

## **СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ЭНЕРГОИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

**Канд. техн. наук ПЕТРУША Ю. С.**

*Белорусский национальный технический университет*

Развитие технологий и усложнение задач преобразования и использования (потребления) энергоресурсов приводят к необходимости формирования адекватного организационно-методического обеспечения управления эффективностью соответствующих процессов.

Данная статья посвящена анализу предыстории развития вопроса, современному состоянию дел и ближайшей перспективе в условиях Республики Беларусь.

Энергосбережение, получившее серьезную государственную поддержку на начальном этапе суверенитета страны [1, 2], было сориентировано на сокращение нерационального энергоиспользования и непроизводительных потерь, устранение технологических и организационных диспропорций, обусловленных энергетической расточительностью времен СССР, и относилось в основном к потребителям энергетических ресурсов. Стоит только напомнить, что в структуре Государственного энергетического надзора, курировавшего рациональность энергоиспользования, действовали подразделения электро- и теплотехнической инспекции, отвечающие за соответствующий вид энергоресурса. Потребление топлива на промышленных предприятиях вообще не контролировалось [3]. Электроэнергетика в этом отношении выгодно отличалась: вся история ее развития – стремление к достижению все более высокого уровня энергоэффективности.

В настоящее время идея энергосбережения, сыгравшая свою роль, остается актуальной на уровне бытового энергопотребления. В профессиональной сфере ее сменяет задача управления энергоэффективностью [4]. Речь идет не о замене одного термина другим, а о принципиально новом подходе к проблеме, когда односторонний количественный показатель заменяется достаточно сложной комплексной характеристикой.

Категория «энергоэффективность» призвана квалифицировать уровень качества энергоиспользования на различных этапах преобразования энергетических ресурсов как при энергопотреблении (условно говоря, в отраслях экономики), так и при энергопроизводстве (добыча топлива, электро- и теплоэнергетика).

Многообразие этапов потребления энергоресурсов для удобства анализа и выбора метода управления эффективностью использования могут быть сведены к трем уровням:

- управление энергетическими процессами;
- управление технологическим оборудованием;
- управление предприятием.

Полезных (первичных) видов энергетических процессов немного: преобразование механической, химической и электрической энергий в тепловую

(трансформатор теплоты, сжигание топлива и электронагрев) и электрической в механическую и наоборот (электродвигатель, генератор). Вторая группа процессов – передача или транспортирование энергии теплосодержания (источник – поверхность теплообмена – теплоноситель – теплоприемник), механической (газ, жидкость под давлением, механическая трансмиссия) и электрической энергий.

Непроизводительные энергетические потери, расход, диссипация энергии определяются несовершенством технологий первичных процессов, используемых материалов и организации управления.

В самом общем виде управление сводится к интенсификации «полезных» процессов и нейтрализации процессов непроизводительных.

Работа технологического оборудования складывается из различных комбинаций первичных энергетических процессов, в том числе противодействующих друг другу. Управление ими представляет сложную оптимизационную задачу (включая поиск революционных комбинаций), опыт решения которой имеет многолетнюю успешную историю.

Наименее проработанной остается организационная структура управления, включающая социальные факторы, неопределенность экономических последствий, неотработанность технологий управления и методической базы. Задача осложняется рядом противоречий принципиального характера: необходимость снижения удельных показателей энергоиспользования сосуществует с требованием увеличения производства и потребления энергоресурсов для развития экономики. Сказываются относительная новизна данного вида управления и национальные особенности его реализации.

Что же касается общей идеологии управления энергопотреблением, то в настоящее время известны два подхода:

- жесткое ограничение объемов и структуры потребления с применением карательных мер по принципу энергетической полиции (характерно для развивающихся экономик в условиях дефицита энергоресурсов);
- пропаганда энергосбережения для бытового потребления и консультативно-рекомендательная помощь для рационализации профессионального энергопотребления в условиях либеральной экономики.

Беларусь использует оба подхода с тенденцией движения в сторону либерализации процесса надзора за энергоиспользованием.

Следует отметить принципиальный недостаток существующих методик оценки энергоэффективности. Имеется в виду использование удельных характеристик энергопотребления на единицу стоимости отдельной продукции или ВВП страны в целом, когда и стоимость и единица ее измерения не являются величинами устойчивыми и универсальными: нельзя сравнивать энергоемкость производства бананов и тракторов общей стоимостью в 1000 дол. США. Степень погрешности экономических корректировок (например, принцип паритета покупательной способности) в данном случае не поддается достаточно точному определению. При этом использование натуральных характеристик в условиях постоянного изменения номенклатуры выпускаемой продукции не всегда возможно.

