



## ЭКОНОМИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

### К вопросу о повышении энергетической эффективности промышленных предприятий

Вагин Г. Я., доктор техн. наук

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Выполнен анализ нормативных документов и работ по экономии энергии и повышению энергетической эффективности промышленных предприятий. Приведены факторы, сдерживающие своевременное выполнение индикаторов Государственной программы РФ “Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года”, касающихся промышленности. Даны рекомендации по их преодолению.

**Ключевые слова:** энергосбережение в промышленности, повышение энергетической эффективности, модернизация технологических процессов и оборудования.

Повышение энергетической эффективности различных секторов экономики России, в частности, промышленности — одно из приоритетных направлений развития науки, технологий и техники. Промышленные предприятия ежегодно потребляют около 45 % всей расходуемой в стране первичной энергии. Уровень энергоемкости производства важнейших отечественных промышленных продуктов выше, чем лучших мировых образцов в 1,5 – 4 раза [1, 2]. Невысокая энергетическая эффективность обуславливает низкую конкурентоспособность российской промышленности. В связи с этим в Государственной программе РФ “Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года” [1] указаны основные мероприятия, направленные на повышение энергетической эффективности в промышленности. Они подразделяются на организационные и технические.

Организационные мероприятия включают в себя:

проведение добровольных и обязательных энергетических обследований промышленных потребителей;

обучение и повышение квалификации руководителей и специалистов в области энергетической эффективности;

разработку и внедрение системы энергетического менеджмента.

Основные технические мероприятия предусматривают:

повышение объема добычи угля открытым способом, использование нефтяного (попутного) газа, выработку электростали, а также

стали, полученной на машинах непрерывного литья, цемента, произведенного по энергосберегающим технологиям; увеличение числа электродвигателей высокого класса энергоэффективности, электродвигателей с частотно-регулируемым приводом, систем сжатого воздуха с параметрами эффективности, соответствующими лучшей мировой практике, энергоэффективных светильников и источников света;

снижение доли производства стали мартеновским и кислородно-конвертерным способами;

уменьшение удельных расходов энергоносителей на все виды промышленной продукции.

Конкретные индикаторы, достигаемые при выполнении этих технических мероприятий, приведены в [1, 2].

Вопросам экономии и повышения энергетической эффективности в промышленности посвящено большое количество зарубежных и отечественных публикаций, например [2 – 16]. В данной статье автор на основе многолетних обследований ряда предприятий металлургической, нефтехимической, машиностроительной и автомобильной отраслей приводит факторы, препятствующие выполнению мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности промышленных предприятий, предусмотренных в [1].

#### Организационные мероприятия

Проведение энергетических обследований на промышленных предприятиях обусловлено

необходимостью выявления эффективности использования энергоносителей. Для этого разработаны положение по проведению энергетических обследований и энергетический паспорт потребителя топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), а также создано большое количество энергоаудиторских фирм во всех регионах России. Однако следует отметить, что ряд потребителей ТЭР предоставляет энергоаудиторам заниженные данные о выпуске продукции и ее стоимости, а это не дает возможности сделать правильные выводы. Другие потребители ТЭР привлекают к этим обследованиям родственные энергоаудиторские фирмы, которые выдают нужные им результаты. Кроме того, параметры, приведенные в существующем энергетическом паспорте потребителя ТЭР, не позволяют глубоко проанализировать технологические процессы, в то время как данные [2 – 10] свидетельствуют о том, что наибольшую экономию ТЭР (30 – 50 %) можно получить, используя новейшие технологии.

Мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, разрабатываемые по результатам энергетического обследования, определяются на основе анализа энергетических балансов. Они отражают картину количественного расхода энергоносителей в процессах, где применяется энергоноситель одного вида. В промышленности (химической, металлургической, нефтехимической, бумажной и т. д.) широко распространены технологические процессы и установки, в которых одновременно используются энергоносители разных видов. Тогда необходима также их качественная оценка, что позволит сделать эксергетический баланс технологического процесса и установки [5, 13]. Потери, имеющие место в энергетических балансах, нельзя считать точными. Энергия подчиняется закону сохранения и не может безвозвратно теряться. В действительности при отдаче энергии в окружающую среду она не теряется, а рассеивается, поэтому окружающая среда играет решающую роль при оценке практической пригодности энергии. **Максимальную способность энергии, которую можно использовать для выполнения полезной работы, принято называть эксергией** [13]. В реальных технологических процессах подведенная энергия не теряется, но снижается ее пригодность к совершению работы из-за безвозвратных потерь эксергии. Таким образом, определение потерь эксергии в различных звеньях любого технологического про-

цесса или установки позволяет выявить и количественно оценить причины низкого уровня энергоиспользования и на основе полученной информации наметить пути повышения КПД этих процессов или установок.

Эксергетический анализ трудоемок и требует больших временных затрат и глубоких знаний о технологических процессах, поэтому он редко применяется при энергетических обследованиях.

#### **Обучение и повышение квалификации руководителей и специалистов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности**

В [17] отмечается, что Россия — одна из немногих стран, где в техникумах и вузах не готовят специалистов по энергосбережению. В настоящее время в ряде регионов проводится лишь двух- или четырехнедельная подготовка энергоаудиторов. Однако за столь короткий срок нельзя глубоко освоить все аспекты проблемы энергосбережения и повышения энергетической эффективности, поэтому необходимо как можно скорее начать обучение и подготовку кадров в этой области.

#### **Разработка и внедрение энергетического менеджмента**

Энергетический менеджмент подразумевает планирование и контроль расхода каждого из энергоносителей с целью снижения затрат предприятия путем улучшения энергетической эффективности. Наиболее эффективным “инструментом” для реализации указанного признается методология целевого энергетического мониторинга (ЦЭМ) [6, 15]. Система ЦЭМ включает в себя пять основных составляющих:

мониторинг энергопотребления с использованием локальных счетчиков предприятия, измеряющих энергопотребление каждого подразделения или участка энергоучетного центра (ЭУЦ) системы ЦЭМ;

мониторинг выхода продукции и установление зависимости между энергопотреблением и выходом продукции для выработки целевой функции энергопотребления для каждого ЭУЦ;

организацию регулярной (чаще всего еженедельной) системы отчетности об эффективности использования энергоносителей каждым ЭУЦ, отдельными цехами и подразделениями, предприятием в целом, включая экономическую оценку — определение затрат на



Рис. 1

приобретение энергоносителя, перерасхода или экономии;

создание рабочих групп в каждом подразделении, регулярно анализирующих полученную информацию, разрабатывающих и внедряющих мероприятия по повышению энергетической эффективности своих подразделений;

образование механизма “обратной связи” на всех уровнях организационной структуры предприятия для улучшения мотивации и стимулирования работников предприятия к энергосбережению.

Принцип действия системы ЦЭМ, широко применяемой на промышленных предприятиях Западной Европы, Японии и США, показан на рис. 1. Как видно, он довольно простой, но дает значительные выгоды.

Обобщая опыт применения ЦЭМ на зарубежных и некоторых российских предприяти-

ях, можно отметить следующие его достоинства:

обеспечивается точный контроль за использованием энергоресурсов, что позволяет оценить реальные затраты на них и заинтересовать персонал в их экономии;

на основе достоверной информации о стоимости энергоресурсов для каждого подразделения и технологического процесса принимаются правильные коммерческие решения, планируется и рассчитывается бюджет;

оперативно обнаруживаются и ликвидируются неисправности в энергопотребляющих установках и процессах.

Важным в системе ЦЭМ является интервал времени контроля, который может составлять сутки, неделю, месяц, квартал. Зарубежный опыт показывает, что наиболее оптимален недельный интервал контроля.

