

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ РАССУЖДЕНИЯ ОБ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ

Климова Г.Н.<sup>1</sup>, Литвак В.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Томск, Россия (634050, г. Томск, пр. Ленина, 30), e-mail: [gariki@tpu.ru](mailto:gariki@tpu.ru)

---

В большинстве стран мира формируются общественные движения, государственные законодательные акции и производственно-технологические регламенты в пользу энергосбережения, эффективного использования энергетических ресурсов. Это особенно заметно в периоды повышения цен на энергоресурсы, на нефть и нефтепродукты, уголь, газ, электрическую и тепловую энергию. В этих условиях обнаруживаются характерные закономерности и противоречия. Анализ выявленных закономерностей и противоречий приведен в данной статье и может представлять практический интерес для лиц, занимающихся энергосбережением. Энергосбережение характеризуется в то же время рядом проблем, суть которых обнаруживается в производственных и личных отношениях между людьми. Разрешение проблем энергосбережения лежит как в области государственного регулирования, так и в хозяйственных взаимоотношениях и массовой агитации и пропаганде вплоть до формирования энергоэкономичного образа жизни людей.

---

Ключевые слова: энергосбережение, показатели энергетической эффективности, энергетическая политика.

## THEORETICAL REASONINGS ON ENERGY SAVING

Klimova G.N.<sup>1</sup>, Litvak V.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> National research Tomsk polytechnic university, Tomsk, Russia (634050, Tomsk, Lenin Ave, 30), e-mail: [gariki@tpu.ru](mailto:gariki@tpu.ru)

---

Social movements, state legislative actions, production and technological regulations in favor of energy-saving and efficient use of energy resources are forming in most world countries. This is particularly evident in periods of rising energy prices, such as, oil and oil products, coal, gas, electricity and heat. There are some specific regularities and contradictions in these conditions. Analysis revealed regularities and contradictions has presented in this article and can be interested practically for people who deal with energy conservation. At the same time, energy conservation is characterized by range of problems, which can be founded in industrial and personal relationship between people. Solving problems, connected with energy saving, located not only in field of governmental regulation but also in economic relations and media propaganda and agitation until the formation of energy efficient lifestyles.

---

Keywords: energy saving, indicators of energy efficiency, energy policy.

Российский и советский опыт управления энергосбережением, обладая некоторыми особенностями, вместе с тем повторяет тенденции, характерные для западных стран.

Закономерности и противоречия энергосбережения как процесса позволяют увидеть в нем специфичное, в известной степени новое явление общественной жизни. Особенности этого явления можно представить в виде следующих теорем.

***Теорема 1. Энергосбережение было и остается побочным продуктом научно-технического прогресса.***

Научно-технический прогресс, заключающийся в существенном качественном преобразовании производительных сил на основе новейших научно-технических достижений, изобретений и открытий, создает невиданные ранее возможности для человека и общества. Одним из таких последствий является рост потребления энергетических ресурсов. Как мера преодоления роста спроса на энергоресурсы формируются требования

энергосбережения. Среди требований к научно-техническим образцам утвердилось стремление к углублению эффективности использования энергоресурсов. В качестве примеров можно привести замену паровой тяги на железных дорогах на электровозную и тепловозную, что привело к увеличению скорости движения составов, их тяжести, надежности и качества перевозок и одновременно снижению потребления топлива и энергии; создание нового поколения малошумящих шарикоподшипников вместе с достижением ряда положительных технологических и экономических характеристик обеспечило получение серьезного эффекта в виде снижения потерь от трения; новую серию асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором, которые имеют не только лучшие массогабаритные характеристики, но и повышенный коэффициент полезного действия; новые конструкции автомобилей с передним приводом вместе с целым рядом положительных дизайнерских решений привели к снижению расхода топлива на 100 км пробега почти вдвое.

Потребитель конечной энергии покрывает все расходы производителей и транспортеров, сколь велики они бы ни были. Отсюда возникает теорема 2.

