

Манцерова Т.Ф., Чиж Е.П.  
T.F. Mancerova, E.P. Chizh  
Белорусский национальный технический университет  
Belarusian National Technical University

**ЭКСЕРГООЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАК ИНСТРУМЕНТ  
ОПТИМИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ  
EXERGY AND ECONOMIC ANALYSIS AS A TOOL  
FOR THE OPTIMIZATION OF ENERGY SAVING PROGRAM**  
УДК 697

Последствия событий, связанных с энергетическими рисками (например, внезапное повышение тарифов, перебои в энергоснабжении, неудовлетворительные показатели качества энергоносителей), могут быть критичными для предприятий из самых разных секторов экономики.

Для руководства предприятий основные задачи в сфере эффективности использования энергии (энергоэффективность) связаны с минимизацией текущих расходов на топливо и энергоносители, а также разработкой перспективного плана снижения энергоемкости продукции и оптимальной схемы снабжения энергоресурсами.

Вопросы эффективного использования энергии, оставленные без должного контроля, представляют серьезную угрозу для нормального функционирования предприятия. Предприятия, более подготовленные к возможному дефициту энергоресурсов и резким изменениям тарифов, получают неоспоримое преимущество над менее подготовленными конкурентами.



Рисунок 1 - Риски предприятий, связанные с эффективностью использования энергии

Энергетическая стратегия охватывает различные сферы деятельности современного предприятия, так или иначе связанные с энергоснабжением и эффективностью потребления энергии.

Специализированная система энергетического менеджмента представляет собой комплексный инструмент для энергетического планирования и анализа, контроля показателей эффективности использования энергии, непрерывной оценки потенциала повышения энергетической эффективности и разработки соответствующих мероприятий.

Направление модернизации производства связано с разработкой инвестиционного плана развития. Такой план содержит ряд проектов, предусматривающих внедрение наилучших доступных технологий.



Рисунок 2 - Компоненты энергетической стратегии

Операционная эффективность в энергетической стратегии рассматривается как инструмент поддержания показателей энергетической эффективности на оптимальном уровне.

Менеджмент технического состояния оборудования в рамках энергетической стратегии подразумевает учет критериев энергетической эффективности при планировании деятельности, связанной с ремонтом и техническим обслуживанием.

Внедрение возобновляемых источников энергии рассматривается как с точки зрения сокращения затрат на энергоносители, так и в плане повышения устойчивости бизнеса и связанных с этим выгод.

В зависимости от текущей экономической ситуации и перспектив развития сектора в целом энергетическая стратегия рассматривается как один из инструментов кризисной поддержки деятельности компании (с целью снижения затрат) либо как модель развития, способствующая осуществлению более эффективных процессов в условиях растущих и прогнозируемых рынков

Таблица 1 - Эффективные энергосберегающие мероприятия объектов энергетики

Виды объектов	Энергосберегающие мероприятия
Распределительные пункты и трансформаторы	Выравнивание графика нагрузки, более полная загрузка трансформаторов, установка фильтров, стабилизаторов и компенсаторов реактивной мощности, установка диспетчерских систем, симметрирование фаз. Перевод внешних и внутренних сетей на повышенное напряжение реконструкция сетей. Включение под нагрузку резервных линий электропередачи.
Электропривод	Увеличение нагрузки рабочих машин. Установка двигателей соответствующей мощности, двигателей повышенной экономичности. Применение контроллеров мягкого пуска, частотно регулируемого привода
Котлы	Настройка режимов котла, применение автоматических регуляторов, теплоизоляция наружных поверхностей, уплотнение клапанов и тракта, забор воздуха из помещений котельной, внедрение непрерывной автоматической продувки, утилизация тепла дымовых газов и продувочной воды, модернизация электропривода насосов, вентиляторов и дымососов. Для котельной - оптимизация графика работы котлов.
Печи	Настройка топочных режимов, применение автоматических регуляторов, теплоизоляция наружных поверхностей, уплотнение заслонок и тракта, забор воздуха из помещений цеха, утилизация тепла дымовых газов, установка регенераторов и регенеративных горелок.
Бойлеры, теплообменники	Промывка теплообменника, изоляция трубопроводов и наружных поверхностей. Установка пластинчатых теплообменников.
Паровые системы	Теплоизоляция и устранение утечек. Установка конденсатоотводчиков, исключение острого пара, сбор и возврат конденсата, утилизация тепла конденсата, замена пара на воду. Возможные проекты по рационализации системы распределения пара: децентрализовать тепловые завесы; децентрализовать горячее водоснабжение; изолировать трубопровод; перекрыть подачу пара на отопление в летнее время; устранить утечки; снизить давление пара; обеспечить возврат конденсата под давлением.
Системы воздухо-снабжения	Сокращение электроэнергии, требуемой для обеспечения предприятий сжатым воздухом, возможно по следующим направлениям: улучшение работы компрессоров в результате регулирования производительности при колебаниях расхода сжатого воздуха; автоматизация открытия всасывающих клапанов; отклонение лишних компрессоров при снижении расходов сжатого воздуха; снижение номинального рабочего давления компрессорной установки; внедрение в поршневых компрессорах прямоточных клапанов; осуществление резонансного наддува поршневых воздушных компрессоров; подогрев сжатого воздуха перед пневмоприемниками; замена компрессоров старых конструкций на новые с более высоким КПД; систематический контроль за утечками сжатого воздуха на отдельных участках, систематическое устранение неплотностей в сальниках, трубопроводах, соединительной и запорной арматуре; отклонение отдельных участков или всей сети сжатого воздуха в нерабочее время; замена, там где это целесообразно, сжатого воздуха другими энергоносителями; замена пневмоинструмента на электроинструмент. Устранение утечек, осушение воздуха, оптимизация системы распределения воздуха. Установка системы регулирования давления, секционирование компрессоров, межступенчатое охлаждение, ограничение расхода охлаждающей воды. Применение тепловых насосов. Модернизация электропривода. Применение экономичных компрессоров.
Вентиляция. Кондиционирование	Теплоизоляция трубопроводов, теплообменников и арматуры, устранение утечек. Внедрение центральных и индивидуальных регуляторов, рекуперация вентиляционного тепла. Исключение перегрева и переохлаждения. Включение только тогда, когда в помещении находятся люди или когда идут технологические процессы. Минимизация объемов приточного и отработанного воздуха. Сокращение расхода электроэнергии на вентиляционные установки обеспечивают следующие мероприятия: замена старых вентиляторов новыми, более экономичными; внедрение экономичных способов регулирования производительности вентиляторов; блокировка вентиляторов тепловых завес с устройствами открывания и закрытия ворот; отключение вентиляционных установок во время обеденных перерывов, пересмен и т.п.; устранение эксплуатационных дефектов и отклонений от проекта; внедрение автоматического управления вентиляционными установками.