Применение даже таких несовершенных методик свидетельствует о существенном отставании Беларуси: энергоемкость ВВП уступает ближайшим европейским соседям примерно одну треть, что же касается развитых стран, то наша энергоемкость выше в среднем в два раза. Другой

важнейший показатель, отражающий общий уровень технологической цивилизованности страны (производительность труда, уровень комфорта жизни людей и качество оказываемых услуг), – производство (и потребление) электроэнергии на душу населения – характеризует отставание в 2–3 раза. Другими словами, параллельно с задачей повышения эффективности энергоиспользования необходимо существенно наращивать производство электроэнергии и развивать экономику, повышая ее «электровооруженность».

Далеко не простой является оценка эффективности отдельных мероприятий и проектов в целом. Корректность сравнительного анализа технологического перевооружения требует тождественности так называемого энергетического эффекта (результата) «старого и нового», который соблюдается, как правило, редко, ибо новые технологии всегда имеют массу новых преимуществ.

Таким образом, категория энергоэффективности и решение задачи ее управления требуют дальнейшего уточнения и развития.

Качество энергоиспользования связано с количеством потребления энергоресурсов, но не ограничивается им, ибо эффективность преобразования энергоресурса определяется получением соответствующего продукта с регламентированными параметрами. В энергетике стандарт конечного продукта определяется и обеспечивается соблюдением требований таких свойств, как функциональность, надежность, управляемость, экономичность и экологичность процессов выработки, доставки электро- и теплоэнергии и обеспечивающего эти процессы оборудования.

С той или иной степенью терминологической адаптации требования функциональности, надежности, управляемости, экономичности и экологичности покрывают спектр критериев качества продукции в сфере потребления энергоресурсов в прочих секторах экономики. Это позволяет говорить об общности методов оценки энергоэффективности или эффективности энергоиспользования.

Естественный конфликт между отдельными требованиями не допускает получения однозначного количественного определения энергоэффективности, а лишь позволяет качественно описать условия ее достижения:

- технологичность (на пике технического прогресса) используемых оборудования, процессов и систем управления;
- достижимая (с учетом текущих ограничений) оптимальность режимов эксплуатации;
- поддержание эксплуатационных характеристик оборудования близкими к номинальным.

В этом случае задача управления энергоэффективностью, используя общепринятую методологию поиска решений, может быть разделена (достаточно условно):

- по отраслям – на энергопроизводство (энергетика) и сферу потребления (остальная часть экономики);
- по уровню организации и реализации управления – на внутреннее (отрасль, предприятие) и надкорпоративное (государственный надзор) управление.

Следует также отметить наличие принципиальных противоречий в парах «энергетика – сфера потребления» на уровне экономики и «обеспече-

ние энергоресурсами технологических процессов – их экономия» на уровне службы энергетика – отдельного предприятия. В первом случае в энергетике традиционно стремятся к снижению энергоиздержек, однако сама отрасль продает произведенную продукцию – энергоресурсы – со всеми вытекающими коммерческими интересами. Служба энергетика предприятия в первую очередь отвечает за бесперебойное энергоснабжение, и задачи снижения энергопотребления нередко вступают в конфликт. Поэтому общее управление энергоэффективностью должно быть вынесено в зону принятия финансово-экономических, а иногда и организационно-политических решений, оставляя энергетическим службам решение технических задач.

В этом смысле большое значение приобретает введение должности (службы) энергоменеджеров предприятий, которая должна замкнуть организационное оформление процесса управления энергоэффективностью. Энергоменеджер предприятия должен обладать высочайшей квалификацией в вопросах технологии, энергетики и энергоаудита, организационно-финансовых вопросах и по существу координировать работу соответствующих структур, решая сложнейшие многофакторные задачи. Актуальность целевой подготовки инженеров по данной специальности очевидна.

Развитие структуры управления в экономике должно быть направлено также на:

- расширение полномочий энергетических служб при принятии организационно-экономических решений;
- исключение применения принципа нормирования «от достигнутого»;
- переход к отраслевому принципу построения надкорпоративного управления энергоиспользованием.

