

РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

БЕЛОВ А.А., к.т.н., ФЕДОРОВ М.О., инж.

Посвящена проблеме энергосбережения промышленного предприятия. Рассматриваются основные принципы построения автоматизированной системы информационного обеспечения энергосбережения в условиях сложности системы энергоснабжения и дефицита контрольно-измерительных приборов для получения первичной информации.

Энергосбережение выдвигается сегодня в число актуальнейших задач стратегии развития энергетики и экономики государства, что нашло отражение в Законе РФ «Об энергосбережении». При этом приоритетное значение в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 1087 от 02.11.95 «О неотложных мерах по энергосбережению» приобретает регулярное проведение обследований предприятий, направленных на разработку и реализацию программы энергосбережения. Кроме того, постоянно ужесточаются требования к качеству и надежности энергоснабжения. В этой связи особую актуальность приобретает изучение и оптимизация структуры и режимов функционирования системы энергоснабжения предприятия.

Экономические показатели конкурентоспособности предприятия являются общей мерой интереса и доверия к услугам предприятия на фондовом, финансовом и трудовом рынках. В числе главных определяющих факторов этой меры выступает стратегическое управление предприятием, куда входит и энергосберегающая политика. Предприятия в условиях рыночной конкуренции стремятся минимизировать составляющую энергозатрат в себестоимости конечной продукции. На уровне производства для повышения конкурентоспособности необходимы инновационные решения по улучшению показателей производства. На первое место выходят мероприятия по улучшению деятельности предприятия, закрепленные ГОСТ Р ИСО 9004:2001. Показатели конкурентоспособности продукции на уровне изделий предприятия выступают как мера удовлетворенности потребителей продукцией предприятия. Налицо функциональное соответствие: в аспекте поставленной проблемы энергосбережения энергосберегающая политика предприятия должна повысить эффективность производства (ГОСТ Р ИСО 9004:2001), снизить издержки, уровень затрат и потерь на производство, повысить (сохранить) качество (ГОСТ Р ИСО 9001:2001), снизить себестоимость продукции и вывести предприятие на высокий уровень конкурентоспособности продукции как на внутреннем, так и на внешнем рынках. В этой связи приходится конкурировать с зарубежными и отечественными производителями только за счет низкой заработной платы и жесточайшей эксплуатации оборудования, что бесперспективно. Необходимо снижать составляющие себестоимости, а т.к. энергоресурсы – одна из основных составляющих себестоимости, то без системы энергосбережения не обойтись.

Необходимость в энергосберегающих мероприятиях обусловлена постоянным ростом цен на энергоносители и увеличением доли энергозатрат в себестоимости продукции. Энергоемкость производства, износ оборудования, необоснованные потери энергии, отсутствие надлежащего уче-

та оборудования и ресурсов являются причинами высокого уровня энергозатрат. Создание службы энергосбережения – требование современного производства. Эта служба должна являться одной из основных, наряду с энергетической, материально-технической, другими составляющими производства. Только благодаря эффективной работе каждой из них продукция предприятия выйдет на высокий уровень конкурентоспособности.

Одной из ключевых проблем в решении этого вопроса является отсутствие целенаправленного информационного обеспечения управления энергосбережением, что исключает системность планирования и рациональную последовательность выполнения мероприятий, направленных на эффективное использование энергоресурсов. Отсутствие возможности регулярного периодического получения и анализа информации (ежедневного, недельного, в любой требуемый момент времени) от приборов учета тепловой, газовой и электрической энергии делает невозможным организацию оперативных энергосберегающих мероприятий, а также своевременное принятие необходимых управленческих решений, кроме того, происходит потеря информации, отражающей динамику потребления энергоресурсов.

Для управления энергосбережением предприятия разработана автоматизированная система контроля и учета энергоресурсов. Основной задачей системы является мониторинг расхода энергоресурсов для осуществления целенаправленного планирования энергосберегающей деятельности предприятия в целом, отдельных участков с необходимой степенью детализации, стратегического и оперативного управления процессами энергосбережения.