Освещение	Максимальное использование естественного и местного освещения в сочетании с автоматическим управлением, искусственным освещением; замена ламп накаливания на экономичные типы ламп; системы регулирования; детекторы присутствия; таймеры; секционирование осветительных сетей. Окраска помещений в светлые тона, регулярная чистка светильников и окон.
Водоснабжение насосные установки	Устранение утечек, применение экономичной арматуры. Замена на более дешевую воду (техническую, артезианскую, оборотную). Применение сухих гради-рен. Снижение расхода электроэнергии на насосных установках достигается за счет следующих мероприятий: повышение КПД насосов; улучшение загрузки насосов и совершенствование регулирования их работы; уменьшение сопротивления трубопроводов; сокращение расхода потерь и потерь воды. Модернизация электропривода насоса.
Холодильные установки	Устранение воздуха из хладагента и заполнение системы до нужного уровня, очистка холодных поверхностей. Установка систем регулирования температуры. Теплоизоляция трубопроводов и камер, установка пластиковых штор. Снижение расхода охлаждающей воды и величины подпитки. Модернизация электропривода компрессоров. Отключение установок, если охлаждение не нужно. Использование выделяющегося тепла. Правильный выбор числа одновременно работающих компрессоров.
Здания	Дополнительная изоляция стен и перекрытий, тройное и вакуумное остекление. Модернизация стен отопления, вентиляции и кондиционирования, освещения и водоснабжения. Установка интегрированных систем управления оборудованием зданий.

Для предприятий энергетики Республики Беларусь наиболее приоритетными являются мероприятия направленные на модернизацию и реконструкцию котлов, печей, бойлеров и теплообменников ,паровых систем, так как наибольший удельный вес занимают ТЭЦ.

Для выбора оптимальной последовательности энергосберегающих мероприятий целесообразно использовать прогрессивные методы анализа энергопользования.

Задачей плана мероприятий по энергосбережению любого энергетического предприятия является повышение энергоэффективности, т.е. повышения уровня использования всех видов энергии экономически оправданными, прогрессивными способами при существующем уровне развития техники и технологий.

Энергия - общая количественная мера движения и взаимодействия всех видов материи. Энергия не возникает из ничего и не исчезает, она может только переходить из одной формы в другую. Понятие энергии связывает воедино все явления природы.

При обратимом изменении рабочего тела обязательно изменяется вид энергии. Отметим также, что энергию можно превратить в другой вид и обратно не всю полностью. Таким образом, любой вид энергии можно разделить на две части - обратимо превращаемую и необратимо превращаемую в другие виды энергии.

Эксергия - это мера, учитывающая качество энергии. Электрическая или механическая энергия являются формами энергии высокого качества, и их вклад в эксергию системы равен полному количеству энергии в этих формах. Содержание эксергии (выражаемое в тех же единицах, что и количество энергии) характеризует максимальную способность энергии данно-

го потока к преобразованию в другие формы энергии или полезную работу. Вследствие этого эксергия не является консервативной величиной.

