

3. Новиков В.К., Михайлов Э.М. Методы удаления нитратов и нитритов из природных вод: Обзорная информация. - М.: ЦБНТИ Минжилкомхоза РСФСР, 1988.- 39 с.
4. Яромский В.Н., Лысенкова Т.М., Соколюк С.В. Исследование методов очистки подземных вод от нитратов и нитритов.// Материалы международной 53-ей научно-технической конференции профессоров, преподавателей, научных работников и аспирантов БГПА, Ч. 3, Мн., 1999, с. 110.
5. Н.Ф. Фигуровская, Л.М. Журавлева, А.М. Чемерисова, Н.Н. Смирнов, В.А. Константинов. Ионообменные процессы. Теоретические основы, расчет и аппаратное оформление / Под редакцией д.т.н. Н.Н. Смирнова, Куйбышев: КПТИ, 1981, 88 с.
6. Яромский В.Н., Лысенкова Т.М., Соколюк С.В. Исследование процесса очистки подземных вод от азотистых соединений методом ионного обмена/Белорус. гос. технолог. ун-т. Мн., 1999. - 16с.: Библиогр.:4 назв. Рус. Деп. в БелИСА 03.08.99, №Д199984//

УДК 658.26

**Северянин В.С.**

## ОСНОВА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ - НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Термин "энергосбережение" не вполне корректен: энергия не возникает и не исчезает, беречь ее с точки зрения физики бессмысленно; однако можно говорить о качестве энергии (для теплоты - это температура, энтальпия, эксергия), тогда нужно рассматривать экономное расходование качества энергии, т.е. когда возможно преобразование форм энергии, требующее определенных значений разности характерных потенциалов: если эксергия (или температура) теплоты мала (эксергия равна нулю, когда температура рабочего тела равна температуре окружающей среды), то теплота никому не нужна, хотя ее в количественном отношении может быть очень много.

Для получения требуемой формы энергии (электрическая, тепловая) в технике требуются определенные затраты, поэтому эта форма энергии становится товаром, и этот товар, измеренный в джоулях, киловатт-часах, рублях - становится как бы овеществленным продуктом. В этом и состоит этимология слова "энергосбережение"; несмотря на возражения специалистов (в РБ издается журнал "Энергоэффективность" Госкомитета РБ по энергосбережению), этот термин можно сохранить, представляя его трансформацию из физического в экономическое понятие.

Энергосбережение - комплекс научных, технических, организационных мероприятий, направленных на уменьшение потерь энергии у потребителя ее и уменьшение затрат при производстве энергии у производителя.

Энергосбережение, таким образом, - техническое развитие человеческого общества: получение максимального эффекта при минимальных затратах. Конечно, законы физики ставят предел этой эволюции - нет вечных двигателей I и II рода, энтропия растет, чтобы из тепловой энергии (основа современной цивилизации) получить механическую и, следовательно, электрическую энергию, надо "заплатить" природе - часть исходной теплоты выбросить в окружающую среду, причем тем больше, чем ниже качество исходной теплоты. Технические науки приближаются к этому пределу по такой схеме преобразования энергии, и дальнейшее развитие требует других схем - т.е. перехода на новые технологии.

Нельзя принимать за собственно энергосбережение установку приборов учета расхода и качества энергетических потоков у всех потребителей и производителей энергии, строгое соблюдение технологической дисциплины в промышленности, элементарной дисциплины у потребителя ("выходя, выключайте свет"), - все это необходимые условия энергосбережения. В то же время, естественно, не энергосбережение - выключение энергии (отключение отопления, света), это следует считать аварийной ситуацией или банкротством.

С точки зрения потребления энергии как товара любую производственную деятельность можно охарактеризовать

энергетическим коэффициентом полезного действия  $\eta$ :

$$\eta = \frac{\mathcal{E}}{Z}, \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}$  - эффект деятельности, - то, что произведено с применением энергии, в данном случае - энергетическая составляющая в себестоимости, умноженная на количество товара, произведенного потребителем энергии;  $Z$  - затраты на производство энергии (из которой получен  $\mathcal{E}$ ) у производителя энергии; это то, что получено предприятием (потребителем) от производителя энергии (энергогенерирующие установки и предприятия).