Принципиальная основа организации информационного процесса – принцип управленческого учета. Оперативный управленческий учет помогает быстро адаптироваться к изменениям энергопотребления, а также видеть энергетические проблемы в момент их возникновения и устранять их до того, как они нанесли ощутимый материальный ущерб.

Практическая работа по разработке информационного обеспечения системы энергосбережения ведется на предприятии ЗАО «Электроконтакт» (г. Кинешма). Одним из недостатков предприятия, оказывающих негативное влияние на рост конкурентоспособности продукции, темп развития производства, являются большие удельные энергозатраты [1]. Эта ситуация типична для большинства предприятий.

Сложность задачи заключается в отсутствии достаточного для мониторинга энергоресурсов количества контрольно-измерительной аппаратуры и дефиците первичной информации. Наличие счетчиков энергоносителей на уровне цехов не

позволяет оперативно отследить энергопотребление технологических участков, операций.

Первый этап построения автоматизированной системы информационного обеспечения (АСИО) – исследование объекта, его системы энергоснабжения, технологии производства продукции, структуры потребления и распределения энергоресурсов. На данном этапе происходит анализ предприятия:

- определяется структура предприятия, разделение на основные и вспомогательные участки;

- определяются параметры и режимы функционирования предприятия с точки зрения потребления энергоресурсов;

- проводится инвентаризация энергокомплекса предприятия: основного и вспомогательного оборудования;

- определяются виды энергоносителей и объем их использования на предприятии, их доля в конечной стоимости продукции;

- проверяются способы и средства технического учета энергоресурсов, возможность/невозможность установки дополнительных средств;

- указываются особенности территориального расположения предприятия, физическое состояние зданий и цехов;

- проводится анализ технологии производства продукции с точки зрения возможной экономии энергоресурсов.

Второй этап работы – разработка концепции управленческого учета, которая определяет:

- формализованное представление технологического процесса и иерархии производства;

- требования к набору ключевых показателей, предполагаемых для использования в модели расчета затрат;

- общую структуру данных, предполагаемых к сбору в разрабатываемой системе управленческого учета;

- структуру пользователей информации (уровни, получаемую информацию, периодичность).

Концепция основана на процессном и системном подходах в представлении технологии производства. При процессном подходе каждая операция производства рассматривается как процесс, у которого определяется:

- ответственный за выполнение, исполнитель;

- время выполнения;
- параметры процесса (операции);
- ресурсы процесса;

- множества входов и выходов.

Системность концепции заключается в иерархичном представлении производства и анализе элементов системы производства – отдельной операции, выполняемой на единице оборудования. В итоге получается наложение двух иерархий: с одной стороны – организационная структура производства (цех – участки – операции – оборудование), с другой – декомпозиция энергетических затрат (распределение энергетических затрат по цепочке: предприятие – цех – участки – операции – оборудование). Данная декомпозиция получена путем анализа схем энергоснабжения предприятия (цеха). Это даст возможность группировать оборудование и определять затраты по любому уровню иерархии.

На рис. 1 представлена декомпозиция затрат.

Основные элементы методики:

1. *Операция* – информационный объект, представляющий собой описание процесса обработки сырья и получения продукта.

2. *Оборудование* – информационный объект, содержащий характеристики используемого в операции оборудования.

Каждой единице оборудования можно поставить в соответствие кортеж:

$$m_{ij} \sim \{N_{ij}(m_{ij}), K_{\text{э}}(m_{ij}), K_{\text{з}}(m_{ij}), \mu_k\}, \quad (1)$$

где i – операция; j – единица оборудования. Здесь:

- $N_{ij}(m_{ij})$ – мощность оборудования m_{ij}

(электрическая мощность оборудования (или эквивалент мощности));

- $K_{\text{э}}(m_{ij})$ – коэффициент использования

m_{ij} (отношение фактической мощности работы оборудования к нормативной (объявленной));

- $K_{\text{з}}(m_{ij})$ – коэффициент загрузки m_{ij} (показывает относительное время работы оборудования за период)

• μ_k – принадлежность оборудования:

- к технологическим участкам (0 – не принадлежит, 1- принадлежит участку);
- к операциям;
- виду энергии (использует вид энергии из множества $R_{\text{э}}$).

