



«..Огонь слугою к машинам склонить...
Облегчить труд по нас грядущим»
И.И.Ползунов

История взлетов и падений теплофикации России

Богданов А.Б. – Главный технолог СибКОТЭС

I. Борьба за эффективность преобразования тепловой энергии в механическую и электрическую энергию.

A. Дореволюционный период развития энергетики России (1766-1917гг)

Удивительнейшая информация о Русских теплоэнергетиках приведен по книгам Г.С. Жирицкого «Паровые машины»¹, М.О.Каменского «Первые русские электростанции»², "Википедия — свободная энциклопедия"³, 100 лет теплофикации и централизованному теплоснабжению в России⁴

- **23 мая 1766год** - Пуск первой паровой машины **Ивана Ивановича Ползунова**. на Колывано - Воскресенских заводах на Алтае. Диаметр цилиндра -0.81м, ход поршня 2.56м Давление пара ~ 1.1 ата, мощность около 40л.с. **КПД~1÷2%**. Три месяца машина успешно проработала, но после смерти И.И.Ползунова (16 мая 1766года в возрасте 38лет) не нашлось людей, которые могли бы поддержать его идею «...огонь слугою к машинам склонить...» Российская академия наук, состоявшая преимущественно из иностранцев, предала забвению дело великого русского теплотехника. Машина первооткрывателя была разру-

¹ Г.С.Жирицкий «Паровые машины» 6-е издание ГОСЭНЕРГОИЗДАТ 1951г стр.15

² М.О.Каменский «Первые русские электростанции» Госэнергоиздат 1951. стр. 30, 45,49

³ «Википедия» - свободная энциклопедия - сайт Интернета. <http://ru.wikipedia.org/wiki/>

⁴ «100 лет теплофикации и централизованному теплоснабжению в России» под редакцией В.Г.Семенова Москва 2003г 348стр

шена. Работа Ползунова почти на столетие опередила русскую действительность. Гибель машины Ползунова и погребение в пыли архивов всех достигнутых им результатов характерны для того времени, когда совершенно игнорировались великие творческие русского народа в области техники. А между тем, спустя 28 лет, в 1794 году, на прядильной фабрике в Манчестере появилась двухцилиндровая паровая машина, воспроизводившая изобретение Ползунова. Создателем ее был Фальк, видевший машину Ползунова и описавший ее в печати. Машина построенная Фальком по проекту Ползунова, работала более 30 лет, что подтверждает обоснованность предложений И.И.Ползунова.



Макет паровой машины И.И. Ползунова - Краеведческий музей Барнаула

- 1775 год – пуск паровой машины Уатта периодического действия, для подъема воды.
- **1782 год** – Уатт запатентовал паровую машину двухстороннего всасывания непрерывного действия, вторая в мире, после машины И.И. Ползунова, паровая машина непрерывного действия. Давление пара 1.1÷1.3 ата, диаметр цилиндра 0.633 м. ход поршня 1.53 м мощность 20 лс. КПД паровых машин ~2÷3%
- 1800 года – рост давления пара до 3.5÷7 ата
- 1823÷1827 гг – давление пара до 56 ата. КПД паровых машин 8~10% Трудно поверить! Но уже более 180 лет назад работали с давлением 56 ата! Надо отметить, что к нашему стыду, в настоящее время мы в массовом порядке строим котельные с давлением 13 ата, и называем это как рациональное, энергосберегающее мероприятие!
- 1855 г – максимальный КПД паровых машин – 8– 12%
- 1883 г – творец первого в мире самолета А.Ф. Можайский, спроектировал и построил на балтийском судостроительном заводе паровую машину для летательного аппарата мощностью 50 лс с удельным весом 4.5 кг/л.с меньше чем заграничные малины 6.4 кг/л.с. Это были двухцилиндровые вертикальные паровые машины облегченной конструкции. Одна

из машин развивала мощность в 20 л.с. при 300 об/мин. Вес ее был 47,6 кг. Другая машина имела мощность в 10 л.с. при 450 об/мин. Вес ее составлял 28,6 кг. Пар в машины поступал от прямооточного котла весом 64,5 кг. Топливом служил керосин. Коленчатые валы и поршневые штоки машин для уменьшения веса были сделаны пустотелыми. Получив машины, Можайский приступил к сборке самолета.

- 1883г – «Русские заводы Сименс и Гальске» организовали электрическое освещение главной улицы столицы. Произведена замена газовых ламп на 32 фонаря с дуговыми лампами силой 1200 свечей.
- 1883г – Освещение площади храма Христа (где сейчас заложен Дворец Советов) Первая электростанция Алексева на Лубянском пассаже в Москве. Установлены 3 паровых машины по 76 л.с Заложена сеть в 45 дуговых ламп и 220 ламп накаливания.
- 1888г – первые три петербургские, центральные электростанции на реке Фонтанке (3 машины в сумме 202квт) и Мойке. 3 машины в сумме 221квт Давление пара 5ата. Электростанции располагались на плавучих баржах, на реках, так как требовали очень много воды для охлаждения. Из за отсутствия охлаждающей воды станции ограничивали мощность!!

Обращаю внимание заинтересованного читателя. С самого начала развития теплоэнергетики, и до настоящего времени, **существует проблема отвода отработанного, тепла на электростанциях!** Производство электроэнергии очень дорогое удовольствие! Что бы получить какое то количество электроэнергии, до 98-97% энергии от сожженного топлива надо отводить в окружающую среду! Удельный расход топлива составляет $5.4 \div 3.9 \text{ кг. у.т/кВт}$. Нехватка охлаждающей воды - самая большая проблема для электроэнергетиков, как 120 лет назад, так и в настоящее время! Однако, в отличии от западных стран, мы в России, имеем уникальную возможность – использовать отводимое тепло при производстве электроэнергии для отопления наших домов!

- 1900 года – максимальный КПД паровых машин достиг $\sim 18 \div 20\%$
- **1903год – рождение Российского централизованного теплоснабжения. Под руководством инженера А.К Павловского и профессора В.В.Дмитриева паровым отоплением оборудовано 13 корпусов Петербургской городской детской больницы с подачей отработанного пара от местной электростанции.**
- 1908-1910год. Пароводяное отопление 37 корпусов Петербургской больницы Петра Великого (ныне больницы им. Мечникова). Турбина, установленная в подвальном помещении была демонтирована только в 60 годах XX столетия!
- 1913г - КПД брутто= 11.6% 1060 г/кВтч $N_{\text{мах}}=10 \text{ мВт}$ $P=12 \div 15 \text{ ата}$ $T=350^\circ\text{C}$
- 1900–1920 года. КПД установок с паровыми машинами достиг $20-25\%$

Что такое электрификация? Электрификация – производство, распределение и сбыт электрической энергии произведенной на источниках электрической энергии ТЭЦ, ГРЭС, ГЭС, АЭС в соответствии с потребностью потребителей электрической энергии области, региона, страны. Главной технической особенностью электрификации является а) жесткая технологическая связь производства и потребления электрической энергии на уровне региона, страны; б) применение высоких параметров энергетических носителей (240 ата , 565°C) и как следствие в) относительная низкий коэффициент преобразования энергии топлива в высококачественную электрическую энергию. Так КПД использования топлива по конденсационному способу составляет для современных паротурбинных циклов не более 36-40%. Для годовых показателей работы РАО ЕЭС России за 2004год КПД использования топлива для конденсационной энергии был не выше 34,6% (см строку 19 таблица 1). Для современных парогазовых циклов производящих только электроэнергию, КПД использования топлива составляет не выше $55 \div 57\%$.