Одностороннее стремление к снижению энергозатрат может стать причиной потери технологичности производства и качества продукции. Бездумная замена оборудования, сырья и материалов, внешне привлекательная, нередко имеет отрицательные побочные явления в конечном результате. Общеизвестны случаи, когда замена топлива необработанными горючими отходами производства приводила к досрочному капитальному ремонту котлоагрегатов.

Весьма порочным является стремление к формированию норм энергопотребления простым минусованием от объема потребления прошлого года, как правило, без учета особенностей прошедшего и наступающего периодов. Особенно странным является требование ежегодного снижения расходов независимо от достигнутого ранее результата, без учета сохраняющейся экономии от года прошлого и позапрошлого, без учета реального (например, в сравнении с отраслевыми аналогами) уровня энергоэффективности, когда только что запущенная современная технология (или производство) должна уже в следующем году дать дополнительную «экономия» ТЭР. Никого не смущают абсурдность вероятного отрицательного сальдо энергопотребления после суммирования заданий по энергосбережению за несколько лет и очевидная коррупционность подобных процессов.

Энергоаудит как элемент энергетического менеджмента, включающий в себя такие составляющие, как энергетическое обследование, ведение энергетических балансов (по предприятию, по виду энергоресурса, по типу техноло-

гического оборудования, за календарный период), нормирование энергопотребления, является эффективнейшим инструментом, если им умело пользоваться. Лучшим вариантом координации работ и анализа результатов по управлению энергоэффективностью следует считать энергетический паспорт предприятия, в котором фиксируются энергозатраты, организационно-технические мероприятия (ОТМ) по энергоиспользованию, этапы и результаты технологических реконструкций, расчетные энергоэкономические показатели, перечень и местонахождение вспомогательной документации за весь период работы предприятия. Структура энергетического паспорта и состав контролируемых показателей должны различаться по предприятиям и отраслям, а определение специальных и дополнительных характеристик и методология из расчетов должны иметь отраслевой принцип, когда компетентная и дееспособная служба энергоменеджмента формируется в соответствующем министерстве, владея информацией о предприятиях, их особенностях и «скрытых резервах».

Весьма логичным было бы формирование надзорных органов и аудиторских структур с учетом отраслевой специфики или передача части их полномочий непосредственно в отраслевые министерства.

Что касается технологий совершенствования энергоиспользования, то следует отметить, что за последние 10–15 лет почти полностью выбран потенциал организационных решений и будущее – за технологической модернизацией. Соответственно расходы на экономию 1 т у. т. в год выросли более чем в 10 раз и приближаются к 1000 дол. В этом случае наиболее рентабельными среди прочих и общеизвестных мероприятий следует считать глубокую рекуперацию высокотемпературных и применение тепловых насосов для использования низкотемпературных ВЭР. Следует рассмотреть также целесообразность массивной замены дневного кондиционирования зданий ночной вентиляцией. Учитывая климатические условия Беларуси, использование кондиционеров в помещениях, не имеющих существенных внутренних тепловыделений и излишнего радиационного нагрева, может быть ограничено несколькими неделями в году (когда дневная и ночная температура наружного воздуха превышает соответственно 30 и 20 °С) или исключено вовсе.

Основными задачами управления энергоэффективностью в энергетике [5] следует считать:

- совершенствование топливно-энергетического баланса;
- развитие генерирующих мощностей и сокращение расходов энерго-ресурсов на производство и транспортировку электроэнергии;
- повышение уровня автоматизации процессов управления режимами;
- развитие цивилизованного рынка электро- и теплоэнергии.

Формирование эффективного баланса первичных энергоресурсов в условиях Беларуси в первую очередь связано с использованием урановой (атомной) энергетики как альтернативы газу по условиям экономичности и мазуту по условиям экологичности (вопросы аварийной безопасности АЭС вынесем за рамки данной статьи). Уголь может вернуть свое место в энергобалансе в силу доступности при условии полной безотходности технологий использования (газификация, сжигание в кислороде, утилизация шлаков, замкнутая система водоснабжения). Глубокая переработка прочих

доступных углеродосодержащих топлив (тяжелые углеводороды нефтепереработки, низкосортные угли, торф, сланцы) в условиях дефицита нефти и дороговизны газа характеризует новый этап развития конкурентных технологий энергоиспользования.

Совершенно новым и во многом альтернативным является использование биомассы. Простое сжигание отходов, утилизация газовых выбросов (свалки, коммунальные стоки, отходы животноводства и пищевой промышленности), циклическое выращивание древесины в условиях избытка низкоплодородных почв не только снижают нагрузку на экосистему, но и весьма удачно дополняют энергетический баланс.

