непринятия регулируемыми органами страны показателей «эксергия» и «анергия» является то, что реальное снижение энергоемкости российской энергетики и ВВП не является приоритетной задачей Минэнерго РФ. Основной задачей Минэнерго РФ является привлечение инвестиций в развитие электроэнергетики любым способом, даже за счет роста энергоемкости производства для конечного потребителя.

Только создание нового вида рыночного товара комбинированной (комплементарной электрической+тепловой) энергии («С1»; «С2» – рис. 2) с КПД производства энергии 78-86% может восстановить здравый смысл в энергетике России, устранить скрытое перекрестное субсидирование топливом, создать инвестиционно привлекательные условия как для ТЭЦ.

Для реального снижения энергоемкости российской энергетики, а, как следствие, и энергоемкости ВВП, существующее Министерство энергетики РФ должно быть преобразовано в Министерство анергии [11,12] основным показателем работы которого должно стать реальное снижение энергоемкости российской энергетики, на всех этапах производства, распределения и потребления.

На прощание...Немного перефразировав цитату Н.П. Бехтерева [1] можно сказать: «...Какой бы эффективной и топливосберегающей была теплоэлектроэнергетика России, если бы не было такого затаянного торжества регулируемого формализма и безнравственности, если бы энергетическую политику формировали на основе трудов ученых от академической науки (таких как А.И. Андрющенко, В.М. Бродянский [13] Е.И. Янговский [14], П.М. Шевкоплясов [15] и т.д.), а формально дипломированные и оспененные исполнители монополии федеральной электроэнергетики не игнорировали в своих методиках понятие «эксергии» и «анергии» как научный метод анализа и нормирования экономики энергетики России и «не вводили бы в заблуждение» органы государственной власти».

Литература

1. Бехтерева Н. П. Магия мозга и лабиринты жизни: Дополнительное издание. – М.: АСТ, 2015. – 384 с.
2. Богданов А.Б. «Котельнизация России – беда национального масштаба» сайт www.exergy.narod.ru
3. Доклад Минэнерго основные принципы распределения топлива в целях тарифного регулирования в сфере теплоснабжения. – М., 2013, <http://exergy.narod.ru/minenergo-2013-1.pptx>.
4. Шаргут Я., Петела Р. Эксергия: Перевод с польского. – М., Энергия, 1968, – 280 с.
5. Бродянский В.М. Эксергетический метод термодинамического анализа. – М.: Энергия, 1973. – 296 с; Эксергетические расчеты технических систем: Справочное пособие под редакцией академика АН УССР Долинского А.А. и д.т.н. Бродянского В.М. – Киев: Наукова думка, 1991.
6. Янтовский Е.И. Потоки энергии и эксергии. – М.: Наука, 1988. – 144 с.; Парокомпрессионные теплонасосные установки. – М.: Энергоиздат, 1982. – 143с.; Промышленные тепловые насосы. М.: Энергоиздат, 1989.
7. Андрищенко А.И. О применении эксергии для анализа совершенства и оптимизации теплоэнергетических установок: Изв. вузов. Энергетика, 1989, № 4. – с. 59-64.
8. Горшков А.С. Техничко-экономические показатели тепловых электростанций. – М.: Энергоатомиздат, 1984, 240 с.
9. Богданов А.Б. Анализ показателей теплофикационной турбины по относительным приростам топлива на тепло. Новости теплоснабжения, 2009, № 5, с. 30-37; <http://exergy.narod.ru/nt2009-05.pdf>; 2009, № 11, с. 34-41 <http://exergy.narod.ru/nt2009-11.pdf>.
10. Анисимов С.П., Хузмиев И.К. Еще раз о проблеме калкулирования себестоимости в электроэнергетике ее последствиях и ее решении. – 2014, <http://exergy.narod.ru/Anbsimov01.pdf>.
11. Богданов А.Б. Министерство анергии. Энергорынок, 2010, №12, <http://exergy.narod.ru/er2010-12.pdf>.
12. Богданов А.Б. Министерство анергии. Новости теплоснабжения, 2010, № 9. – с. 12-18, <http://exergy.narod.ru/nt2010-09.pdf>.
13. Бродянский В.М. Письмо в редакцию. Теплоэнергетика, 1992, № 9, с. 62-63.
14. Янтовский Е.И. «Потоки энергии и эксергии» Москва «Наука» 1988 г. 144 с.
15. Шевкоплясов П.М. «Ценообразование на оптовом и розничном рынках энергии на основе маржинального дохода» ПЭИПК Санкт-Петербург 2012 <http://exergy.narod.ru/Shevkoplyasov-Bogdanov.pdf>.
16. А.Б. Богданов, О.А. Богданова Термодинамический и статистический методы анализа энергоемкости ТЭЦ. Новости теплоснабжения, 2013, № 7-8.

XIII межрегиональная специализированная выставка

АЛТАЙ: СТРОИТЕЛЬСТВО ЭНЕРГЕТИКА. ЖКХ ГАЗИФИКАЦИЯ

30 - 31 марта 2016 г.

г. Горно-Алтайск, Национальный театр РА,
пр. Коммунистический, 16

Организаторы:

Правительство Республики Алтай

Министерство регионального развития
Республики Алтай

ООО «БК Сибэкспосервис», г. Новосибирск
(383) 335-63-50, ses@avmail.ru
ses.net.ru

JB *Expo* **SERVICE**