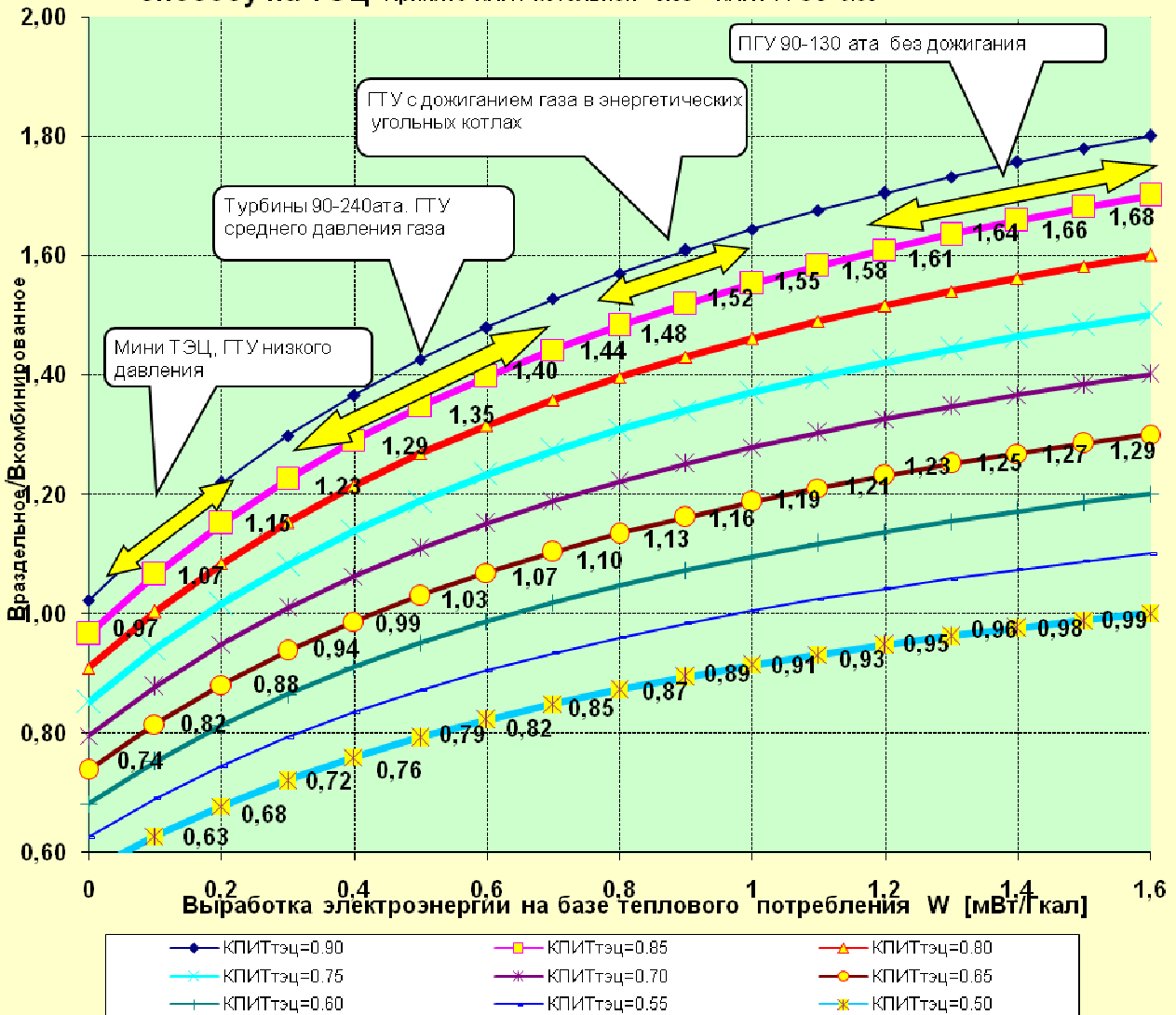
Что такое раздельное теплоснабжение? Теплоснабжение производство распределение и сбыт тепловой энергии в соответствии с потребностью потребителей тепловой энергии предприятия, поселения, города. Главной особенностью раздельного теплоснабжения являет-

ся а) отсутствие жесткой технологической связи производства и потребления энергии на уровне города региона, б) возможность использования низкопотенциальных источников энергии 95÷70°C и как следствие в) возможность работы с относительно высоким коэффициентом использования топлива достигающего 85÷92%

Что такое теплофикация?

Теплофикация – производство тепловой и электрической энергии в едином технологическом процессе комбинированного производства. Принципиальной отличительной способностью теплофикации является производство комбинированной тепловой и электрической энергии в едином технологическом процессе без сброса тепла в окружающую среду. Главной отличительной особенностью теплофикации является значительный рост КПД полезного использования топлива при этом для паротурбинных и парогазовых циклов составляет не менее 84-92%. Однако говорить о высокой экономичности только по КПД полезного использования топлива совершенно недостаточно. Эффективность теплофикации в целом определяется удельной выработкой электроэнергии на базе теплового потребления W [мВт/Гкал]. Имея одинаковое высокое значение КПД использования топлива удельная выработка может значительно меняться от $W=0,05$ мВт/Гкал для мини ТЭЦ с давлением пара 13 ата, $W=0,72$ мВт/Гкал для современной ТЭЦ с давлением 240 ата до $W=1,8$ мВт/Гкал для парогазовой установки с температурой газа 1400°C и давлением пара 130ата.

Рис 1. Синергия топливосбережения при переходе от раздельного способа ГРЭС и котельных к комбинированному способу на ТЭЦ Принято КПИТ котельной =0.88 КПИТ ГРЭС=0.38



Чем отличается когенерация, теплофикация и тригенерация?

Когенерация это модное слово, пришедшее к нам от западной энергетики в начале 90 годов прошлого столетия. По своей сути, когенерация и теплофикация обозначают один и то же процесс одновременного комбинированного производства тепловой и электрической энергии в едином технологическом процессе. Однако, в них имеется небольшие отличия.