Особого внимания требуют солнечная и ветроэнергетика. Использование данных ресурсов имеет ряд принципиальных технологических ограничений:

- вынужденность географического места использования;
- низкая плотность потока первичной энергии;
- неуправляемость первичного энергоресурса.

Несмотря на привлекательность, внедрение подобных новшеств следует производить с осторожностью, учитывая пропагандистский лоббизм держателей технологий и псевдоэкологические спекуляции апологетов глобального потепления. Очевидно, что в условиях Беларуси использование солнечной энергетики ограничится получением тепловой энергии для обогрева. Ресурс ветроэнергетики при достаточных площадях со среднегодовым превышением скорости в 6 м/с вполне перспективен. Однако следует не забывать о недостаточной исследованности побочных явлений данной технологии: зона и степень влияния низкочастотных вибраций, шум и визуальное восприятие исполненных объектов, проблема обледенения лопастей, неустойчивость режимов работы.

Малая гидроэнергетика с доступным потенциалом в 250 МВт может быть отнесена к удачному дополнению местных балансов энергоресурсов.

Развитие генерирующих мощностей [6] (ввод АЭС, ПГУ, реконструкция и вывод устаревших энергоблоков) не устраняет извечной проблемы покрытия неравномерной части суточного, недельного, сезонного графиков нагрузки и накладывает существенное ограничение на эффективность энергоиспользования. Развитие атомной энергетики, повышение доли ветроэлектроэнергетики переводят задачу эффективности в проблему сохранения надежности покрытия диспетчерских графиков нагрузки энергосистемы. Расширение маневренных свойств традиционного электрогенерирующего оборудования доступно и понятно, однако связано со снижением энергоэффективности. Административное управление графиками нагрузок промышленных потребителей в условиях либерализации экономики становится достаточно проблематичным, однако существенным резервом остается разукрупнение графиков коммунально-бытовой нагрузки, прежде всего введение двухставочных тарифов с существенной дифференциацией оплаты по зонам суток. Следует упомянуть о давнем стремлении энергетиков встроить в структуру ЭЭС «подходящую» технологию аккумулирования, в соответствующих масштабах. Такая система оказала бы влияние не только на эффективность процесса выработки электроэнергии, но и принципиально изменила бы подходы в решении проблем управления режимной надежностью ЭЭС, включив в этот процесс так называемый активный элемент резервиро-

вания времени для выполнения управляющих воздействий по мощности и энергии [7], смягчив проблему одновременности производства и потребления электроэнергии. Многообразные технологии аккумулирования энергии грешат двумя фундаментальными недостатками: снижением КПД аккумулирования во времени и наличием «мертвого объема», появляющегося при снижении располагаемой мощности извлекаемого энергетического ресурса почти сразу после начала процесса выдачи ресурса. Энергетически надежными технологиями на данном этапе можно считать гидроаккумулирование и аккумулирование водорода с использованием фазного перехода. В первом случае существенным ограничением является строительство водохранилищ, во втором – высокая энергозатратность процесса получения водорода. Использование белорусских ГЭС в качестве синхронизированного регулирования мощности представляется достаточно экзотичным, а вот пиковая надстройка АЭС турбиной, использующей водород, выработанный АЭС, в период ночного снижения нагрузки технологически вероятна.

Совершенствование процесса автоматизации управления электроэнергетикой должно получить выражение в создании всеобъемлющей структуры АСУ производством и сбытом электроэнергии (АСУ ПСЭ) [8, 9], которая является продолжением и развитием автоматизированной системы контроля и управления потреблением и сбытом энергии энергосистемы (АСКУЭ), разработанной в конце 1980-х гг. по инициативе Минэнерго СССР [10]. Белорусский вариант АСКУЭ [11], утратив некоторую идеологическую стройность, приобрел практическую оформленность на уровне крупных промышленных предприятий, более совершенную приборно-техническую базу и программное обеспечение управления. В ближайшие годы должно завершиться построение принципиально новой системы «контроля и управления», исключающей неразбериху в сетевых потерях, бесконтрольность потребителей в режиме текущего времени и обеспечивающей вхождение в цивилизованный рынок электроэнергии.

Сам по себе переход электроэнергетики на работу в рыночных условиях [5], по замыслу идеологов, должен «улучшить прозрачность финансовых потоков и внести элемент конкуренции» и, по существу, устранить монополизм и отраслевую вольницу, включающую волюнтаризм в квалификации технологических расходов энергоресурсов, а фактически – завершить построение общеэкономической государственной модели управления эффективностью энергоиспользования в энергетике.