3). *Виды энергии* – энергетический ресурс, представляющей собой множество видов энергии, необходимой для технологии $R_{\text{э}} = \{R_{\text{э}1}, R_{\text{э}2}, R_{\text{э}3}, R_{\text{э}4}\}$.

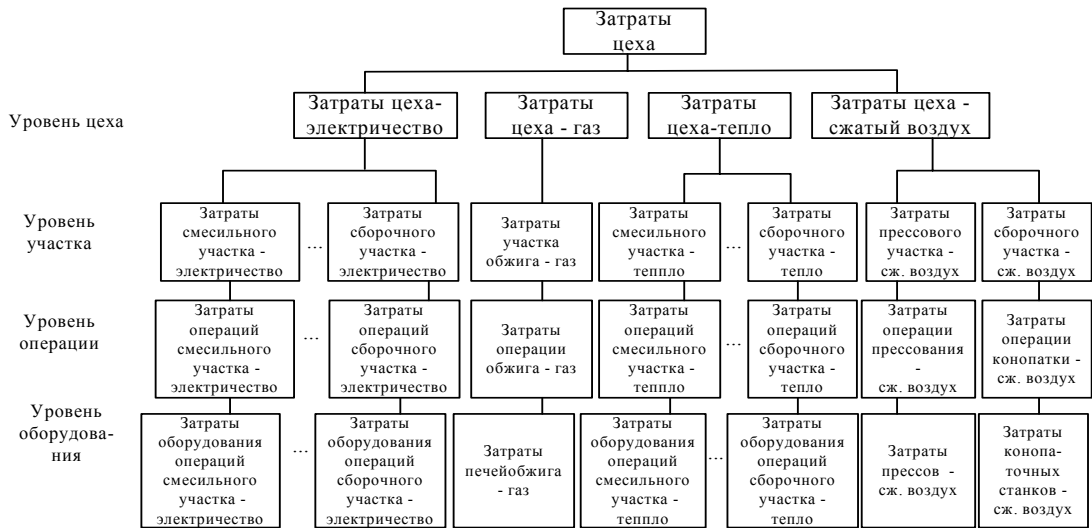


Рис. 1. Декомпозиция затрат

4). **Энергозатраты** - информационный объект, содержащий определение затрат по видам энергетических ресурсов, участкам, операциям.

В отсутствие контрольно-измерительной аппаратуры энергозатраты оборудования i оцениваются по универсальной методике.

Для каждого оборудования рассчитывается весовой коэффициент доли общих энергозатрат (общие энергозатраты подразделения, на уровне которого установлен счетчик, принять за единицу):

$$b_i = \frac{N_i * K_{ucni} * K_{\zeta \ddot{a} \ddot{a} \ddot{d} i}}{\sum N * K_{ucn} * K_{\zeta \ddot{a} \ddot{a} \ddot{d}}}. \quad (2)$$

В знаменателе используются суммарные коэффициенты мощности, коэффициенты использования, коэффициенты загрузки оборудования, находящегося на данном уровне иерархии цеха. Умножая полученный вес отдельного оборудования на общие затраты (данные со счетчика), получим затраты отдельного оборудования. Аналогично можно рассчитать вес в общих затратах цеха отдельных операций, участков, если представить участок как единицу оборудования. Зная b_i , можно рассчитать затраты отдельного оборудования:

$$q_{yi} = b_i * Q_j, \quad (3)$$

где q_{yi} - затраты отдельного оборудования, b_i - весовой коэффициент единицы оборудования, Q_j - данные энергопотребления подразделения (уровень контрольно - измерительной аппаратуры).

Далее, используя группировку оборудования, можно оценить затраты (Q) подразделения (цеха - участка, операции).

5). **Удельные энергозатраты** - информационный объект, определяющий количество энергоресурсов (энергозатрат) на единицу продукции:

$$g_j = \frac{\sum_{i=1}^n Q_j}{m_j}, \quad (4)$$

g_j - удельный расход энергоресурсов уровня j (руб/кг);

n - количество видов энергоресурсов, используемых на уровне j ;

Q_j - стоимость энергоресурсов уровня j (руб);

m_j - масса продукции операции (выхода) (кг).