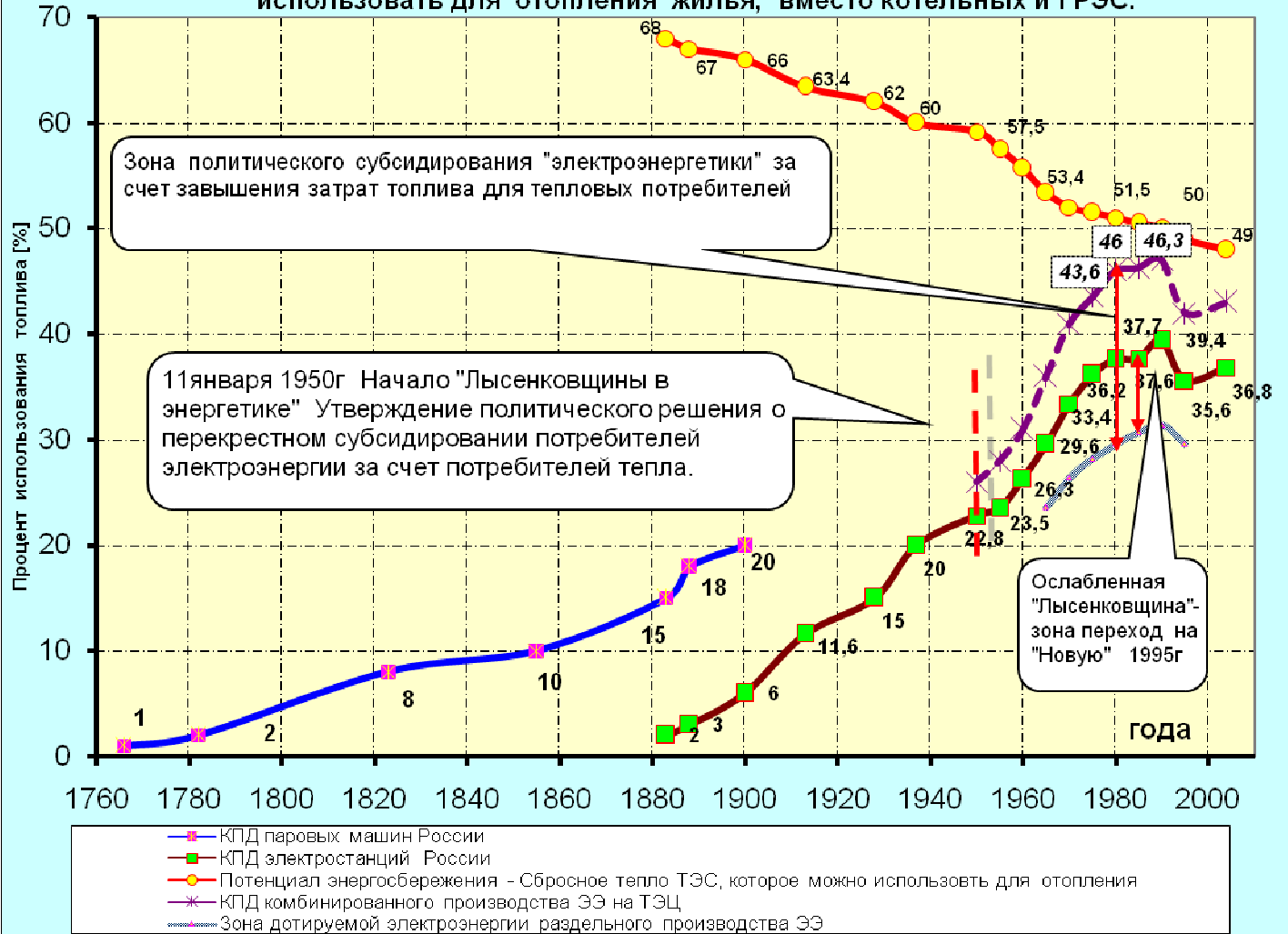
Когенерация обеспечивает производство электрической энергии на базе тепла, необходимого для обеспечения близлежащих потребителей тепла, и собственных нужд самого промышленного предприятия. Это, как правило, небольшие тепловые нагрузки порядка $10 \div 100$ Гкал/час с радиусом тепловых нагрузок до $2 \div 5$ км. Выработка электроэнергии на базе теплового потребления составляет до $0,1 \div 0,6$ с единичной электрической мощностью $0,05 \div 60$ МВт. Перерасход топлива при переходе от комбинированного производства к раздельному производству составляет до 10-25% от комбинированного производства (см рис 1)

Теплофикация подразумевает производство электрической энергии на базе теплового потребления при наличии развитых тепловых сетей и значительного теплового потребления для удаленных потребителей. Это, как правило крупные тепловые потребители с нагрузкой более $50 \div 500$ Гкал/час, с радиусом действия тепловых сетей $5 \div 25$ км. Выработка электроэнергии на базе теплового потребления составляет до $0,4 \div 1,5$ с единичной электрической мощностью более $50 \div 200$ МВт. Перерасход топлива при переходе от комбинированного производства к раздельному производству составляет до 25-80% от комбинированного производства (см рис 2)

Тригенерация это процесс одновременного комбинированного производства а) электрической энергии, б) тепловой энергии и с) промышленного холода (холодной воды) в едином технологическом процессе. Тригенерация предусматривает применение абсорбционных и компрессионных тепловых насосов в технологических схемах у тепловых потребителей. Перерасход топлива при переходе от комбинированного производства электрической энергии, тепловой энергии и холода к раздельному производству также как и при теплофикации составляет до 20-50%.

Однако, не исполнение формального закона «об Энергосбережении», полное отсутствие топливосберегающей тарифной политики, адекватно учитывающий климатические особенности России, неразвитость рыночных отношений в теплоэнергетике, приводит к тому, что тригенерация и тепловые насосы в системах теплоснабжения до настоящего времени не находят должного применения.

рис. 2 Потенциал энергосбережения в России.
Сбросное тепло турбин электростанций России, которое можно и нужно использовать для отопления жилья, вместо котельных и ГРЭС.



В. Советский период времени (1917-1992г)

Справочные данные приведены по книгам: В.В Лукницкого «Тепловые электростанции»⁵, справочника «Теплоэнергетика и теплотехника» 1980г⁶, А.С. Горшкова «Техникоэкономические показатели»⁷.