При проведении мониторинга для каждого цеха промышленного предприятия строятся нормативные характеристики энергоносителей, под которыми понимаются зависимости их удельных расходов от недельного выпуска продукции (рис. 2, а). Для цехов, выпускающих большой ассортимент продукции, нормативную характеристику можно строить в функции стоимости ее недельного выпуска (рис. 2, б). Периодически измеряя удельные расходы энергоносителей за неделю, получают точки фактического удельного расхода. Если они лежат в области разброса нормативной кривой, потребление данного энергоносителя считается оптимальным, а если выше, то после определения превышения удельного энергопотребления эксплуатацион-

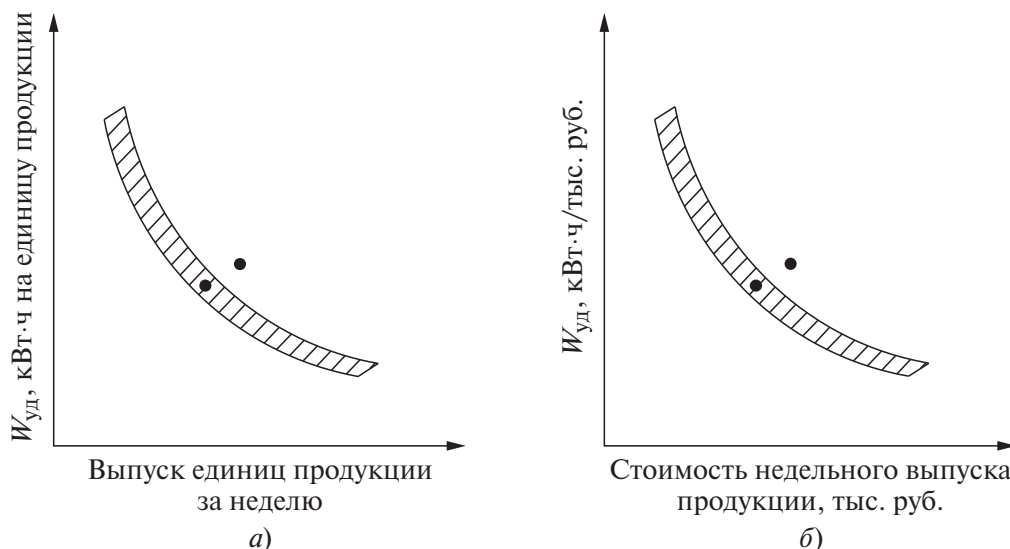


Рис. 2

ный персонал ищет причины этого и устраняет их.

Несмотря на существенные достоинства систем ЦЭМ, на российских предприятиях они внедряются очень медленно, что можно объяснить большими первоначальными затратами на их приобретение и отсутствием законодательства об обязательном наличии этих систем.

**Технические мероприятия** по повышению энергетической эффективности в промышленности подробно рассмотрены в [2 – 16], поэтому остановимся только на факторах, сдерживающих их реализацию. Одно из них — отсутствие законодательства об энергосбережении на частных промышленных предприятиях, которых в настоящее время в России немало. В законе об энергосбережении [18] есть только один абзац, который можно отнести к таким предприятиям: “Организации, совокупные затраты на энергоносители которых превышают 10 млн руб. в год, должны обязательно проводить энергетические обследования”. Все остальные положения этого закона касаются государственных и предприятий с государственным участием. Аналогичные законы в других странах (Японии, США и др.) устанавливают нормы ежегодного снижения расходов энергоносителей для всех потребителей независимо от форм собственности. Это и позволило им в кратчайшие сроки снизить энергоемкость выпускаемой продукции.

