

УДК 621.1.016:621.56

Бурдо О.Г., Светличный П.И., Зыков А.В.

СТРАТЕГИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА

Одесская национальная академия пищевых технологий

Введение. Известно, что 20 % населения Земли потребляет 80 % добываемого органического топлива, а остальные довольствуются только 20 процентами. Объем промышленного производства в мире удваивается – каждые 15 лет, а энергетическая мощность – каждые 12 лет. За последние десятилетия промышленная нагрузка на окружающую среду выросла в 2,5...3 раза. Энергоемкость растет, а запасы органического топлива – снижаются. Бурный рост экономик Китая и Индии стремительно выводит эти страны в лидеры мирового производства. Поэтому, неизбежен передел мирового баланса энергопотребления, т.к. эти страны в настоящее время характеризуются низким уровнем энергообеспечения. Глобализация энергообеспечения, дефицит энергоносителей наиболее остро ощущается в Украине. Здесь стоимость энергоносителей выросла практически в 100 раз, а культура энергопользования осталась на прежнем уровне. Если говорить точнее, то исторически сложилось так, что эта культура вообще отсутствует. В условиях кризиса важно четко сформулировать стратегические направления развития энергетических технологий в Украине.

Энергетическая статистика. В Украине проживает около 1 % населения планеты, а экономика страны привыкла потреблять 2,2 % энергии, используемой в мире. При этом, Украина является энергодефицитной страной, а уровень комфортности нашей жизни соответствует уровню слаборазвитых стран (табл.1).

Таблица 1 – Энергетическая статистика

СТРАНА	НАСЕЛЕНИЕ, млн.чел	ВВП/чел., дол. США	Энергоемкость ВВП, кг н. э./ дол. США
Беларусь	9,97	1493	0,35
Германия	82,34	32830	0,18
Дания	5,36	38703	0,14
Россия	144,75	2609	0,67
США	285,91	31400	0.25
Украина	46,2	985	0,72
Франция	60,91	29631	0,19
Япония	127,21	44396	0,17

Имея крайне ограниченную добычу собственного природного газа, украинец лидирует по объему его сжигания, уступая только россиянам, англичанам и американцам. До 40 % национального бюджета Украины расходуется на закупку энергоносителей, при этом, ощущается острый дефицит топлива в коммунальной сфере, на транспорте, в промышленности [1,2]. В последние годы наметилось некоторое снижение удельной энергоемкости, но уровень 1990 г. все еще не достигнут.

Валовой продукт, который приходится на одного украинца, в 45 раз ниже, чем в Японии, почти в два раза ниже, чем в Республике Беларусь (табл. 1). Видно, что Беларусь, которая имела одинаковые стартовые условия, имеет сейчас в 2 раза лучшие показатели удельной энергоёмкости экономики (табл. 1).

Энергетическая политика. Представляется, что успех республики Беларусь в том, что изначально в энергетической политике было выбрано направление на энергоэффективность. Предприятиям сохраняли привычный уровень энергетических ресурсов, но ставили задачу на 10...15 % увеличить выпуск продукции.

Принципиально возможны два направления в энергетической политике – энергоэффективная экономика и энергосбережение [2]. Признаки энергосбережения – это нормирование расходов энергии, регламентация потребления и отключения при дефиците. Энергетическая эффективность имеет принципиальные отличия в направлениях развития и подходах энергетического обеспечения государства. Вопрос этот не в терминологии, а в отношении к энергии. Энергосбережение осталось у нас из прошлого, которое было пресыщено дешевыми энергоресурсами. В то, энергообеспеченное время, не могло вырабатываться уважение к «Джоулю» и «Ватту». Энергетическое расточительство не сформировало ни у населения, ни у производителей товаров, ни у первых лиц регионов и государства современной культуры пользования энергией. Не воспитывается новое отношение к энергии и у нового поколения. Мы по-прежнему боремся за энергосбережение. Если задуматься, то цель энергосбережения – минимизация расхода энергии. И реализовать по максимуму такую цель не сложно: требуется закрыть задвижку на газопроводе и отключить рубильник на линии электропередачи. В результате потребление энергии снизится до нуля.