- **25 ноября 1924г – первая ТЭЦ в России.** Под руководством профессора В.В.Дмитриева, 3-й Петроградская ГЭС на Фонтанке переоборудована в ТЭЦ производящую как тепловую так и электрическую энергию⁸. Снижение удельного расхода топлива с 1045 г/кВтч до 238г/кВтч.
- 1928 – первая в Москве «ТЭЦ ВТИ» подала тепло о паропроводу к заводам «Динамо», «Порострой».
- 1928г – КПД брутто =15.0% 820г/кВтч N_{max}=44мВт P=26ата T=375°C
- 1931г Первая в России и в мире **«Генеральная схема теплофикации г.Москвы»**. Это первый документ определяющий системный подход в развитии теплофикации! Здорово! Стране нужна экономная энергетика развивающаяся на основе теплофикации!
- 1937г – КПД брутто =20.0% 610г/кВтч N_{max}=50мВт P=29ата T=400°C
- 1950г – КПД брутто =22.8% 540г/кВтч N_{max}=100мВт P=90ата T= 490°C
- 10-11 января 1950г – Печальное известное «Решение Комиссии Энергетического института АН СССР и секции теплофикации МОНИТОЭ⁹ об отрицательном отношении к попыткам непосредственного «термодинамического» обоснования того или иного способа экономии топлива между видами полученной энергии». Комиссией указано, что *«...технико-экономические показатели степени энергетического совершенства ТЭЦ должны соответствовать требованиям государственного планирования, в полной мере отражать народнохозяйственную выгодность комбинированного производства тепловой и электрической энергии и тем самым стимулировать его развитие. Они должны быть доступными пониманию широких кругов работников электростанций и заводских работников и позволять применение простой системы отчетности во всех ее звеньях..»*

Суть «государственного планирования» заключалась в том, что вся экономия топлива получаемого при комбинированном производстве тепловой и электрической энергии полностью относятся в пользу потребителей электрической энергии. При этом тепловая энергия производимая на ТЭЦ получалась с заведомо ухудшенными показателями. Затратами топлива на ТЭЦ были на 5-7% хуже чем затраты топлива на тепло от заводских и коммунальных котельных (~174÷172 кг/Гкал против 165÷163 кг/Гкал). Однако, именно это решение позволяло государственному планированию снизить расход топлива на электроэнергия от ТЭЦ в 2 раза ниже чем на ГРЭС а именно до 170-250г/кВтч против 370-410г/кВтч самых лучших ГРЭС. Именно это решение позволило значительно улучшить показатели советской электроэнергетики в сравнении с западной электроэнергетикой (Рис 3.)

В.М. Бродянский¹⁰ «Письмо в редакцию». Журнал «Теплоэнергетик» №9 1992г. Стр.62-63.

«..Дискуссия о распределении затрат и расходах топлива на ТЭЦ между электроэнергией и теплом тянется уже много лет. Сейчас она приняла принципиальный характер и далеко вышла за пределы частного вопроса о распределении затрат на ТЭЦ. По существу, это один из участков общего фронта борьбы между административной чиновничьей системой управления народным хозяйством и управле-

⁵ В.В.Лукницкий Тепловые электрические станции промышленных предприятий. Госэнергоиздат 1953г стр 14

⁶ Теплоэнергетика и теплотехника. Общие вопросы. Справочник под редакцией В.А.Григорьева и В.М. Зорина. Москва «Энергия» 1980г.

⁷ А.С.Горшков «Техникоэкономические показатели тепловых электрических станций» первое издание Госэнергоиздат 1949г.

А.С. Горшков «Техникоэкономические показатели тепловых электрических станций. Издание третье переработанное и дополненное. Москва. Энергоатомиздат 1984г

⁸ В.Ф. Гуроров. С.А.Байбаков « !00 лет развития теплофикации в России» Энергосбережение №5 2003г.

⁹ Вопросы определения К.П.Д, теплоэлектроцентралей (сборник статей) по общей редакцией А.В.Винтера. Госэнергоиздат Москва 1953год.118стр.

¹⁰ В.М Бродянский «Письмо в редакцию». Журнал «Теплоэнергетик» №9 1992г. Стр.62-63.

нием, основанном на научной базе и учете законов экономики. Считаю необходимым высказать некоторые соображения, связанные с этим застарелым делом.

Первое, о чем необходимо сказать, это о так называемом, «физическом» методе. Он вообще не может обсуждаться как нечто, имеющее хотя бы самое слабое научное обоснование. Это типичное порождение эпохи, когда нужно было во что бы то ни стало показать, что мы «впереди планеты всей». Применительно к энергетике это означало, что один из основных показателей ее уровня – удельный расход топлива на 1 квт/ч электроэнергии у нас должен быть лучше, чем «у них». Был найден гениально простой путь.

Из школьной физики известно, что тепло эквивалентно работе (второе начало термодинамики, которое объясняет, что это не совсем так, в школе не проходят) Опираясь на эту эквивалентность, можно вполне законно, «по физике», списать лишнее топливо с электроэнергии на тепло, благо теплофикация у нас широко распространялась. Сразу, без кропотливой работы по подъему технического и организационного уровня энергетике, мы вырвались таким нехитрым путем на «первое место» в мире. То, что вызывало и вызывает до сих пор улыбки специалистов во всем цивилизованном мире, не принимается у нас во внимание.

Мне неоднократно во время бесед с западными специалистами приходилось касаться этого вопроса. Им очень трудно объяснить, в чем тут дело. Они никак не могут понять, как можно «на равных» складывать тепло и электроэнергию или принимать что к.п.д. ТЭЦ намного выше, чем к.п.д. КЭС, а к.п.д. котельной выше, чем той и другой. Все это им представляется диким (в чем они правы). А поскольку они (тоже справедливо) относятся с уважением ко многим нашим энергетикам и термодинамикам, то им остается искать объяснение в тайнах «русской души» или в давлении «коммунистической идеологии».

Только специалисты из ГДР и ПНР прекрасно понимали, в чем дело. Их энергетическое начальство копировало наши глупости, а попытки исправить ситуацию, упиралось, так же как и у нас в министерские завалы. Сейчас, насколько мне известно, в восточной части Германии, и в Польше вся эта «физическая» методика отпадает.

В КНР тоже следовали нашей «методике», поскольку вся теплофикация делалась по нашему образцу. Теперь они постепенно выходят на современный уровень понимания термодинамики и даже собрали у себя международную энергетическую конференцию. Таким образом, в ближайшее время мы остаемся единственными в мире энергетиками, «верными принципам», отвергающим второе начало термодинамики (установленное, как известно еще в 1824г), **так и законы экономики, утверждающие (с еще более раннего времени), что цены при всех колебаниях конъюнктуры в среднем следуют уровню общественно необходимых затрат производства.** Но сколько времени это может продолжаться и к чему приведет?

Второй вопрос, который возникает в связи с изложенной ситуацией: почему столько деятелей энергетике (министерские чиновники, представители других организаций, научного мира) упорно отстаивают явно неверные положения?

Относительно чиновников, тут все ясно и особого анализа не требуется, раз велено, значит, надо. Что касается ученого мира, то тут дело сложнее. До последнего времени я никак не мог понять, в чем корень непонимания ими очевидных вещей (не говоря, конечно, о нескольких действительно высококвалифицированных специалистах, которые прекрасно все понимают). Я наивно полагал, что после опубликования статей Денисова, Гладунцова и Пустовалова, моей, в журнале «Теплоэнергетика» №2 за 1980г., вопрос будет снят, поскольку все разжевано подробнейшим образом. Такая уверенность опиралась на то, что во всех них, по существу, не было абсолютно ничего принципиально нового. Просто было собрано и проанализировано то, что давно известно и, несомненно и бесспорно.