Энергия подчиняется закону сохранения, но закона сохранения эксергии не существует. В конечном итоге, при неизменном количестве энергии, все виды работоспособной, высококачественной, легко превращаемой эксергии превращаются в низкокачественную неиспользуемую анергию - тепло окружающей среды.

Вместе с тем существуют виды энергии, которые имеют ограниченные возможности преобразования. Например, тепловая энергия, после протекания от более нагретого тела к менее нагретому телу, не может быть возвращена от менее нагретого тела к более нагретому телу без приложения дополнительной энергии (второй закон термодинамики). Кроме того, тепловая энергия (по этому же закону) непрерывно стремится перейти от более нагретого тела к менее нагретому, например, в окружающую среду.

Эффективность всей энергосистемы зависит не только от эффективности ее отдельных элементов (генератор, транспортные средства, потребители энергии), но и от термодинамического соответствия. Например, если генератор тепла имеет максимально возможный к.п.д., но будет подавать на приемник теплоту с завышенной или заниженной температурой, то общая эффективность термодинамической системы не будет максимально возможной. Только создания условий термодинамического соответствия элементов системы в сочетании с высокими показателями эффективности этих элементов обеспечит высокую эффективность всей системы. Эти же условия позволяют свести к минимуму потери от необратимости в процессах передачи теплоты от источника к потребителю, то есть, потери эксергии.

После установления узлов с недопустимо высокими эксергетическими потерями эффективность системы можно повысить двумя способами:

- уменьшить потери в тех узлах, в которых выводится теплота;
- создать новые узлы для использования эксергии выводимой теплоты.

Первый способ основан на замене неэффективного оборудования на более эффективное в термодинамическом отношении. Второй способ предполагает использовать теплообменники (которые и устанавливаются в новых узлах термодинамической системы) для вторичного использования отводимого тепла от неэффективно используемых энергоустановок.

Анализ энергоиспользования - это комплексный метод анализа, основанный не только на вычислении основных технических, но и экономических показателей.

Существуют следующие основные виды общетехнического энергетического анализа:

- сквозной энергетический анализ;
- энерго-экологический анализ;
- анализ экобалансов;
- эксергоэкономический анализ.

Для анализа энергоиспользования в производственных процессах в

энергетической отрасли целесообразно использовать эксергоэкономический анализ, поскольку он позволяет не только качественно проследить за расходом топлива в технологическом цикле, но и высчитать затраты, связанные с его некачественным использованием.

С учетом быстрого развития энергетических технологий в мире необходимо искать наиболее выгодные и комплексные методы снижения затрат на производство энергии. Один из вариантов - попытаться применить на практике эксергоэкономический анализ производственных процессов.

Современные эксергетические методы представляют собой достаточно разработанный аппарат для анализа эффективности энергетических превращений в энергетических и технологических установках. Наиболее часто эксергоэкономический метод применяется для анализа процессов и установок, связанных с получением электрической энергии и тепла.

Из уравнений баланса какого-либо технологического узла находятся эксергетические потери, которые пересчитываются в денежном эквиваленте, что затем позволяет оценить сумму израсходованных средств для работы топлива в технологических установках с целью выработки электрической энергии и отпуска тепловой энергии.

Однако проведение такого анализа требует вложения огромных средств, вследствие чего он пока не так повсеместно применяется на предприятиях. Но, учитывая, что одна наибольшую долю затрат в себестоимости энергии занимает топливная составляющая, а Республика Беларусь в качестве основного вида топлива использует природный газ, закупаемый в Российской Федерации, то любое предприятие заинтересовано в снижении этих затрат. Эксерго-экономический анализ позволит выявить наиболее эффективные участки по экономии топлива и пересчитать финансовый результат предприятия с наилучшими результатами.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Лозано М.А., Валеро А. Теория эксергетической стоимости // Энергия, Т. 18, 1993, № 9. - Пергамон Пресс. - С. 939-960.
- 2 Войтоловский Н. В., Калинина А. П., Мазурова И. И. Экономический анализ: Основы теории. Комплексный анализ. М.: Высшее образование, 2011.
- 3 Эксерго-экономический подход как универсальный метод анализа эффективности энергетических систем и процессов / Н. А. Гафаров, Н. А. Кисленко, Е. С. Гервиц // Газовая промышленность. - 2012. - № 6. - С. 10-15.
- 4 Эксергетический и экономический анализы ТЭС / В. М. Неуймин // Энергосбережение и водоподготовка. - 2013. - № 1 (81). - С. 63-67
- 5 Зубаревич Ю.А. Использование эксерго-экономического анализа при разработке программ энергосбережения // Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции молодых ученых «Модернизация хозяйственного механизма сквозь призму экономических, правовых и инженерных подходов» 3 марта 2015 г., БНТУ 2015.