Энергоэффективность предполагает, что энергия – это дорогой ресурс, которым необходимо грамотно и профессионально распорядиться. Вероятно, острый энергетический кризис в стране в значительной степени объясняется тем, что изначально не правильно была сделана ориентация государства на отношения к энергетическим проблемам. Энергия – это товар, эффективное использование которого в производстве и услугах даст прибыль, а расточительное – сделает банкротом

Направления энергетической стратегии. При выборе энергетической стратегии развития следует помнить, что прошлое Украины в стране пресыщенной дешевыми энергетическими ресурсами. Пока в стране не будет преодолен барьер чрезвычайно низкой культуры энергопользования, никакие программы энергосбережения работать не будут, никакие инвестиции в энерготехнологии не станут результативными.



Рисунок 1 – Направления энергетической стратегии

Поэтому, одним из приоритетных направлений энергетической политики государства должно стать обучение культуре энергопользования всех слоев населения: от

первых лиц регионов, предприятий до студентов и школьников. Второе направление стратегии – это система энергетического мониторинга (рис.1). Результатом этих двух направлений должны стать программы повышения эффективности использования энергии на отдельных предприятиях, в отрасли, в регионе и в государстве в целом. Сложно переоценить возможности нанотехнологий [3] в проблеме существенного снижения расходов топлива.

При проведении энергетического мониторинга и составлении программы следует исходить из прогноза [1], что к 2020 г. структура потребления энергоносителей в мире практически не изменится. Программа повышения энергетической эффективности предприятия (да и государства в целом) должна основываться на результатах энергетических исследований. Достоверность информации определяется как методами и средствами энергетического аудита, так и корректностью энерготехнологических моделей.

Системный подход при моделировании энерготехнологий. Серьезной проблемой при совершенствовании систем отопления является ответ на вопрос разумной централизации схемы. Крупные города имеют тысячи таких систем. Но технико-экономический анализ проектов их модернизации не проводится. Вместе с тем, это сложнейшая системная задача, решение которой в значительной степени определяет эффективность внедрения проекта. Рассмотрим энерготехнологическую модель системы централизованного отопления (рис. 2).