Третий этап работы - разработка регламента сбора и анализа данных, разработка организационного обеспечения системы энергосбережения.

На предприятии для мониторинга и анализа технологического процесса разработана информационная система АСМА "Графит", которая позволяет управлять качеством продукции всех операций. Информационная и программная совместимость с АСМА регламентирует сбор данных с установленных форм. Единство информационного пространства двух систем позволяет отслеживать факторы, влияющие на качество продукции и энергозатраты, выявлять структуру затрат. Разработанная система имеет сопряжение с ГОСТом Р ИСО 9004-2001 в области рекомендаций по улучшению деятельности предприятия, что позволяет повысить эффективность производства и использовать современные методы управления.

При анализе систем энергоснабжения, энергосбережения и построения системы информационного обеспечения применялись методологии моделирования потоков данных (DFD), процессов (IDEF0 и IDEF3). На рис. 2 изображена информационная структура системы информационного обеспечения в нотации DFD.

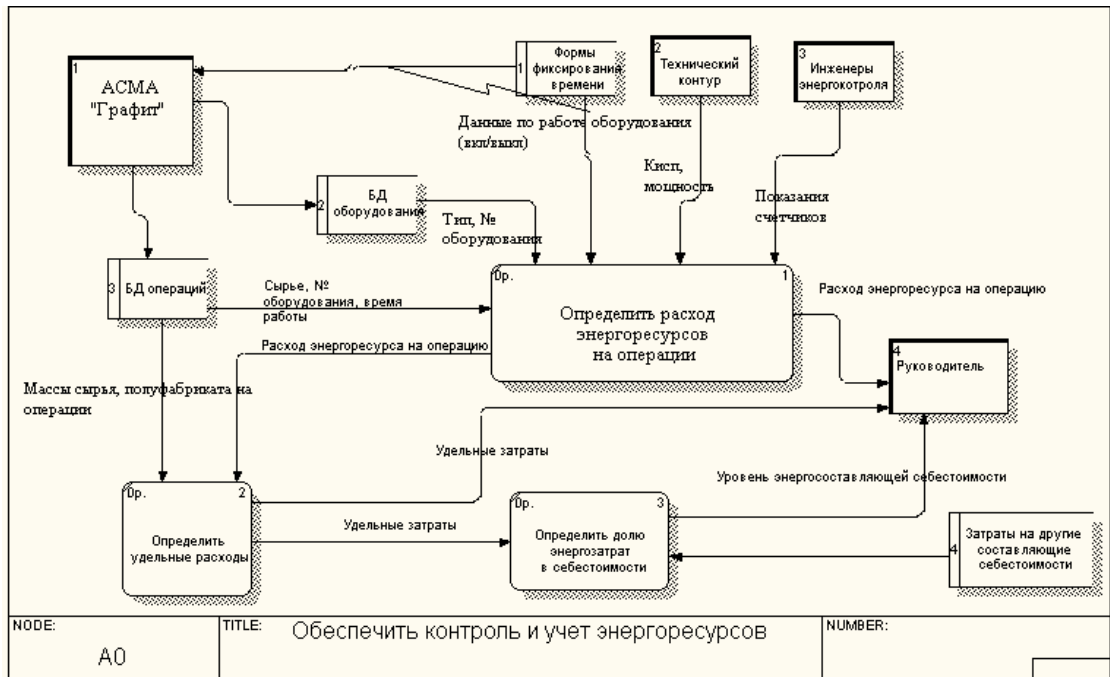


Рис. 2. Информационная структура системы

На основе разработанной информационной структуры системы сформирована система показателей эффективности использования энергетических ресурсов:

1. Удельные расходы энергоресурсов.

1.1. Удельные расходы энергетических ресурсов на входе процесса.

$T_{загр}$ будет определяться временем выполнения операции (ряда операций в рамках участка), т.е. временем работы оборудования. Данные по количеству сырья или полуфабриката на входе операции j транспортируются из АСМА "Графит" - G^{ex}_j :

$$g^{ex}_{ij} = \frac{Q_{ij}}{G^{ex}_j}, \quad (5)$$

где g^{ex}_{ij} – удельный расход (на входе операции) энергоресурса i операции j ; Q_{ij} – количество израсходованного энергоресурса i за время t ; G^{ex}_j – количество сырья (полуфабриката) на входе операции.