***Теорема 2. Так как конечное потребление энергии человеком и обществом в виде света и холода, тепла и электронных коммуникаций, движения и комфорта сравнительно невелико, то основное расходование запасенной энергии топлива происходит на этапах жизненного цикла - при добыче и производстве, при передаче и распределении, при преобразовании и потреблении.***

Для оценки технически и экономически оправданных значений коэффициента полезного конечного использования энергии (КПИ) на этапах жизненного цикла топлива целесообразно сопоставить энергию конечного потребления –  $\mathcal{E}_k$  и энергию, запасенную в топливе –  $\mathcal{E}_T$  [3; 4] (рис. 1).

$$\text{КПИ} = \frac{\mathcal{E}_k}{\mathcal{E}_T}$$

На всех этапах жизненного цикла топлива имеют место расходы энергии, предназначенные для его подготовки к виду, готовому для использования. Так, при разведке месторождений необходимо бурение скважин, прокладка дорог и обустройство инфраструктуры. Производство электроэнергии, например, сопровождается расходом энергии на собственные нужды – работа дымососов и дутьевых вентиляторов, питательных и конденсатных насосов и многого другого оборудования, а также сброс тепла конденсированного пара в пруды-охладители или градирни. Передача электрической энергии связана с потерями в проводах, трансформаторах и других элементах передачи. Кроме того,

имеют место собственные расходы энергии, необходимые для поддержания режимов передачи инфраструктурными расходами. И потребление энергии сопровождается дополнительными расходами энергии.

Поэтому усилия энергосберегающего характера должны быть направлены в первую очередь на снижение расходов и потерь на всех этапах жизненного цикла энергоресурса [6].

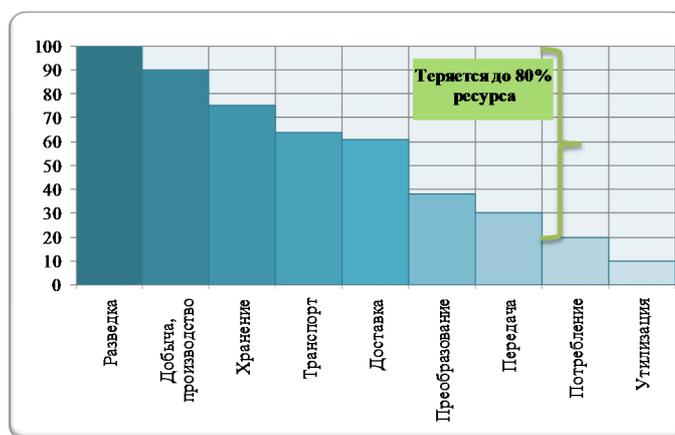


Рис. 1. Изменение энергетического потенциала топлива и энергии на этапах жизненного цикла энергоресурса, %

Осуществление производственных функций на этапах жизненного цикла ресурса, в силу особенностей технологии, отнесено к компетенции разных производственных организаций: добыча – угольные, газовые, нефтяные компании; производство (генерация) – электростанции, котельные; транспорт и передача – транспортные, электросетевые компании и тепловые сети; потребление – промышленные предприятия, производство сельскохозяйственной продукции, жилищно-коммунальное хозяйство, бюджетные учреждения и т.п.

На этапе добычи угля расходы только электроэнергии составляют 30-35 кВт·ч/т при подземном способе и 10-20 кВт·ч/т при открытом. При переводе к первичному топливу это составляет  $30 \cdot 0,32 = 9,6$  кг у.т./тонну (где 0,32 кг у.т./кВт·ч – средний удельный расход топлива на выработку электроэнергии).

Таким образом, добыча тонны угля сопровождается расходами почти 10 кг угля только по электроэнергии.