Но самое интересное состоит в том, что сторонники «физического» метода не хотят прислушаться даже к тому, что говорят сами ТЭЦ! **А они хотя и не знают термодинамики, но выполняют требования ее законов неукоснительно.** (Примечание Богданова. Именно эта фраза в 1994году возмутила меня и как уважающего себя специалиста двадцать лет проработавшего на станции, заставила сесть за расчеты. В течение 1.5 лет проведя ручные расчеты, разработав несложную математическую модель диаграммы режимов турбин я убедился в абсурдности утвержденного государством к применению, физического метода. Но доказать кому либо абсурдность методики – невозможно. Раньше был политический заказ. Сейчас, в условиях монополии электроэнергетики, нет квалифицированной движущей силы, способной отстаивать интересы конечных потребителей).

По опыту Мосэнерго, Ленэнерго и других энергосистем России, знаем, тепловая нагрузка может изменяться в пределах максимальной примерно до 20%. **В этом диапазоне прирост расхода топлива на отпуск тепла (при неизменной электрической нагрузке) составляет от 48 до 82 кг/Гкал. Эти показатели, полученные путем прямого измерения, сомнений вызвать не могут.**

Если в этой ситуации произвести расчет по физическому методу, то на каждую гигакалорию нужно было бы отнести от 160 до 175 кг, т.е. в 2-3 раза больше («удешевив» таким способом электроэнергию). На самом же деле, статистика показывает, что прирост расхода топлива на отпускаемую электроэнергию составляет от 300 до 400г на 1кВт./ч.

Таким образом, ТЭЦ, ничего не зная о теоретических дискуссиях и указаниях начальства, дают показатели, напрямую соответствующие эксергетическому распределению, злостно игнорируя «физический» метод. Можно, наверное, и здесь при особом старании придумать какое-нибудь «физическое» опровержение, но это не изменит существа дела.

Третье обстоятельство, связанное с дискуссией о распределении затрат на ТЭЦ, – опасения, что отказ от физического метода отрицательно скажется на судьбе теплофикации, исследованию которого некоторые специалисты отдали много лет.

Между тем правильные подходы никоим образом не посягают на преимущества теплофикации. Несомненно, что комбинированная выработка тепла и электроэнергии на ТЭЦ существенно выгоднее при прочих равных условиях, чем сочетание «КЭС + котельная». Просто вместо мнимой, очень большой выгоды останется реальная – просто большая. Тем не менее, зная уровень нашей отечественной науки в части технико-экономического сопоставления вариантов, многие специалисты опасаются, что при переходе на новую методику может произойти «перебор», и теплофикация будет существенно свернута.

Эти соображения, по человечески понятные, не должны оправдывать применение неверной методики. Дальнейшее использование показателей, не только искажающих действительную ситуацию, но и приводящих в конечном итоге к перерасходу топлива, должно быть прекращено. **Это все равно произойдет в связи с введением в энергетiku рыночных законов. Соотношение тарифов на электроэнергию и тепло неизменно изменится в пользу первой.**

Все способы теплоснабжения (в том числе тепловые насосы, и «кодженерейшн») будут соревноваться честно, на равных стартовых условиях. Только такой путь приведет к оптимальным решениям. Теплофикация при этом, несомненно, будет занимать достойное место.

За теорией останется анализ перспектив развития теплоэнергетики и поиск оптимальных решений с точки зрения экономии природных ресурсов и экологии. Здесь методы, подобные «физическому», вообще теряют смысл.....».

Исторически известно об огромном уроне, нанесенном нашему обществу в 30-60 годах, от, так называемого, научного учения «Лысенковщина в сельском хозяйстве» Отрицание научных подходов по внедрению концепции наследственности, изменчивости и видоизменении; шельмование советских ученых, имеющих свою точку зрения, отбросило назад на многие годы отечественную науку. Известно также об огромном уроне, нанесенном нашему обществу от непризнания кибернетики как науки об управлении.

К сожалению, не минула такая же участь «Лысенковщина» постигла советскую и российскую энергетiku. Приняв в 1950 году «доступный для понимания» физический метод с целью показать преимущества советской электроэнергетики, в советское время, и особенно в настоящее время был нанесен тяжелый урон топливосберегающей теплоэнергетике России. И если во времена ГОСПЛАНА СССР теплофикация как национальная программа обеспечивающая эффективное сбережение топлива имело свое достойное развитие, то с переходом на якобы рыночные отношения именно теплофикация стала необоснованной жертвой

- 1953г $N_{max}=150\text{мВт}$ 30% 410г/кВтч $P=170\text{ата}$ $T=550/520^{\circ}\text{C}$
- 1955г Повсеместное внедрение **температурного графика тепловых сетей 150/70°C**. Здорово! Более 50 лет назад было принято решение о температурном графике 150/70, который в корне определял техническую политику развития дальнего централизованного теплоснабжения. График позволял совместить комбинированное производство тепловой и электрической энергии на ТЭЦ и отдельное теплоснабжение от пиковых котельных. До 1992 года, пока был народный и партийный контроль, за содержанием тепловых сетей и систем потребления тепла, температурный график пытались выдерживать. Однако, с приходом так называемых рыночных отношений график стал массово не исполняться, и за последние 15 лет системы теплоснабжения работают с температурой не выше 100÷110°C, не обеспечивая экономичную нагрузку теплофикационных систем.
- 1959г КПД= 33% 370г/кВтч $N_{max}=200\text{мВт}$ $P=130\text{ата}$ $T=565/565^{\circ}\text{C}$

- 1963г КПД= 36% 340г/кВтч $N_{\max}=300\text{МВт}$ уголь $P=240\text{ата}$ $T= 560/565^{\circ}\text{C}$
- 1968г КПД = 36% 340г/кВтч $N_{\max}=500\text{-уголь, } 800\text{МВт-газ}$ КПД=39.6% 310г/кВтч
- 1980г КПД= 40% 304г/кВтч $P=240\text{ата}$ $T= 560/565^{\circ}\text{C}$ $N_{\max}=1200\text{МВт}$ на газе!

В очередной раз обращаем внимание читателя, что несмотря на все, самые передовые технические решения, на самой экономичной ГРЭС, работающей на газе, топливо используется всего на 40%, а остальные 60% топлива в виде сбросного тепла градирен и уходящих газов котлов выбрасывается в окружающую среду!