Величина  $\eta$  характеризует степень использования энергоресурсов, т.е. качество производственного процесса.

Очевидно, что больший эффект требует больших затрат; между ними может быть линейная зависимость (сплошная линия 1 на рис. 1), т.е. рост затрат дает пропорциональный эффект; возможен уменьшающийся рост эффекта с увеличением затрат (штрих-пунктирная линия 1 рис. 1) и увеличивающийся рост эффекта с увеличением затрат (штриховая линия 1 там же).

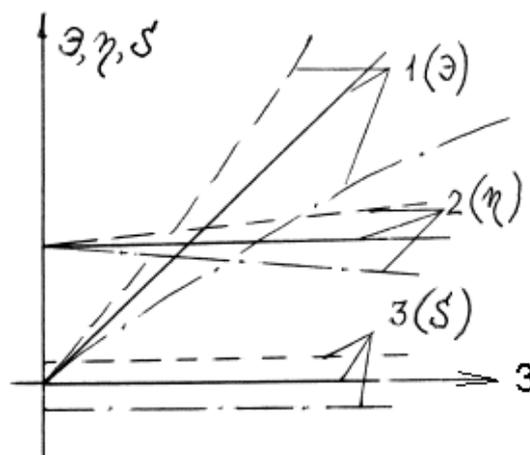


Рис. 1

При единичных приращениях  $\mathcal{E}$  и  $Z$  имеем первую производную от зависимости

$$\mathcal{E} = f_1(Z), \quad (2)$$

т.е. это не что иное как упомянутый выше КПД. Тангенс угла наклона кривых 1 при заданном  $Z$  дают соответствующие линии 2. Они означают, что при росте затрат  $Z$  энергетический КПД может снижаться, расти, быть постоянным.

**Северянин Виталий Степанович.** Профессор каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения. Брестский политехнический институт (БПИ). Беларусь, г. Брест, ул. Московская, 267.

Эффективность мероприятий по энергосбережению, следовательно, необходимо характеризовать изменением энергетического КПД:

$$S = \Delta\eta, \quad (3)$$

т.е. при единичных приращениях  $Z$  и  $\eta$  эффективность энергосбережения  $S$  - производная для зависимости

$$\eta = f_2(Z) \quad (4)$$

или вторая производная для (2):

$$S = d^2 \eta / dZ^2 \quad (5)$$

Таким образом, эффективность энергосбережения - это вторая производная эффекта по затратам. Линии 3 на рис. 1 показывают, что только в случае

$$S > 0 \quad (6)$$

мероприятия по энергосбережению целесообразны, при

$$S < 0 \quad (7)$$

от таких мероприятий следует отказаться (соответственно штриховая и штрих-пунктирная линии 3).

Если  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  - потери энергии у потребителя до и после проведения мероприятий по энергосбережению, а  $\Delta Z$  - снижение затрат на производство энергии при этом, то, согласно (1), (3) имеем:

$$S = \frac{\Delta - \Pi_2}{Z - \Delta Z} - \frac{\Delta - \Pi_1}{Z}, \quad (8)$$

или в удобной для анализа форме:

$$S = \frac{\Delta \Pi + (\Delta - \Pi_1) \Delta Z}{Z - \Delta Z} \quad (9)$$

По (9) можно сделать следующие выводы:

Эффективность энергосбережения пропорциональна снижению потерь у потребителя:  $S \sim \Delta \Pi$ . Этот вывод соответствует общепринятому понятию энергосбережения. Однако возможности существующих производств будут скоро исчерпаны. Нужны новые принципы потребления энергии.

Энергосбережение эффективно для больших производств:  $S \sim (\Delta - \Pi_1)$ , это простая экстенсивная зависимость.