В этом случае операция j будет характеризоваться множеством

$$g^{ex}_j = \{ g^{ex}_{эзj}, g^{ex}_{таj}, g^{ex}_{газj}, g^{ex}_{свj} \}.$$

1.2. Удельные расходы энергетических ресурсов по отношению к выходу процесса.

При определении данной величины необходимо проследить для операции j (участка, передела) G^{ex}_j и G^{bix}_j – количество сырья (полуфабриката) на входе операции и выходе соответственно:

$$g^{bix}_{ij} = g^{ex}_{ij} * \frac{G^{ex}_j}{G^{bix}_j}, \quad (6)$$

где g^{bix}_{ij} – удельный расход (на выходе операции) энергоресурса i операции j ; g^{ex}_{ij} – удельный расход (на входе операции) энергоресурса i операции j ;

G^{bix}_j – количество сырья (полуфабриката) на выходе операции; G^{ex}_j – количество сырья (полуфабриката) на входе операции.

В этом случае операция j будет характеризоваться множеством

$$g^{bix}_j = \{ g^{bix}_{эзj}, g^{bix}_{таj}, g^{bix}_{газj}, g^{bix}_{свj} \}.$$

Аналогично можно оценить удельные расходы каждого вида энергоресурсов.

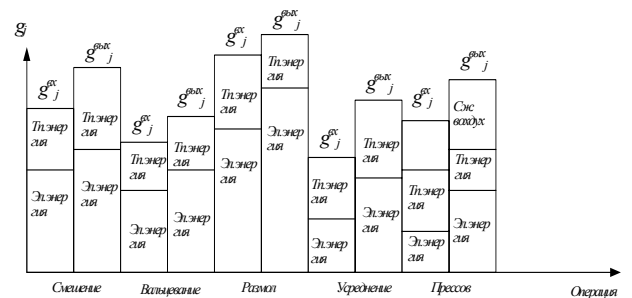


Рис. 3. Представление g^{ex} и g^{bix} операции j

2. Потери энергоресурсов.

2.1. Потери при производстве (брак, потеря сырья).

Энергетические потери операции (участка) j можно определить в удельном выражении следующим образом:

$$\Delta g_{ij} = g^{bix}_{ij} - g^{ex}_{ij}, \quad (7)$$

$$\Delta g_j = g^{bix}_j - g^{ex}_j, \quad (8)$$

Показатель Δg_{ij} определяет, сколько энергоресурса i перерасходуется на 1 кг (шт) продукта операции j .

Показатель Δg_j является сводным по всем видам энергоресурсов и определяет, сколько

энергоресурсов в рублях или в т.у.т. перерасходуется на 1 кг (шт) продукта. Другими словами, насколько дорожает 1 кг продукта операции (участка) i в энергетическом аспекте (чем меньше выход годного операции (участка) j , тем дороже 1 кг продукции). Особое место среди потерь продукта занимает брак продукции (наиболее характерно для операций обжига, графитации). Брак, выявляемый после операций, не участвует в дальнейшей технологической цепочке, однако на производство бракованных изделий также израсходованы энергоресурсы. Эти энергоресурсы необходимо включить в расчет удельных затрат всех операций участка. Суммируя показатели, рассчитанные по формуле (5), можно определить удельные затраты энергоресурсов n после группы операций (участков). Показатели покажут увеличение количества энергоресурсов, затраченных на 1 кг продукции.

2.2. Потери при транспортировке до потребителя.

3. Энергетическая составляющая в себестоимости продукции в процентах.

$$Qs_i = \frac{St_i}{S_k} * 100\%, \quad (9)$$

где Qs_i - доля i -го энергоресурса в себестоимости k -го продукта (полуфабрикат операции, ЭГ-блоки, т.д.).

St_i - стоимость i -го энергоресурса; S_k - себестоимость k -го продукта.