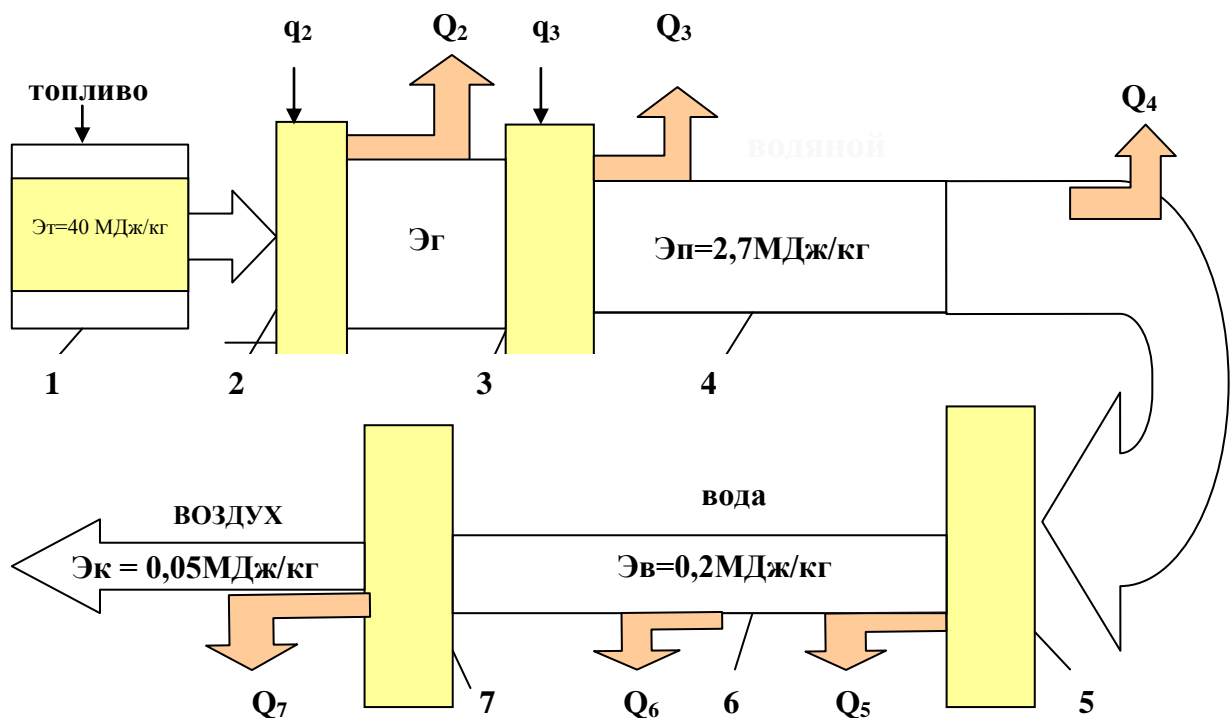


Рисунок 2 – Эстафетная модель конверсии энергии в системе централизованного теплоснабжения

Топливо при сгорании в горелочном устройстве 2 трансформируется с потерями Q_2 в энергию топочных газов Э_τ , которая в парогенераторе 3 превращается в энергию водяного пара Э_ν . При этом, неизбежны потери Q_3 В каждом трансформаторе энергии и

в любом транспортирующем элементе неизбежны потери. Видно (рис. 2) как обесценивается энергия топлива в системе. Похоже, что задачи оптимизации централизованных систем отопления не ставились, методы их анализа отсутствуют.

Ставится задача найти возможность для сравнения эффективности использования энергии топлива при её трансформации, транспортировке, использовании. Представленная энерготехнологическая модель (рис. 2) содержит 4 уровня преобразования энергии. 1 уровень – это преобразование химической энергии топлива при его сжигании в энергию топочных газов. Эффективность 1 уровня определяется КПД, которое учитывает отношение энергии газов ($\mathcal{E}_Г$) к энергии топлива ($\mathcal{E}_Т$):

$$\eta_{1} = \frac{\mathcal{E}_Г}{\mathcal{E}_Т} = \frac{\mathcal{E}_Т - Q_2}{\mathcal{E}_Т} . \quad (1)$$

Потери теплоты в процессе горения Q_2 могут быть снижены при использовании низкопотенциальной теплоты 2 уровня Q_3 , например, для подогрева топлива и дутьевого воздуха (q_2).

На 2 уровне энергия топочных газов трансформируется в энергию водяных паров ($\mathcal{E}_п$). КПД этого уровня

$$\eta_{2} = \frac{\mathcal{E}_п}{\mathcal{E}_Г} = \frac{\mathcal{E}_Г - (Q_2 + Q_3)}{\mathcal{E}_Г} . \quad (2)$$

В процессе преобразования $\mathcal{E}_Г$ в $\mathcal{E}_п$ имеют место тепловые потери Q_2 и Q_3 , которые учитывают необратимые потери при теплопередаче и транспортировке теплоносителей. Частично энергию Q_2 можно использовать для предварительного подогрева питательной воды (q_3).

На 3 уровне энергия пара трансформируется в энергию горячей воды ($\mathcal{E}_В$). По паропроводу 4 пар распределяется по системе бойлеров 5, от которых с соответствующими потерями (Q_5 и Q_6) горячая вода расходится по многочисленным приборам отопления 7. КПД, каждого отдельного бойлера выразиться соотношением

$$\eta_{3i} = \frac{\mathcal{E}_{Вi}}{\mathcal{E}_п} = \frac{\mathcal{E}_п - (Q_{6i} + Q_{5i})}{\mathcal{E}_п} = 1 - \frac{Q_{6i} + Q_{5i}}{\mathcal{E}_п} . \quad (3)$$

На 4 уровне происходит непосредственный процесс передачи энергии воздуху в помещении для создания комфортных условий ($\mathcal{E}_К$), а соответствующий КПД уровня вычисляется

$$\eta_{4j} = \frac{\mathcal{E}_{Кj}}{\mathcal{E}_{Вj}} = \frac{\mathcal{E}_{Вj} - Q_{7j}}{\mathcal{E}_{Вj}} = 1 - \frac{Q_{7j}}{\mathcal{E}_{Вj}} . \quad (4)$$

Потери теплоты Q_{7j} учитывают излучение, конвективную теплоотдачу от наружных ограждений здания, окон и т.п. в окружающую среду и потери теплоты с вентиляцией помещений.