В указанном законе не учтено, что для экономии 1 т условного топлива в промышленности за счет повышения энергоэффективности требуется в 6 – 9 раз меньше инвестиций, чем при наращивании такого же объема добычи топлива. Поэтому, как предлагается в [2], необходимо заключать целевые соглашения по повышению энергетической эффективности между правительством и промышленными ассоциациями, крупными холдингами и компаниями. Причем для этих соглашений нужно определить и согласовать:

целевые показатели по повышению энергетической эффективности;

системы экономических стимулов для их участников.

К числу важных направлений достижения запланированных в [1] индикаторов энергетической эффективности относится модернизация технологических процессов и оборудования с учетом достижений ведущих стран.

В бывшем СССР технологии обновлялись и оборудование заменялось только после

окончания его технического срока службы, а в некоторых случаях — при полном моральном износе. К сожалению, и в России часто придерживаются этих традиций. Так, производство мартеновской стали — самое экологически грязное и энергозатратное [3 – 5] — прекратилось в Японии в 1980 г., в США — в 1986 г., в Германии и Франции — в 1982 г. [12], а в России в соответствии с [1] оно продолжается до сих пор, и даже в 2020 г. предполагается ее выпуск в объеме около 1 %. Можно привести еще немало подобных примеров. Следствием этого явилось то, что во многих отраслях промышленности энергоемкость продукции очень высока.

В настоящее время в большинстве стран Евросоюза, в США, Японии считают, что в условиях рынка технологии и оборудование должны заменяться **по истечении экономического срока службы — времени, за которое полностью амортизируется сумма инвестиций**. Если появляются новые технологии и оборудование, которые могут обеспечить получение большей прибыли, чем существующие, то последние надо заменять, несмотря на то, что технический срок их службы еще не истек. Из-за возможных изменений КПД, цен на энергоносители, требований к комфорту и т. д. может значительно сократиться экономический срок службы по сравнению с техническим. Например, технический срок службы персональных компьютеров — 7 – 10 лет, а экономический — максимум 3 года. Считается, что за это время появляется новое программное обеспечение, в связи с чем для эффективного его использования потребуется более современный компьютер. Или другой пример, касающийся технологий на предприятиях, выпускающих легковые автомобили: технический срок их службы — 20 – 30 лет, а экономический — не более 5 лет.

Такой порядок смены технологий и оборудования позволяет оперативно внедрять новейшие разработки и проводить ресурс- и энергосберегающую политику. Надо шире использовать зарубежный опыт, например, внедрять систему бенчмаркинга [11], концепция которого состоит в самосовершенствовании в сфере производства, распределения и использования энергии путем ориентации на лидера. Его можно рассматривать как постоянный процесс сравнения собственной энергоэффективности с энергоэффективностью лидирующих предприятий. Он позволяет, применив опыт передовых организаций, усовершенствовать работу своего предприятия.

При проведении энергетических обследований, разработке программ энергосбережения и повышения энергетической эффективности очень важно выявить резервы энергосбережения на том или ином предприятии. Резерв снижения энергопотребления  $i$ -го энергоносителя, %, определяется из выражения

$$\mathcal{E}_{\text{рез}i} = \frac{\mathcal{E}_{\text{ф}i} - \mathcal{E}_{\text{н}i}}{\mathcal{E}_{\text{ф}i}} \cdot 100,$$

где  $\mathcal{E}_{\text{ф}i}$  — фактический расход  $i$ -го энергоносителя предприятием за определенный интервал времени (месяц, квартал, год);  $\mathcal{E}_{\text{н}i}$  — нормативный расход  $i$ -го энергоносителя за тот же период.

При определении нормативных расходов необходимо знать теоретически минимальный расход энергоносителей на производство единицы продукции. Это требуется для проверки правильности расчета нормативных расходов.