С. «Рыночной» период времени (1992 ÷ июнь 2008гг)

Источник: Справочник «Теплоэнергетика и теплотехника» Общие вопросы¹¹; В.А. Семенов «Оптовые рынки электроэнергии за рубежом»¹²; «Обзор показателей топливоиспользования ТЭС АО России за 2004г»¹³

С 1992 года в стране изменился общественный строй. Вместо плановой экономики, определяемой принципом «Всем, за счет всех», произведен переход, к так называемой «рыночной» экономике, действующей по принципу «Что не запрещено законом, то разрешено». В потере государственного управления эффективностью топливоиспользования, произошла молчаливая «передача по наследству» политического субсидирования потребителей электроэнергии за счет тепловых потребителей. Опыт старых энергетиков – теплофикаторов, чувствующих суть комбинированного производства энергии в условиях русских холодов не был востребован, а новое поколение менеджеров и регуляторов от энергетики, не владея фундаментальными знаниями формирования затрат в теплоэнергетике сосредоточили свое внимание только на вопросах развития электроэнергетики. Региональные власти, так же не имея фундаментальных знаний в вопросах производства комбинированной энергии, не имея государственной программы топливосбережения, так же не могли и не могут создать эффективную политику топливоиспользования в регионе.

- 1993-1996гг. Массовый отказ тепловых потребителей Москвы от теплоснабжения от ТЭЦ, с последующим переходом на собственные котельные. С целью, хоть как то, удержать тепловых потребителей в 1995году РАО «ЕЭС России» пришлось выполнить частичную корректировку так называемого существующего «физического» метода. Из 100% экономии топлива, примерно одна пятая часть экономии топлива было возвращено в пользу тепловых потребителей, но четыре пятых частей экономии топлива, по прежнему, ушло в пользу потребителей электрической энергии¹⁴.
- 1996г – По так называемому «Действующему методу ОРГРЭС» удельные расходы топлива на тепло от ТЭЦ снизились с ~174,8 до 147,5кг/Гкал, а удельные расходы топлива на электроэнергию увеличились с ~ 312.3г/кВтч до 345,8г/кВтч. Комбинированное производство электроэнергии на ТЭЦ в целом по России субсидировали раздельное производство электроэнергии с КПД = 46,3% до КПД=37,7% (рис 1)
- 22 декабря 2000г пуск ПГУ-450 на Северо-Западной ТЭЦ г. Санкт-Петербург. КПД = 53% 230г/кВтч. За счет применения бинарного цикла, в парогазовой установке эффективность использования топлива повышается с 40% до 53% в 1.25 раза. Однако из-за отсутствия государственного управления эффективностью топливоиспользования, приведшей к неготовности передачи тепловых нагрузок, до настоящего времени ПГУ-450 работает в конденсационном режиме, и не использует эффект теплофикации с КПД = 90%. Цена несвоевременного принятия политических решений, обходится жителям Санкт Петербурга в 90-53=37% топлива!

¹¹ Теплоэнергетика и теплотехника. Общие вопросы. Справочник под редакцией А.В. Клименко и В.М. Зорина. Издательство МЭИ Москва 1999г

¹² В.А. Семенов «Оптовые рынки электроэнергии за рубежом» Аналитический обзор. Москва «ЭНАС» 1998г

¹³ Фирма ОРГРЭС «Обзор показателей топливоиспользования ТЭС АО России за 2004г» Москва 2005г

¹⁴ Астахов Н.Л. «Некоторые методы распределения расхода топлива энергетических котлов ТЭС между электроэнергией и топливом. Доклад на юбилейной научно –практической конференции, посвященный 50-летию ИПК госслужбы. Москва 2002г стр 90-97

- 2004год – Эффективность производства электроэнергии в целом по РАО «ЕЭС России» оценивается КПД=36.8%, Вээ=334г/кВтч, В тэ=144 кг/Гкал.
- июнь 2008года. – Официально объявлено о разрушении деятельности федеральной монополии РАО «ЕЭС России» и перевод Российской электроэнергетики на рыночные отношения. Монополия ушла, а методика перекрестного субсидирования осталась!

II. Удивительное рядом! Не энергосбережение, а топливосбережение!

В практике, в подавляющем большинстве случаев экономические расчеты показателей производства и потребления энергии осуществляется именно через вторичные показатели – через расход энергии необходимый для конечного потребления. Однако, при ведении расчетов сложных теплоэнергетических систем, состоящих из разнохарактерных видов производства и потребления энергии, там, где применяются комбинированные системы: теплофикация, тригенерация, производство холода, проведение расчетов только через энергию, с применением теоретического эквивалента топлива приводят **к недостоверным результатам**, достигающей 3÷5 кратного искажения значения от фактических расходов первичной энергии (эксергии) топлива (*Вспомните вышеприведенную цитату из книги Янковского*) Удивительные вещи, не совпадающие со знаниями школьными физики у большинства менеджеров от энергетики, показывающие о несовершенстве расчетов только с применением показателей вторичной энергии, в сложных теплоэнергетических системах можно обнаружить при анализе прироста расхода топлива на прирост расхода тепловой энергии от теплофикационных турбин ТЭЦ.

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

Умов 1906

Выдержки из книги Е.И. Янковского «Потоки энергии и эксергии»¹⁵ 1988г стр. 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 приобретает особую важность 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 по получению 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 низкой, поэтому в нашей стране, и частности в Москве, появились здания с тонкими стенами и обилием стекла. Исчислялась 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, нормати-

¹⁵ Янковский Е.И. Потоки энергии и эксергии. – Москва. Наука, 1988. -144 с, ил.–Серия «Наука и технический прогресс»

вы на толщину стен много выше наших. Так, погрешность единственного критерия – «приведенных затрат», обусловила очевидное неверное техническое решение в строительстве.

Другой пример – реконструкции действующих энергетических предприятий, которую 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. (Прошу читателя запомнить эту цифру А.Б.Богданов) 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 это и весь вопрос: есть ли возможность сейчас 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 все больше энергии потреблять сам 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 не подвластны 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 электровоза.

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.»

Наглядность несовершенства анализа энергосбережения с применением только удельного расхода топлива на электроэнергию и на тепловую энергию по существующей методике можно показать на примере сравнительной оценки потребности в топливе для теплицы. Если теплицу обогревать теплом от котельной, то при отпуске равного количества тепловой энергии, к примеру 1Гкал, потребность в топливе составит на уровне 163кг.у.т. Если же для теплицу расположить рядом с ГРЭС или ТЭЦ, вырабатывающую электроэнергию по конденсационному циклу, то для отпуска тепла теплице с температурой воды 33°С дополнительного расхода топлива вообще не потребуется! Берите, сколько можете унести! (табл. 1). Именно по этой причине во времена ГОСПЛАНА теплицы строили рядом с ГРЭС и ТЭЦ работающей по конденсационному циклу, и именно по этому тарифы на тепло были более чем в два раза ниже.