При анализе схемы (рис.2) следует провести расчет сотен значений КПД третьего уровня и сотни тысяч КПД четвертого уровня. Для корректных расчетов требуется достоверная информация по многочисленным значениям Q_{7j} . Получить эти значения невозможно без проведения серьезных энергетических обследований зданий.

Значительный диапазон значений Q_{7j} связан с особенностями объектов, их индивидуальностью и подтверждает обязательную необходимость энергетических обследований.

Следует отметить, что опыт развитых стран в сфере энергосбережения трудно переоценить, но бездумно копировать мировые тенденции в решении практических задач нельзя. Необходим серьезный численный анализ, который учитывал бы и специфику технологии, и климатические особенности, и экологическую обстановку, и инженерную инфраструктуру предприятия, города. Первым этапом таких исследований может быть формирование энергетических паспортов всех зданий муниципалитета.

Таким образом, с помощью предложенной модели (рис. 2) и соотношений (1...4) можно провести количественный анализ использования энергии в исследуемой схеме, установить энергетическую эффективность на каждом уровне иерархии системы централизованного отопления. Принципиально такой подход приемлем и для совершенствования промышленных энергетических технологий.

Вместе с тем для более глубокого исследования причин потерь и путей снижения этих потерь, метод требует развития.

Методы анализа энергоэффективности по коэффициентам трансформации.

Причины потери энергии при её трансформации, транспортировке и использовании можно установить, если выработать общий принцип исследования структуры составляющих этих потерь. Представляется, что таким принципом могут быть коэффициенты трансформации массы ψ_m , теплоёмкости ψ_c и термического потенциала, температуры ψ_t . Тогда на любом уровне иерархической модели (рис. 2) можно установить степень влияния составляющих теплового баланса на коэффициент энергетической эффективности. Например, для первого уровня (рис. 2)

$$\varepsilon_1 = \psi_m \psi_c \psi_t, \tag{5}$$

где

$$\psi_m = G_T / G_{\Gamma}; \psi_c = c_{pT} / c_{p\Gamma}; \psi_t = t_T / t_{\Gamma}. \tag{6}$$

Тогда общая энергетическая эффективность схемы, состоящей из n уровней, определится

$$\varepsilon = \frac{\mathcal{E}_K}{\mathcal{E}_T} = \prod_{n=1}^n \prod_{j=1}^3 \psi_{nj}. \tag{7}$$

При переходе на систему индивидуального отопления схема становится двухуровневой, и коэффициент энергетической эффективности будет иметь вид:

$$\varepsilon = \psi_m^1 \psi_c^1 \psi_t^1 \psi_m^2 \psi_c^2 \psi_t^2. \tag{8}$$

Ясно, что чем больше уровней преобразования энергии, тем больше составляющих в соотношении (7), тем ниже ε . Первый вывод из (7), в общем, достаточно тривиальный, что энергетическая эффективность снижается с появлением промежуточных теплоносителей. Однако, из (7) следует другой важный вывод, что эффективность ε пропорциональна коэффициенту трансформации ψ_m .

Для объяснения проведем анализ в $c_p t - m$ диаграмме (рис. 3). Пусть из топлива образуется $m_T = 1$ кг/с продуктов сгорания с высокой температурой (t_T), которые разбавляются воздухом из окружающей среды до температуры t_A при этом $m_B \approx 4m_T$. Сравним одно и двухуровневые схемы, в которых отработавший теплоноситель выбрасывается в окружающую среду с одинаковой температурой t_0 . Поскольку удельные теплоёмкости уходящих газов в схемах практически равны, то произведения $m c_p t$ в одноуровневой схеме (рис. 3, площадь $abcd$) будут в 5 раз меньше, чем в двухуровневой схеме (рис. 3, площадь $abqf$).