Для производства электроэнергии на тепловой конденсационной электростанции при КПД 35% и собственном расходе 8% требуется еще израсходовать

$$\left( \left( \frac{100 - 35}{100} \right) + \frac{8}{100} \right) \cdot 1000 = 730 \text{ кг у.т./тонну.}$$

Передача электроэнергии связана с потерями в сетях, которые можно оценить вместе с собственным расходом на передачу величиной 10%. Это дает еще 100 кг у.т./т.

Таким образом, в пункте подачи энергии потребителю каждая тонна первичного топлива уже потеряла  $9,6+730+100=839,6$  кг у.т.

Если учесть еще потери энергии в собственных сетях потребителя и эффективность преобразования в свет, движение, тепло и т.п., то окажется, что в тонне первичного топлива содержится 5-7% полезной энергии. Это и есть коэффициент полезного использования энергии.

Так, на каждом этапе жизненного цикла энергоресурса формируются свои системы учета, отчетности, взаиморасчетов, контроля и автоматизации.

Общий взгляд на проблему уровня полезности использования энергии топлива может быть сформирован в виде сводного баланса топливно-энергетических ресурсов. Конечная стоимость энергии обходится потребителю с учетом всех этих потерь.

***Теорема 3. Поскольку потребление энергии и энергоресурсов человеком, обществом и странами из года в год растет, то энергосбережение может лишь сдерживать темпы этого роста.***

Рост народонаселения и материального производства в мире привел к увеличивающимся темпам энергетического использования природных ресурсов. Так, потребление выросло с 1,5 в 1900 году до 16 млрд тонн у. т. в 2010 году. За последние 25 лет (с 1985 по 2010 год) суммарное мировое энергопотребление превысило 300 млрд тонн у. т. – половину объема использованного топлива за всю предшествующую историю человечества [5].

Таким образом, и в мире в целом, и в СССР, и в России, и в регионах, несмотря на серьезную перестройку общественных отношений, любые меры энергосбережения могут лишь сдерживать темп этого роста.

***Теорема 4. Действующие энергоиспользующие технологии имеют резерв экономии потребления энергоресурсов или повышения эффективности их использования.***

Оборудование и материалы, машины и агрегаты, установки и сооружения, проекты и нормативы, регламенты, технические условия и нормы проектирования, ГОСТы и СНиПы разработаны, построены и эксплуатируются по давно устаревшим принципам. Даже вновь сооружаемые объекты оснащаются оборудованием, эффективность которого была оправдана только много лет назад. Научно-технический прогресс с каждым днем увеличивает разрыв между эффективностью действующих ранее созданных технологий и эффективностью технологий, обеспеченных научно-техническими достижениями. Работа оборудования, достигшего конца срока службы, и продление эксплуатации за пределами этого срока объясняется огромными запасами прочности и работоспособности. Понятие «морального

износа» никогда не использовалось в инженерно-технической среде, а высокая готовность нести нормативную производительность до сих пор считается признаком соответствия оборудования и персонала своему предназначению. Поэтому основной потенциал энергосбережения заложен в устаревших технологиях, а его реализация должна предусматривать большие инвестиции.

**Теорема 5. Если топливно-энергетический баланс объекта ограничен, то энергосбережение, вытесняя другие энергоресурсы из употребления, само становится топливно-энергетическим ресурсом.**

В общем виде топливно-энергетический баланс можно представить как сумму всех используемых ресурсов в течение некоторого промежутка времени:

$$B = K_Y \cdot V_Y + K_G \cdot V_G + K_H \cdot V_H + K_{\Pi} \cdot V_{\Pi} + K_{\text{Э}} \cdot V_{\text{Э}} + K_T \cdot V_T,$$

где  $V_Y, V_G, V_H, V_{\Pi}, V_{\text{Э}}, V_T$  – суммарное потребление соответственно угля, газа, нефти (нефтепродуктов), прочих топлив, электроэнергии и тепловой энергии в натуральных единицах;  $K_Y, K_G, K_H, K_{\Pi}, K_{\text{Э}}, K_T$  – коэффициенты приведения натуральных топлив к эквивалентному (условному).