## **ВЫВОДЫ**

1. Управление эффективностью энергоиспользования должно производиться в условиях строжайшего соблюдения стандартов качества технологических процессов и выпускаемой продукции.

2. Организационную структуру управления энергоэффективностью, включая надзорные функции, следует формировать по отраслевому принципу, позволяющему компетентно разрабатывать отраслевые нормативы и дополнительные специфические критерии анализа и оценки качества энергоиспользования.

3. Анализ энергоэффективности работы предприятия следует осуществлять с учетом всей предыстории его работы, проводимых реконструкций и достижений в производстве и энергоиспользовании и отражать в энергетиче-

ском паспорте объекта. Для решения ряда организационно-экономических вопросов служба энергетика предприятия как важнейшее звено энергетического менеджмента должна быть наделена соответствующими полномочиями.

4. Формирование и развитие топливно-энергетического баланса электроэнергетики следует проводить с учетом требований функциональности, надежности, управляемости, экономичности и экологической безопасности отрасли. Введение новых ресурсов (уран, солнце, ветер), ограничивающих маневренность и надежность выработки электроэнергии, необходимо дополнять технологиями, компенсирующими эти недостатки.

5. Действующие и вводимые в строй АСКУЭ потребителей и объектов энергосистемы, действующие АСДУ и АСУ ТП электростанций должны быть интегрированы во всеобъемлющую АСУ производством и сбытом электроэнергии (АСУ ПСЭ), способную обеспечить завершение построения эффективной организационно-технической структуры управления энергоэффективностью энергетики и перехода к цивилизованному рынку электроэнергии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. О б э н е р г о с б е р е ж е н и и: Закон Республики Беларусь: принят Палатой представителей 19 июня 1998 г. № 190-З // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2010. – № 15, 2/1666.
2. Э к о н о м и я и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства: Директива Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007 г. № 3 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2007. – № 146, 1/8668.
3. П е т р у ш а, Ю. С. Энергоиспользование в промышленности: управление потреблением, оборудование и технологии, использование ВЭР / Ю. С. Петруша // Методические указания по энергосбережению. – Минск: Лоранж, 1996. – С. 38–50.
4. П е т р у ш а, Ю. С. Некоторые аспекты задачи управления энергоэффективностью / Ю. С. Петруша // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 9-й МНТК. – БНТУ, 2011. – Т. 1. – С. 62–63.
5. С т р а т е г и я развития энергетического потенциала Республики Беларусь: принята постановлением Министерства энергетики Республики Беларусь от 9 августа 2010 г. № 1180 // Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://pravo.by>. – Дата доступа: 22.05.2011.
6. Г о с у д а р с т в е н н а я комплексная программа модернизации основных производственных фондов Белорусской энергетической системы, энергосбережения и увеличения доли использования в республике собственных топливно-энергетических ресурсов на период до 2011 года: утв. Указом Президента Республики Беларусь от 15.11.2007 № 575 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 16 ноября 2007 г. – № 1/9095.
7. П е т р у ш а, Ю. С. Индуктивные энергонакопители для управления режимами и структурой ЭЭС / Ю. С. Петруша // Известия РАН. Энергетика. – 1992. – № 1. – С. 81–88.
8. П е т р у ш а, Ю. С. Реализация задачи сведения оперативного баланса по Узбекской энергосистеме / Ю. С. Петруша // Промышленная энергетика. – 1990. – № 12. – С. 19–20.
9. П е т р у ш а, Ю. С. АСУ производством и сбытом электрической энергии / Ю. С. Петруша // Региональные проблемы повышения качества и экономии электроэнергии: матер. науч.-практ. конф. – Астрахань, 1991. – С. 65–66.
10. А в т о м а т и з и р о в а н н а я система контроля и управления потреблением и сбытом энергии энергосистемы (АСКУЭ): типовое техническое задание на разработку / Министерство энергетики и электрификации СССР. – М., 1988.
11. К о н ц е п ц и я приборного учета электроэнергии в Республике Беларусь: принята постановлением Министерства энергетики Республики Беларусь от 30.08.2005 № 28 // Белорусский правовой портал. – Режим доступа: <http://www.pravoby.info>. – Дата доступа: 20.05.2011.

Представлена кафедрой  
электрических систем  
УДК 620.92

Поступила 13.03.2012