Таким образом, в разомкнутых теплотехнических циклах важно приближать коэффициент трансформации массы ψ_m к значению 1.

На основе предложенных коэффициентов трансформации для системного анализа многоуровневых энерготехнологических схем важно развить и методику прогнозирования

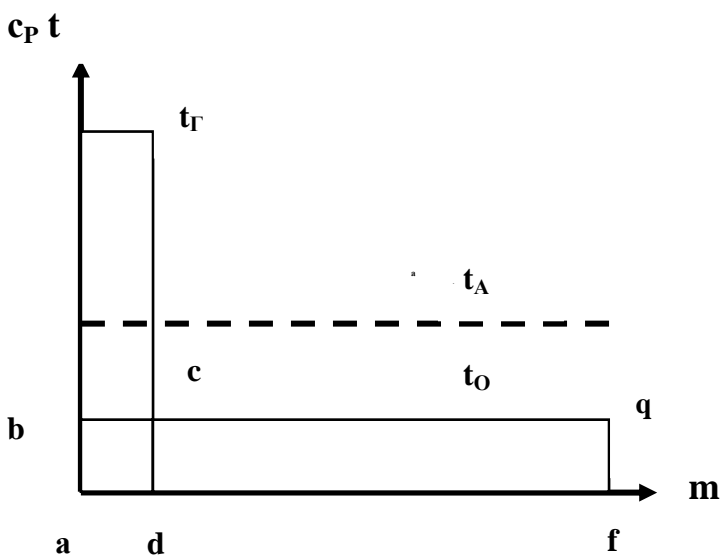


Рисунок 3 – Диаграмма «теплосодержание - расход»

возможностей повышения их эффективности.

Для определения резерва и потенциала энергоэффективности исследуемых схем введем понятие “неиспользованная мощность” (N_c). В качестве предельного теоретического значения N_c^T следует считать площадь $авсд$ (рис. 3), т.е. тепловые потери одноуровневой схемы при идеальном тепловом режиме теплоприёмника.

Таким режимом будет выполнение равенства между температурами уходящих газов и окружающей среды. Кроме того, установим значение технически достижимых потерь мощности для одноуровневой схемы (N_c^S), учитывающей наличие целесообразной разности температур между уходящими газами и окружающей средой. Тогда можно проследить динамику реальных значений N_c по годам и сделать вывод о резерве, потенциале энергосбережения и прогнозировать эффективность проектов. Величина неиспользованной мощности в момент времени τ , составляет N_c^1 . При этом для лучших технологий передовых фирм эта величина равна N_c^H . Используя опыт этих фирм, можно достаточно быстро приблизиться к значению N_c^H . Более длительным будет путь снижения N_c^H к уровню N_c^S , который требует оригинальных технических решений [4].

Международный опыт по совершенствованию отопительных систем. Поучителен в этом отношении опыт Дании. Определив снижение тепловых потерь через стены здания как приоритетную задачу, муниципалитет сосредоточил все усилия на укреплении тепловой изоляции ограждений. Результаты оказались неожиданными. Здания теперь требовали меньшее количество теплоносителя, а основными

источниками потерь тепловой энергии стали сети. Это вызвало непредвиденную реакцию поставщиков теплоносителей. Повысилась их стоимость при одновременном снижении качества.

Аналогичный результат можно получить и при других отклонениях и игнорировании системных особенностей. Бессмысленно наращивать мощность генерирующих объектов при некачественной транспортной магистрали и расточительном потребителе (рис. 2). Только системный анализ всей структуры обеспечит эффективное вложение инвестиций. В Европе считается, что достичь существенного снижения расхода энерго-ресурсов в муниципальной энергетике можно при системном подходе, при создании городского центра управления энергетической эффективностью. Такие центры функционируют в ряде городов Европы: (Штутгарт и Франкфурт в Германии, Ленц и Зальцбург в Австрии, Париж и Лион во Франции, Верона и Модена в Италии, Барселона в Испании, Стокгольм в Швеции). Опыт работы такой системы в г. Штутгарте свидетельствует, что организация управления энергообеспечением в городе есть высокорентабельной инвестицией.