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

Табл.№1

Табл.1 Прирост топлива на прирост тепла $\Delta B/\Delta Q$ [кг.у.т/Гкал]	
Для котельных	Для теплофикационных турбин ТЭЦ
~163 кг/Гкал вне зависимости от температуры	при температуре пара $t = 300^{\circ}\text{C}$ ~ 120.0 кг/Гкал или 74%
	$t = 200^{\circ}\text{C}$ ~ 100.0 или 61%
	при температуре сетевой воды $t = 100^{\circ}\text{C}$ ~ 50.0 или 31%
	$t = 60^{\circ}\text{C}$ ~ 30.0 или 18%

Казалось бы, нам монополистам энергетикам, надо бы бегом бежать за таким выгодным потребителем как теплицы. Но, отсутствие знаний сути отдельного и комбинированного способа производства энергии, понимание разницы между первичными и вторичными показателями энергии, приводит к «слепым и механическим» решениям регулирующих и надзорных органов в энергетике.

Ш. Задачи, решаемые «негласными правилами игры в Российской энергетике».

1950 год 11 января - начало «Лысенковщины в энергетике» На совместном заседании Министерства электростанций и Академии наук СССР было принято политическое решение о применении «физического» метода распределения топлива на тепловую и электрическую энергию. Это «негласное правило политической игры», как мина замедленного действия, обеспечивает перекрестное субсидирование электроэнергетики топливом за счет потребителей тепла, отбросила энергосберегающую политику России на многие десятилетия назад. Политическая задача, которая решалась с применением «физического» метода заключалась в том, что бы показать эффективность социалистической экономики в сравнении с капиталистической экономикой. В краткосрочном периоде времени это решение выглядело как очень эффективное «технологическое» решение, хотя по смыслу это чисто политическое решение. В долгосрочном периоде времени, анализ, основанный на искаженных показателях, утвержденный государственными надзорными органами, привело неминуемому вытеснению энергосберегающих технологий в целом по России.

С переходом на так называемые рыночные отношения, «негласные правила игры» по наследству продолжали обеспечивать снижение стоимости только электрической энергии. Это привело к тому, в целом по России, и особенно по Москве пошло массовое отключение тепловых потребителей от ТЭЦ и началось строительство собственных котельных. Вынужденное решение регулирующих органов в 1995 году об частичном, до ~20% возврате эффекта для тепловых потребителей, частично притормозило, не остановило дикий процесс «котельнизации» России.

А) Политическая задача 1952–1992 гг – быть «впереди планеты всей».

В политической и экономической борьбе социализма и капитализма мы соревновались в вопросах развития электроэнергетики. Очень хорошо помню, как институте, нам наглядно (рис №2) доказывали, что советская электроэнергетика является лидером по экономичности производства электрической энергии:

1970 году третье место: Франция -338, США-363, СССР-366, ФРГ- 370 Англия-411 г/кВтч

1975 году второе место: Франция –333, СССР–340, ФРГ–341, США-370 г/кВтч

1980 году СССР вышел на удельный расход 327 г/кВтч!

«Негласные правила игры в энергетике» обеспечить победу, в политической борьбе социализма против всех, было выполнено. Мы старательно повторяли на экзаменах эти политические постулаты. Как же не верить! Есть официальная отчетность. И только спустя 25 лет, очень немного, позволили себе разобраться в сути перекрестного субсидирования топливом в политической борьбе в электроэнергетике.



Б) Организационная задача 1952-1992гг – обеспечить снижение долевого вклада Минэнерго СССР.

В советское время ГОСПЛАН СССР определял энергетическую политику страны. Он вел топливный и энергетический баланс страны, отвечал за рациональное использование топлива в целом по стране. Исполнительными органами, непосредственно проводящими топливную политику, были: а) министерство энергетики, отвечающее, прежде всего за развитие электроэнергетики в целом по стране; б) региональные органы власти, области, отвечающие за развитие теплоэнергетического комплекса на местах.

Минэнерго СССР несло конкретную ответственность за развитие электрической части энергетического комплекса страны. Строительство объектов электроэнергетики таких как – системные линии электропередач, строительство ГЭС, ГРЭС, и электрической части ТЭЦ. При этом применение физического метода распределения топлива, устраивал именно Минэнерго, так как при этом методе, размер долевого вклада Минэнерго в строительство ТЭЦ, определялось пропорционально топливной составляющей на электроэнергию. При применении физического метода размер долевого вклада Минэнерго СССР соответственно был меньшими.

Регионы (области) несли ответственность за обеспечение регионов топливом и теплом. При этом долевой вклад региона (области) в строительство тепловой части ТЭЦ определялся пропорционально топливной составляющей в тепловую энергию от ТЭЦ, и соответственно был большими.

С) Задача политического субсидирования настоящего времени.

В условиях разделения собственности произошло дальнейшее разделение сфер влияния. При разделении произошла потеря идеологии, контроля и управления топливосбережением в России. Ранее, единый, топливно-энергетический комплекс России управляемый Госпланом, разделился на две части. С одной стороны выделилась федеральная, монополично развитая электроэнергетика, основной задачей которой является развитие электроэнергетического комплекса страны. С другой стороны остался затратный теплоэнергетический комплекс города, области, отвечающий за обеспечение теплоснабжение потребителей. В условиях отсутствия эффективного топливосберегающего законодательства каждый субъект, в так называемом

мых «рыночных условиях», вынужден самостоятельно принимать решения о строительстве энергетических мощностей, не соизмеряясь с общественной ценностью своего решения. В условиях неприятия фундаментальных знаний по экономике комбинированного производства мощности и энергии, нужно длительное время, десятилетия, что бы убедиться в правоте или ошибочности принятых решений.

Инструкция Минпромэнерго №286¹⁶ позволили «по наследству», передать с регионального уровня на федеральный уровень, до 80% эффекта от теплофикации, и автоматически показать якобы, рыночную непривлекательность конденсационной энергии от региональных и промышленных ТЭЦ.

Основная задача перекрестного субсидирования – в настоящее время, в условиях отсутствия топливосберегающего законодательства и некомпетентности регулирующих органов:

- обеспечение приоритетного развития электроэнергетики и федеральных ГРЭС;
- снижение стоимости электроэнергии на рынке энергии для крупнейших оптовых покупателей электроэнергии, не участвующих в технологии комбинированного производства тепловой и электрической энергии (железная дорога, алюминиевая промышленность и т.д.)