Эффективность энергосбережения существенно растет при снижении затрат на производство энергии ( $\Delta Z$  в числителе и знаменателе (9) одностороннего действия). Это очень важный вывод, т.к. существующие технологии производства энергии при соблюдении технологической дисциплины уже имеют максимальную для них эффективность, т.е. - требуются новые технологии.

Эффективность энергосбережения пропорциональна относительному снижению затрат на производство энергии:  $S \sim \Delta Z / Z$ . Этот интенсивный фактор особенно ценен при труднодостижимых малых  $\Delta Z$ , т.е. когда существующие технологии исчерпываются. Кроме того, этот показатель высок для энергоустановок малой мощности, т.е. имеется перспектива децентрализованного энергоснабжения.

Перед тем как перейти к примерам новых технологий, следует напомнить, что в республике Беларусь около половины импортируемых энергоресурсов (их приобретается ежегодно на 2 млрд. долларов) идет на нужды отопления жилых и общественных зданий, порядка четверти - на производство электроэнергии, остальное - промышленность (технологии) и сельское хозяйство. Поэтому примеры будут ограничены энергетикой и теплоснабжением. Кроме того следует учитывать, что сейчас резко увеличиваются затраты на соблюдение экологических условий при производстве и потреблении энергии, это необходимо для устойчивого развития общества. Всемирная комиссия по окружающей среде и развитию так постулирует это требование: "Устойчивым является развитие,

обеспечивающее развитие современного общества без уменьшения способности будущих поколений обеспечивать свои потребности" [1].

Понятие "новые технологии" можно разделить на три группы или уровня.

I. Совершенствование известных технологий с получением существенно более высокого эффекта (условие (6)). Одним из примеров этой группы является использование нестационарных технологических процессов: тепломассообмен, горение, энергетические преобразования. Пульсирующее горение [2,3], в частности, позволяет провести переход химической энергии топлива в теплоту и механическую работу значительно эффективнее, чем при стационарном (общепринятом) горении.

Другим примером этой группы технологий является централизованное теплоснабжение с доводчиками теплоты у потребителей [4]. Эта схема значительно снижает теплотери при транспорте теплоты (основной недостаток существующих широко распространенных централизованных систем теплоснабжения) при заданном режиме теплоснабжения. Использование же некоторых известных технологий (предизолированные трубы тепловых сетей, "термошуба" зданий и др.) зачастую дает (7), и их применение объясняется другими, часто субъективными причинами. К этой группе относятся мероприятия по использованию вторичных энергоресурсов, всемерная автоматизация, утепление внешних ограждений зданий, надстройка электрогенераторами существующих паровых котельных.

Новые технологии этой группы - это практические реальные предложения (пилотные разработки, лабораторные исследования, доведенные до внедрения).

II. Технологии, которые полностью заменяют существующие, но проверенные расчетом, эксплуатацией, экспертизой. Обычные конденсационные тепловые электростанции расходуют ~350 гр. условного топлива на кВт-час выработанной энергии, а парогазовые (в них котел - это камера сгорания под большим давлением, из него газ идет на газовые турбины, а пар - на паровые) - 250. Это существенная величина  $\Delta Z$ . Парогазовые установки в РБ сейчас проектируются для Минских ТЭЦ-3 и ТЭЦ-5, Березовской ГРЭС, имеются в опытной эксплуатации на Оршанской ТЭЦ. Внешнеэкономические условия (экспорт) наряду с указанным фактором гарантируют (6).

В РБ [5] предложен дом почти не потребляющий тепловой энергии на отопление (проект "Пассивный дом"). Расчеты показали, что такое жилье будет дороже в 1,6 - 1,8 раз, по сравнению с обычным, но стоимость сэкономленных энергоресурсов позволит окупить первоначальные затраты за 5 - 6 лет. Суть проекта - рекуперация тепла отводимого воздуха.

Технологии второй группы - это новейшие изобретения, расчеты, апробированные схемы. Они могут быть представлены единичными образцами, и часто не совсем убеждают распорядителей инвестиций.