Теоретически минимальный расход энергоносителей на производство единицы продукции можно определить на основе термодинамического (эксергетического) анализа технологического процесса. Например, в некоторых энергоемких отраслях промышленности США [3–5] он составляет, т условного топлива/т: в черной металлургии — 0,238, в нефтеперерабатывающей промышленности — 0,016, в производстве первичного алюминия — 1,0, в производстве цемента — 0,032. Достичь этих значений на реальных предприятиях невозможно, но на них можно ориентироваться при модернизации технологий. Желательны разработки таких минимальных расходов для всей продукции, выпускаемой промышленными предприятиями.

После принятия закона об энергосбережении [18] прошло более 3 лет, но до сих пор не внедрена государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, не создан государственный орган, который анализировал бы и координировал работы в этом направлении. Поэтому весьма сомнительными представляются сроки выполнения индикаторов энергетической эффективности, указанные в [1].

#### Список литературы

1. Государственная программа Российской Федерации “Энергосбережение и повышение энергетической

эффективности на период до 2020 года”. — М.: Минэнерго РФ, 2010.

2. **Материалы** к проекту Государственной программы энергосбережения в Российской Федерации на 2010–2020 гг. — М.: Минэнерго РФ, ЗАО “Агентство по прогнозированию балансов в электроэнергетике”, 2009.
3. **Рей Д.** Экономия энергии в промышленности / Пер. с англ. — М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. **Чоджой М. Х.** Энергосбережение в промышленности / Пер. с англ. — М.: Металлургия, 1983.
5. **Эффективное** использование электроэнергии / Под ред. К. Смита / Пер. с англ. — М.: Энергоиздат, 1981.
6. **Экономия** энергоресурсов в промышленных технологиях: Справочно-методическое пособие / Г. Я. Вагин, Л. В. Дудникова, Е. А. Зенютич и др. — Н. Новгород: НГТУ, 2001.
7. **Вагин Г. Я., Лоскутов А. Б.** Экономия энергии в промышленности. — Н. Новгород: НГТУ, 1998.
8. **Вагин Г. Я., Сергеев С. Ф.** Экономия энергоресурсов в промышленности, бюджетных организациях, жилищно-коммунальном хозяйстве: Справочно-методическое пособие. — Н. Новгород: НГТУ, 2007.
9. **Лисиенко В. Г., Щелоков Я. М., Ладыгичев М. Г.** Хрестоматия энергосбережения: Справ. изд. в 2-х кн. — М.: Теплотехник, 2005.
10. **Практическое** пособие по выбору и разработке энергосберегающих проектов / Под ред. О. Л. Данилова и П. А. Костюченко. — М.: Технопромстрой, 2006.
11. **Багиев Г. Л., Ризнер В.** Международный бенчмаркинг в промышленной энергетике. — Промышленная энергетика, 2009, № 8.
12. **Лоскутов А. Б.** Повышение эффективности использования электрической энергии в системах электроснабжения металлургических предприятий: Автореф. дис. на соиск. учен. степени д-ра техн. наук. М., 1994.
13. **Степанов В. С.** Термодинамические исследования металлургических процессов: энергетические балансы, эксергетический анализ. — Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007.
14. **Сопоставление** основных показателей развития энергетики и энергетической эффективности производства в СССР, США и Западной Европе в 1971–2000 гг., т. 2 / Под ред. И. А. Башмакова и А. А. Бесчинского. — М.: ИНЭИ, 1990.
15. **Справочник** по энергосбережению и электрооборудованию промышленных предприятий и общественных зданий / Под общ. ред. С. И. Гамазина, Б. И. Кудрина, С. А. Цырука. — М.: Издательский дом МЭИ, 2010.
16. **Башмаков И. А.** Российский ресурс энергоэффективности: масштабы, затраты и выгоды. — Вопросы экономики, 2009, № 2.
17. **Вагин Г. Я.** О необходимости корректировки учебных планов подготовки в вузах энергетиков для промышленных предприятий. — Промышленная энергетика, 2005, № 5.
18. **Закон РФ** “Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности” № 261 ФЗ от 23.11.2009 г.

S.yurtaev@nice-nn.ru