Развитие муниципальной экономики сопровождается оздоровлением местного бюджета при повышении качества услуг населению. За 20 лет работы такой системы в г. Штутгарте доказано, что инвестиции в создание муниципальной системы энергоменеджмента имеют отдачу порядка 500 %. Поэтому создание таких систем должно быть отнесено к приоритетным задачам муниципальной политики. Естественно, что основой функционирования систем энергоменеджмента являются приборы учета расхода энергии. Причем, важно сделать выбор перспективных приборов учета, позволяющих оперативно передавать в цифровом виде показания с помощью современных информационных систем.

В Штутгарте ежегодно из местного бюджета на оплату энергоносителей и энергии расходуется около 35 млн. евро. Управлением потребления энергии занимается подразделение из 12 сотрудников (6 инженеров и 6 техников). Организуется управление процессами потребления энергии на 2000 муниципальных объектах. Этот центр энергоменеджмента проводит мониторинг потребления энергии в зданиях, обосновывает приоритетные проекты совершенствования энергоэффективности, проводит обучение пользователей. Внедрение более 200 проектов общей стоимостью 3 млн. евро позволило создать специальный фонд для развития и совершенствования энергоэффективности. Управление использованием энергии в Штутгарте дало 200 млн. евро экономии, на 40 % уменьшилось потребление тепловой энергии.

В условиях кризиса в основе стратегии повышения энергетической эффективности можно выделить два приоритетных направления: подготовка кадров и внедрение современных технологий энергомониторинга. По первому направлению требуется подготовка специалистов - энергоменеджеров и обучение служащих предприятия основам энергоэффективности [2]. Современные технологии энергомониторинга предполагают организацию центров или групп и диагностику предприятия по уровню потребления ресурсов. На первом этапе осуществляется энергетическая ревизия, цель которой получить общую информацию об уровне расхода всех видов ресурсов, оценить удельные затраты энергии на выпуск продукции. Такой анализ позволит провести соответствующую

щее ранжирование по энергоемкости, определить имеющийся общий потенциал энергосбережения, оценить остроту проблемы энергообеспечения.

Естественно, первоочередными задачами являются образование и повышение культуры энергопользования, формирование новой философии природопользования.

Литература

1. Бурдо О.Г. Энергетический консалтинг в АПК Южного региона // Энергосберегающие технологии и автоматизация.– 2001.– №1–2.– С.70–74.
2. Бурдо О.Г. Энергетический мониторинг пищевых производств – Одесса: Полиграф, 2008 – 244 с.
3. Бурдо О.Г. Наномасштабные эффекты в пищевых технологиях // Инженерно-физический журнал. Минск, т.78, № 1.– 2005. – С. 88–93
4. Захаров М.Д., Бурдо О.Г., Зиков А.В., Мілінчук С.І. Новітні теплотехнології в харчових виробництвах // Вісник державного університету «Львівська політехніка»: «Проблеми економії енергії», №2.–Львів, 1999. – с. 129–132.

УДК 621.1.016:621.56

Бурдо О.Г., Світличний П.І., Зиков А.В.

СТРАТЕГІЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ В УМОВАХ КРИЗИ

У роботі розглянута ситуація, що склалася в країні, пов'язана з енергетичною кризою. Проаналізовані можливі напрями вдосконалення існуючих способів вирішення проблеми. Запропонована стратегія підвищення енергетичної ефективності. Виділені пріоритетні шляхи розвитку і методи енергетичного моніторингу систем теплового забезпечення.

Burdo O.G., Svetlichnyy P.I., Zykov A.V.

STRATEGY OF PERFECTION ENERGY TECHNOLOGIES IN THE CONDITIONS OF CRISIS

The situation related to the power crisis folded in a country is considered in work. Possible directions of perfection of existent methods of decision of problem are analyzed. Strategy of increase of power efficiency is offered. The priority ways of development and methods of the power monitoring of the systems of the thermal providing are selected.