На основе разработанной системы показателей рассматривается эффективность использования энергоресурсов. Анализируются следующие показатели:

1. Количество потребленных энергоресурсов за определенный период (табл. 1).

Таблица 1. Потребление энергоресурсов цехами .

Цех	2004			2005		
	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель
Электричество (кВтч)						
Цех №1	256142	246727	221006	234819	205164	
Графитация	166230	214542	118154	163528	135683	
Цех №2	103041	117283	76305	113199	112783	
Цех №3	552021	556503	468709	517931	632134	
Газ (тыс. м ³)						
Цех №1	57,3	60,28	57,27	63,29	27,13	39,18
Цех №3	18	18,6	16,8	16,13	22,32	23,04
Сжатый воздух (м ³)						
Цех №1	455446	446742	319750	389205	507553	455306
Цех №2	188298	184699	132197	160912	209841	188240
Цех №3	376596	369399	264393	321823	419082	376480

На основе полученных данных делается вывод о потреблении газа, сжатого воздуха, электроэнергии цехом №1, по сравнению с другими потребителями. Например, можно отметить следующее:

- в марте отмечалось снижение потребления электроэнергии, но увеличение потребления сжатого воздуха. Это говорит об увеличении операций сборочного участка и уменьшении операций на смесильно-прессовом участках;

- I высокий расход сжатого воздуха в цехе №1, по сравнению с другими цехами. В цехе №1 не так много оборудования, использующего сжатый воздух, как в цехах №3,2 или ОГМ, однако потребление цехом сжатого воздуха больше всех. Это обстоятельство требует принятия конкретных мер по энергосбережению (определение причины большого расхода).

При получении данных о потреблении энергоресурсов появляется возможность прогнозировать количество потребленного энергоресурса на следующий месяц, что позволит планировать работу цеха и других подразделений (компрессорной, котельной).

2. Удельные затраты.

Повышение удельных затрат связано с низким значением количества годного продукта операции (теряется до 30% полуфабриката на линии смешение-прессование). Большой срок службы оборудования, работающего на пределе возможности, приводит к повышению энергоемкости оборудования, то есть увеличению (отклонение от норматива) коэффициента использования оборудования. Следовательно, возрастут удельные затраты и увеличится вероятность возникновения аварий и неисправностей.

3. Потери энергоресурсов.

Потери после каждой операции в виде выбросов в вентиляционную систему, ветхость оборудования, большой процент брака после обжига и графитации обеспечивают высокое значение показателя удельных затрат. Потери энергоресурсов при транспортировке зачастую являются следствием износа линий передачи энергоресурсов (например, на участке графитации, где неисправность проводки явилась причиной высокого уровня электропотерь и создания опасной ситуации).

4. Доля энергоресурсов в себестоимости продукции.

На основании данных, полученных в результате функционирования АСКУЭ в цехе №1, которые представлены в виде системы показателей эффективности, можно сделать вывод о работе системы энергосбережения. Внедрение системы позволило получать информацию:

- об энергоемких производствах (находить причину энергоемкости);
- удельных расходах энергоресурсов на всех операциях и участках;
- удельной доле энергозатрат в себестоимости продукции;
- эффективности использования различных видов энергоресурсов в производственном процессе;

- о факторах, влияющих на эффективность;
- о динамике использования оборудования.

Данная информация позволяет разработать комплекс мероприятий, направленных на сокращение энергозатрат на производство и выход на оптимальные значения показателей эффективности использования энергетических ресурсов. Для реализации мероприятий разработаны алгоритмы управления энергосбережением:

1. Алгоритм определения потерь энергоресурсов. Оценивается возможность потери энергоресурсов между двумя критическими точками – точками установки контрольно-измерительной аппаратуры (при отсутствии аппаратуры на точке

нижнего уровня – использовать метод оценки затрат);

2. Алгоритм управления повышением значения выхода годного продукта процесса. При повышении уровня удельных энергозатрат на выходе процесса делается вывод о низком выходе годного продукта операции, возникает необходимость в увеличении показателя выхода годного, предлагаются решения, направленные на увеличение показателя;

3. Алгоритм управления сокращением удельных расходов. Определяются причины высоких значений удельных затрат энергоресурсов и пути их сокращения;

4. Алгоритм определения параметров обслуживания. Постоянное (периодическое) определение или уточнение коэффициентов использования для выявления неисправности оборудования.