Если осуществляются мероприятия энергосбережения, то топливный баланс видоизменяется

$$B - \Delta B = K_Y \cdot (V_Y - \Delta V_Y) + K_G \cdot (V_G - \Delta V_G) + K_H \cdot (V_H - \Delta V_H) + K_{\Pi} \cdot (V_{\Pi} - \Delta V_{\Pi}) + K_{\text{Э}} \cdot (V_{\text{Э}} - \Delta V_{\text{Э}}) + K_T \cdot (V_T - \Delta V_T) = K_Y \cdot V_Y + K_G \cdot V_G + K_H \cdot V_H + K_{\Pi} \cdot V_{\Pi} + K_{\text{Э}} \cdot V_{\text{Э}} + K_T \cdot V_T - B_{\text{Эс}},$$

где  $\Delta B = B_{\text{Эс}}$  – эквивалентное снижение потребления энергоресурсов, эффект энергосбережения, показанный на рис. 2.

Эквивалентный замещающий энергетический ресурс – энергосбережение называют новым энергетическим ресурсом (негатт [2]), и ему можно поставить в соответствие физические, термодинамические, экономические характеристики.



Рис. 2. Структура топливно-энергетического баланса с учетом энергосбережения, %

Поскольку энергосбережение замещает другие энергоресурсы в топливно-энергетическом балансе, то оно должно характеризоваться свойствами, сопоставимыми со свойствами вытесняемых топлив. Поэтому:

***Теорема 6. Энергетическая эффективность энергосбережения как нового энергетического ресурса выше, чем энергетическая эффективность вытесняемого ресурса.***

В этом и проявляется результат энергосбережения как повышение эффективности использования энергоресурсов. Если энергосбережение не дает эффекта, то оно и не нужно. Энергосбережение как способ повышения уровня извлечения полезной энергии из топлива реализуется путем: снижения потребления ТЭР, замены менее эффективных энергетических ресурсов более эффективными, замены потребления дорогих энергоресурсов менее дорогими и за счет этого снижения затрат на топливо.

***Теорема 7. Цена (стоимость) энергосбережения как нового энергетического ресурса не может превышать цену самого дешевого вытесняемого энергоресурса.***

Это действительно так, поскольку если вытесняется дорогой ресурс, то он замещается дешевым. Будь энергосбережение дорогим, оно не будет востребовано, так как использование имеющихся энергоресурсов обходится дешевле. Экономическая целесообразность энергосбережения возникает только тогда, когда энергосбережение дешевле ресурса.

***Теорема 8. Население и бизнесмены, потребители энергоресурсов, пассивно сопротивляются энергосбережению.***

Часто встречается следующее рассуждение: «Отстаньте от меня с вашим энергосбережением. Я по полной программе плачу за энергию без споров и по регулярно увеличивающимся тарифам. Пусть сначала энергетики немного посберегают!».

Такая позиция разделяется многими бизнесменами и большинством населения. При этом необходимо помнить, что забота о повышении энергетической эффективности позволит:

- ✓ стимулировать стабильное экономическое развитие, обеспечить конкурентоспособность продукции, получить дополнительные доходы от экспорта топливно-энергетических ресурсов, высвободить значительные объемы бюджетных средств;
- ✓ обеспечить энергетическую безопасность;
- ✓ улучшить экологическую обстановку;
- ✓ сохранить природные энергетические ресурсы для будущих поколений.

Вместе с тем и производители проявляют лукавство.

***Теорема 9. Энергоснабжающие организации препятствуют развитию энергосбережения у потребителей.***

Энергосбережение в конечном счете приводит к снижению спроса на энергоресурсы и к снижению объема доходов (выручки) энергоснабжающих организаций. Кроме того, потребители платят за все, даже за потери, которые имеют место в энергоустановках энергоснабжающих организаций.