III. Новые технологии третьей группы - это принципиально, революционно новые предложения, в основном на уровне идей. Естественно, предыдущие группы - это развитие третьей; последняя - это база первых, поэтому с учетом отсева по разным причинам, предложений третьего уровня должно быть по крайней мере на порядок больше имеющихся первых двух. На самом же деле внимание технической общественности, руководящих структур, экономистов, спонсоров к этим предложениям не соответствует их важности. Возможно, причиной этому является инвестиционная слабость и низкая научно-техническая культура.

В патенте РФ [6] подробно описана тепловая электрическая станция (ТЭС), совершенно нового типа. Как известно, к затратам на производство энергии следует отнести не только стоимость топлива, оборудование зданий и т.д., но и затраты на поддержание экологической чистоты ТЭС (это минимизация выбросов продуктов сгорания: возможные недожоги, выбрасываемые оксиды серы и азота, летучая или в виде суспензии зола, "парниковые" газы). Оказывается, возможна

организация такого производства электроэнергии, когда ТЭС будет выделять в атмосферу кислород, нарабатывать новое органическое горючее, предупреждать загрязнение окружающей среды золовыми остатками.

На рис. 2 показана принципиальная схема ТЭС: 1 - угольный пласт (слева - свежая залежь, справа - выработанное пространство); 2 - паросиловая установка (парогенератор, турбина, электрогенератор, конденсатор) в устье скважины; 3 - воздушные вентиляторы; 4 - очистные установки; 5 - растущая биомасса.

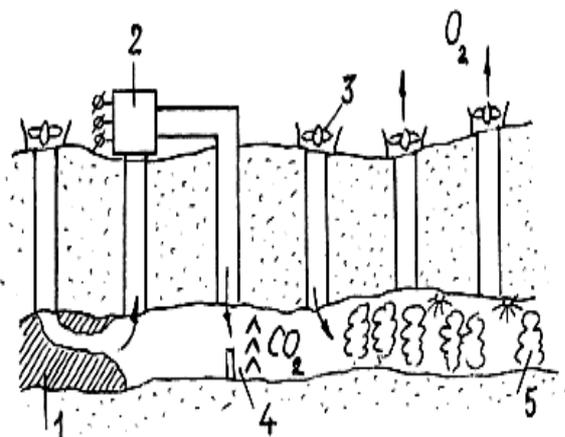


Рис.2

Продукты сгорания из горящего забоя пласта 1 поднимаются к паросиловой установке 2, в котле образуется пар, он подается на турбину, турбина вращает электрогенератор. Потoki регулируются вентиляторами 3. Охлажденные продукты сгорания вновь подаются в выработанное пространство угольного пласта, в котором на гидропонике растут быстрорастущие зеленые растения 5, благодаря фотосинтезу поглощается углекислый газ и выделяется кислород. Биомасса освещается светильниками. Газы предварительно очищаются в очистных установках 4. По мере выгорания угля ТЭС перемещается. Выработанная электроэнергия по ЛЭП передается потребителям. Такие ТЭС целесообразны для крупных угольных месторождений (например, - Тунгусское в РФ, в котором 2 трлн. т угля из 14 мировых).

Для широтного географического пояса, в котором находится РФ, как показано выше, основная доля энергоресурсов идет на отопление. Поэтому требуются разработки по резкому уменьшению этого потребления.

Расход теплоты на отопление равен теплотерям помещений: это, в основном, трансмиссионные тепловые потери через ограждающие конструкции и потери с вентилируемым воздухом. Поэтому радикальное средство энергосбережения - уменьшить эти потери теплоты, соблюдая условие (6).

Рис. 3 предлагает возможное решение этой проблемы. Принцип использования геотермального утепления известен [7] относительно давно, однако предлагались решения только для малых и вспомогательных строений. По мнению автора, этот принцип вполне приемлем и для крупных жилых зданий с повышенным комфортом.