Для понимания экономической выгоды от потребления комбинированной электрической энергии и комбинированной тепловой энергии, рассмотрим пример, по изменению статистической отчетности 6-ТП, позволяющий устранить основы перекрестного субсидирования и организовать эффективный менеджмент тепловой и электрической и комбинированной энергии в России.(табл. 2)

Табл. 2. Размеры перекрестного субсидирования, и ошибочность существующей статистической отчетности 6-ТП (для самых эффективных теплофикационных блоков 250МВт табл. 3.2 отчета ОГРГЭС за 2004год)					
Удельный расход топлива и КПД использования топлива	ед. измерения	Перекрестное субсидирование		Без перекрестного субсидирования	
	ед. измерения	Данные отчетности 6-тп	Степень субсидирования	Раздельное производство	Комбинированное производство
— на электроэнергию Вээ	г/кВтч	269,60	1,96раза	308,32	157,12
КПД по ЭЭ	%	45,6%		39,85%	78,19%
—на тепловую энергию Втэ	кг/Гкал	131,80	0,97 раза	177,70	182,70
КПД по ТЭ	%	108,4%		80,39%	78,19%
		Недостовечно- 45,6% Нелогично -108.4%		Точно отражает технологию производства энергии	
— КПД в целом по ТЭЦ	%	66,97%	1,70 раза	45,90%	78,19%
— Удельная потребление теплофикационной ЭЭ к теплу	мВт/Гкал	0,614			0,692
Вывод: Главнейшее направление по росту КПД использования топлива, для вновь вводимых мощностей в 1,7 раза от 45,9% до 78,25% – это рост потребления комбинированной энергии, с обеспечением дальнейшего роста от удельного потребления комбинированной энергии 0,614 до 0,692мВт/Гкал					

Данные расчета наглядно показывают, что электроэнергия, полученная по конденсационному – раздельному способу производства реально обходится с затратами 308,32г/кВтч. против электроэнергии получаемой от ТЭЦ по комбинированному способу 157,12 г/кВт. Однако за счет перекрестного субсидирования электроэнергии за счет комбинированной электрической энергии **в 1,7 раза**, по федеральной инструкции 286 удельный расход топлива искусственно снижается до значения 269,6г/кВт. Данные таблицы 2 наглядно

¹⁶ Приказ Минпромэнерго России от 4 октября 2005г №268 «Порядок расчета и обоснование удельного расхода топлива на отпущенную электрическую и тепловую энергию от тепловых электростанций и котельных»

показывают, что главным направлением перспективного развития энергетики, позволяющим значительно экономить топливо, является дальнейший рост комбинированного потребления тепла и электроэнергии.

ВНИМАНИЕ! Для собственников ТЭЦ, для операторов торговой сети.

Мало того, что субсидируется конденсационная энергия ГРЭС, этой же инструкцией автоматически завышается удельный расход на конденсационную энергию ТЭЦ. По этой -же самой причине у оператора торговой сети, диспетчеров энергосистем уже на подсознательном уровне сложилось глубоко ошибочное мнение, что конденсационная электрическая энергия от ТЭЦ заведомо априори не является конкурентно способной с федеральной конденсационной электроэнергией.

Цена бездействия по устранению перекрестного субсидирования.

Размер экономии топлива, который в виде сбросного тепла можно использовать для теплоснабжения населения при комбинированном способе тепло и электроснабжения потребителей составляет:

- Для современных ГРЭС и ТЭЦ, работающих в конденсационных режимах – потенциал экономии топлива составляет не менее 49÷55% (рис. 1)
- Для самых современных отопительных котельных – потенциал экономии топлива составляет не менее 75–81% .
- Для самых современных конденсационных парогазовых установок ПГУ – не менее 25%

Что делать, для достойного возрождения теплофикации России, для устранения скрытого и явного перекрестного субсидирования.

Для устранения основ перекрестного субсидирования, исключения монопольных преимуществ потребителей электроэнергии над потребителями комбинированной энергии, развития эффективного менеджмента тепловой и электрической энергии в России необходимо:

Академии наук РФ не отмалчиваться, выработать свою позицию, извиниться за согласование в 1950 году «Физического метода» и организовать проведение технологического и экономического всеобуч.

1. Подготовить рекомендации Антимонопольному комитету РФ, федеральной службе по тарифам, Минэнерго, по применению: «3+5 принципов выхолащиванию юристами сути проекта «Закона о теплоснабжении» «Процессинга топлива» по формированию топливосберегающей политики в России
2. Рекомендовать ВЭПу, Росстрою Ростехнадзору России отклонить от согласования разделы инструкции «Порядок расчета и обоснование удельного расхода топлива на отпущенную электрическую и тепловую энергию от тепловых электростанций и котельных» по прогнозированию расхода топлива РД-10-ВЭП в части оценки экономии топлива и перспективы развития «Схем теплоснабжения городов»
3. На основе «3+5 принципов» топливосберегающей политики подготовить проект «Инструкции о порядке расчета топлива при комбинированном способе производства и потребления энергии» дающее четкое и однозначное решение по расходу и распределению топлива на энергию (метод Бутакова, Лукницкого ~40-х годов)
4. Подготовить проект «Инструкции о порядке расчета издержек и о порядке оценки объемов перекрестного субсидирования в теплоэнергетике»
5. Дать рекомендации РОССТАТУ по корректировке формы статистической отчетности «**6-тп**» в части официальной оценки топливосберегающего эффекта предприятия, города, региона
6. В проект Федерального Закона «О теплоснабжении» включить конкретные пункты отражающих суть комбинированного потребления энергии.

1. «Любое предприятие свыше 1 МВт будет преобразовано для комбинированного производства тепловой и электрической энергии». (это дословная копия пункта 4 статьи 6.1. Закона о теплоснабжении Дании № 382 от 1990года);
2. На законодательном уровне, в законе о теплоснабжении **внести классификацию потребителей** тепловой и электрической энергии по следующим четырем видам:
 - Потребители, получающих **электроэнергию**, произведенную по отдельному способу производства (конденсационная электроэнергия КРЭС и ТЭЦ)
 - Потребители, получающих **тепловую энергию** произведенную по отдельному способу производства (тепло котельных)
 - Потребители, получающие электроэнергию и тепловую энергию, произведенную по комбинированному способу производства (комбинированная электрическая и комбинированная тепловая энергия ТЭЦ)
 - Потребители, получающие тепловую и электрическую энергию, произведенную смешанными способами производства (по отдельному и по комбинированному способу)
3. Коммунальное энергетическое предприятие - монополист должно придерживаться трех принципов ценообразования: а) удовлетворение спроса; б) сведение к минимуму производственных затрат; в) продажа по маргинальным издержкам. (это дословная выдержка из статьи «Тарифный и нагрузочный менеджмент» Lescoeur, J.B. Calland 'Tariffs and load management: the French experience'. Electricite de France. IEEE Transactions on Power Systems, Vol. PWRS-2, No.2, May 1987. 458-464 ;
4. При формировании тарифного и нагрузочного менеджмента необходимо учитывать пять принципов, учитывающих особенности российской энергетики. Потребление энергии первично, производство энергии вторично; потребление и производство энергии неразрывно и во времени и в пространстве; на конкурентный рынок предоставляется два вида энергетической продукции: а) энергия, и б) мощность; на конкурентном рынке не должно быть перекрестного субсидирования, одних потребителей за счет других потребителей

С уважением
Аналитик теплоэнергетики

Богданов А.Б.
19 октября 2008 года