***Теорема 10. Жизнедеятельность большинства людей осуществляется в основном в комфортных условиях по температуре, поэтому потребляется столько энергии для отопления, кондиционирования, сколько это необходимо для создания комфорта независимо от температуры наружного воздуха.***

$$\text{Это выражается соотношением } \alpha = \frac{A}{S \cdot T} \approx const ,$$

где  $\frac{A}{S}$ , кВтч/м<sup>2</sup> – удельный расход энергии на отопление и кондиционирование воздуха,  $T$  – число градусосуток отопительного сезона (и градусосуток сезона кондиционирования),  $\alpha$  энергокомфортный коэффициент.

Мероприятия энергосбережения направляются на улучшение теплозащитных характеристик здания, но не влияют на комфортность.

Энергосбережение и повышение энергетической эффективности стало в последние годы заметным, важным и серьезным явлением общественной жизни. Превращение его из процесса, сопутствующего научно-техническому прогрессу, в самостоятельную деятельность, охватывающую хозяйственно-производственную, экономическую, коммунально-бытовую, научно-образовательную и другие сферы жизни общества, становится все более актуальным.

Энергосбережение обладает целым рядом особенностей и временной спецификой. Эти особенности выдвигают его в ряд важнейших государственно-политических задач, решение которых осуществляется программно-целевыми технологиями и требует участия многих людей самых разных специальностей.

Энергосбережение характеризуется в то же время рядом проблем, суть которых обнаруживается в производственных и личных отношениях между людьми.

Среди наиболее серьезных проблем необходимо выразить: устарелые технологии, ориентированные на выпуск устарелой, металлоемкой и ресурсорасточительной продукции; изношенное и устарелое оборудование; недостаточную теплозащиту основного жилого фонда; плохие дороги и дальние перевозки; слабую законодательную и регламентную базу энергетической эффективности; низкую квалификацию персонала; энергорасточительный образ жизни населения.

Разрешение проблем энергосбережения лежит как в области государственного регулирования, так и хозяйственных взаимоотношениях и массовой агитации и пропаганде вплоть до формирования энергоэкономичного образа жизни людей [1].

Наиболее важными и первоочередными мерами преодоления энергетической расточительности являются: учет, контроль, измерение, энергетические обследования, топливно-энергетические балансы, тарифные взаимоотношения, технические регламенты, правила, стандарты, образование, подготовка и переподготовка персонала, пропаганда и агитация населения, маркировка продукции по энергоэффективности и стимулирование энергосбережения.

### Список литературы

1. Башмаков И.А., Башмаков В.И. Сравнение мер российской политики повышения энергоэффективности с мерами, принятыми в развитых странах. – М. : ЦЭНЭФ, 2012. – С. 67.
2. Бесчинский А.А., Вольфберг Д.Б. Проблемы развития мировой энергетики: итоги и перспективы // Энергетика мира. Доклады XIII конгресса МИРЭЖ : сб. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 432 с.
3. Вайцеккер Э., Ловинс Э., Ловинс Л. Фактор четыре / под ред. Заварницына А.П. – М. : Academia, 2000. – 396 с.
4. Литвак В.В. Основы регионального энергосбережения (научно-технические и производственные аспекты). – Томск : Изд-во НТЛ, 2002. – 300 с.
5. Международное энергетическое агентство [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.iea.org> (дата обращения: 04.04.14).
6. Савенко Ю.Н., Штейнгауз Е.О. Энергетический баланс (некоторые вопросы теории и практики). – М. : Энергия, 1971. – 184 с., ил.

### Рецензенты:

Лукутин Б.В., д.т.н., профессор кафедры электроснабжения промышленных предприятий Энергетического института Томского политехнического университета, г. Томск.

Ушаков В.Я., д.т.н., профессор кафедры электрических сетей и электротехники Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Томск.