На рис. 3 обозначено: 1 - многоэтажное здание; 2 - грунтовые насыпи; 3 - геотеплопроводы; 4 - воздухоприемные и воздухоотводящие устройства; 5 - рекуператор; 6 - светоход; 7 - водоснабжающие и канализационные коммуникации.

Многоэтажное здание 1 несколькими этажами заглублено в землю, грунт используется для насыпей 2. Этажи связаны с откосами насыпей коридорами-шлюзами. В насыпях 2 расположены геотеплопроводы 3 в виде труб Фильда (в замкнутой трубе диаметром 200 ÷ 500 мм смонтирована внутренняя тру-

ба диаметром 50 ÷ 200 мм, не доходящая до верха и низа внешней). В них циркулирует вода: снизу во внутренней трубе поднимается теплая, по наружной опускается охлажденная; таким образом в насыпи 2 вводится геотепло, экранируя теплопотери здания 1.

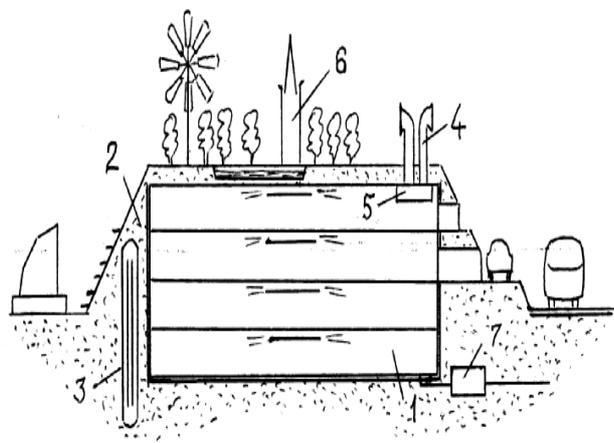


Рис.3

Благодаря этому и теплоизоляционному действию насыпей 2 исключаются трансмиссионные потери. Насыпи 2 могут быть оборудованы гидроизоляцией, внутренней вентиляцией, внешними солнечными коллекторами. Аэрация здания 1 осуществляется через вентиляционные каналы при помощи воздухоприемных и воздухоотводящих устройств 4, при этом регенерация теплоты происходит в рекуператоре 5. В этом теплообменнике холодный внешний воздух подогревается теплым удаляемым, солнечный свет специальными каналами - светоходами 6 (в отличие от световодов волоконной оптики) подается во внутренние помещения здания 1. Водоснабжение и канализационные коммуникации 7 так же имеют рекуператоры, позволяющие утилизировать сбросную теплоту. Все сооружение обустраивается малыми архитектурными формами и вспомогательными энергоагрегатами, которые кроме комфорта должны давать добавочный энергосберегающий эффект. Естественно, здесь описывается отопительный режим; в летнем режиме основную роль играет вентиляция без рекуперации.

Таким образом, научные разработки в области энергосбережения должны быть направлены на поиски, расчеты, конструктивное оформление технологий высокоэффективного производства и потребления энергии.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бубнов В.П. Энергоисточники и окружающая среда // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). - 1999. - № 6. - С. 68.
2. Северянин В.С. Установки пульсирующего горения. // Вестник МГТУ им. Баумана, серия Машиностроение. - 1999. - № 1. - С. 32 - 40.
3. Северянин В.С., Федоров В.Г. Пульсирующее горение - новая технология топливоиспользования // Известия Белорусской инженерной академии. - 1966. - № 2. - С. 48 - 53.
4. Северянин В.С. Централизованное теплоснабжение с доводчиками. // Энергетика (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). - 1998. - № 4. - С. 39 - 43.
5. Газета "Строительный рынок". - 1998. - № 13. - С. 30.
6. Патент РФ 2023170, F 01 K 13/00. Тепловая электрическая станция / В.С. Северянин // Бюл. изобр. - 1994. - № 21.
7. Беляев В.С., Л.П. Хохлова. Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий // М.: Изд. высшая школа, - 1991. - С. 139.