Данные алгоритмы позволяют систематизировать энергосберегающие мероприятия.

Методика проведения энергосберегающих мероприятий состоит из следующих этапов:

- оценка состояния эффективности производства (на основе данных АСМА «Графит» и АСКУЭ);

- разработка программы энергосбережения (комплекс мероприятий по энергосбережению);

- создание системы энергетического менеджмента (без строгой системы ответственности и отчетности программа окажется нежизнеспособной);

- планомерное внедрение высокоэффективных мероприятий (постоянное совершенствование системы энергосбережения);

- постоянный контроль эффективности проводимых мероприятий.

Энергосберегающие мероприятия четко регламентируются и документируются. В этой связи разработаны:

1. Положение об энергосбережении на предприятии, включающее:

- декларацию энергетической политики предприятия, описывающую цели энергосбережения и задачи на каждом этапе;

- принципы распределения обязанностей и ответственности за проведение работ по энергосбережению. Эти обязанности закреплены за энергослужбой, однако их основная задача – распределять, преобразовывать энергию, доставлять до потребителей. Фактические потребители ресурсов – технологические подразделения имеют задачу выпуска продукции, и зачастую – любой ценой. В этой связи создаются предпосылки для организации на предприятии службы энергосбережения, которая бы входила в состав энергетической службы, но имела бы полномочия участия в совершенствовании технологии.

2. Программа энергосбережения – перечень мероприятий с указанием сроков внедрения, объема необходимых средств, ответственных лиц и исполнителей.

В программу включены как энергосберегающие мероприятия, так и прочие вопросы создания системы энергоменеджмента: внедрение системы контроля и поощрения достижений; повышение мотивации и обучение персонала; сроки пересмотра и корректировки программы.

3. Положение о принципах и источниках финансирования энергосбережения.

4. Положение о системе контроля и оценки результатов.

При разработке положения об энергосбережении важным моментом является организация широкого его обсуждения во всех подразделениях. Это помогает облегчить его введение, а само участие в разработке положения является серьезным мотивирующим фактором. Для проработки и согласования предлагаемых мероприятий создается рабочая группа из числа специалистов служб: энергетической, технологической, финансовой, охраны труда и ТБ.

Мероприятия по энергосбережению направлены на снижение потребления энергоресурсов и снижение потерь энергоресурсов при транспортировке:

1. Снижение потребления электроэнергии осуществляется за счет:

- установки энергосберегающего оборудования;

- создания энергосберегающих режимов работы оборудования;

- капитального и текущего ремонта существующего оборудования;

- мониторинга оборудования (уточнение коэффициентов использования для определения неисправного оборудования);

- ремонта электротранспортирующего оборудования.

2. Снижение потребления сжатого воздуха достигается с помощью:

- установки локальных компрессоров;

- ремонта/замены существующего оборудования;

- мониторинга оборудования, использующего сжатый воздух (уточнение расхода и режимов работы).

3. Снижение потребления газа происходит за счет:

- замены и модернизации печей обжига;

- использования энергии уходящих газов.

4. Снижение потерь при транспортировке тепловой энергии достигается за счет улучшения качества изоляции теплопроводов и сооружений.

Разработанная система информационного обеспечения позволяет осуществлять целенаправленное планирование энергосберегающей деятельности предприятия, стратегическое и оперативное управление процессами энергосбережения.

Список литературы

1. Белов А.А., Соловьев В.Л. Опыт внедрения информационно-синергетической системы управления производственным предприятием // Вестник ИГЭУ. – 2004. – № 3. – С. 8–13.

2. Ангорова Т.В., Гамазин С.И., Шевченко В.В. Экономия электроэнергии на промышленном предприятии. – М., 1990. – 143 с.

3. Шарапов В.И. Энергосбережение в городском хозяйстве, энергетике, промышленности: Материалы IV Российской науч.-техн. конф., г. Ульяновск, 24–25 апреля 2003. Т.1/ Ульяновский государственный технический университет. – Ульяновск, 2003.