
А.М. Цымбал

АНАЛИЗ СНИЖЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ РЕСУРСОВ И МИНИМИЗАЦИИ КОЛИЧЕСТВА ОТХОДОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

A.M. Cimbale

THE ANALYSIS OF THE CONSUMPTION OF ENERGY SOURCES AND MINIMIZATION OF THE AMOUNT OF WASTE AT A PRODUCTION OF MICROELECTRONIC COMPONENTS

Представленная работа посвящена вопросам энергоэффективности и оптимизации процессов на производственных объектах. Автор проводит подробный энергоаудит, анализирует потоки поступающего сырья и исходящей продукции, выдвигает предложения по улучшению, рассчитывает бенчмарки. Основа анализа – уникальная методика аудита, разработанная автором.

Ключевые слова: бенчмарка, энергоэффективность, энергоаудит, производственные отходы, конечный потребитель.

The given work is committed to the questions of energy efficiency and optimization of processes at industrial objects. The author concludes a detailed energy audit, analyzes flows of ingoing raw materials and outgoing products, makes proposals of improvement, calculates benchmarks. The basics of the analysis – a unique method of audit created by the author.

Keywords: benchmark, energy efficiency, energy audit, industrial waste, final consumer.

Введение

С каждым днём человечество тратит всё больше ресурсов для удовлетворения первоочередных и второстепенных потребностей. Это напрямую связано как с численным увеличением населения планеты, так и с растущими требованиями к комфорту цивилизации в целом. Такой ход истории неотъемлемо связан с деградацией окружающей среды. Исходя из теории устойчивого развития, описанный сценарий является самым неблагоприятным. Для того чтобы добиться баланса между обеспечением всем необходимым и способностью природы восстанавливаться, придётся не только сократить некоторые потребности, но и чаще руководствоваться принципами рациональности и эффективности. В случае массовой модернизации и оптимизации процессов и систем во всех сферах жизни есть возможность прийти до самого благоприятного варианта – продуктивность среды будет выше потребительской способности людей.

Деградация обычно сопряжена с дефицитом того или иного продукта – воды, пищи, материалов. Одним из самых опасных и глобальных дефицитов, предсказываемых учёными, может стать недостаток топлива, энергоносителей, энергии как таковой.

Самым современным, качественным и надёжным источником дополнительной энергии является простая экономия или энергоэффективность. То же самое можно

сказать и о грамотном использовании материалов и сырья, правильной переработке и хранении отходов. Это совершенно не означает, что придётся отказаться от многих благ цивилизации, скорее необходимо пересмотреть своё отношение к излишкам производства и рациональности использования ресурсов. Тем самым общество сможет обеспечить своих потомков равноценными современным возможностями и благами.

Важно выяснить на каких объектах или этапах происходят максимальные потери энергии. Работы по повышению энергоэффективности на энергетических объектах – ТЭЦ, АЭС, ГЭС, котельных – производятся постоянно и результаты уже сейчас можно оценить положительно. Ряд директив Европейского Союза обращён к конечному потребителю – домохозяйствам и третичному экономическому сектору, то есть сфере услуг. Существует очень много образцов энергоаудита и проведения мероприятий по оптимизации для жилых домов, офисов, школ, университетов, государственных учреждений. К сожалению мало внимания уделяется такой энергозатратной сфере как промышленность.

Нижеизложенная работа не только образец энергоаудита для специфического производства, но скорее попытка разработать методику проведения анализа потребления ресурсов, повышения энергоэффективности до установленных норм и снижения количества отходов. Обычная процедура констатации энергетических затрат объекта дополнена анализом жизненного цикла практически всех поступающих и исходящих материалов и продуктов.

Для апробации разработанной методики был выбран реальный объект, с работой которого автор знаком и имел доступ к архивным данным. В успехе работы было заинтересованно руководство компании, и была гарантирована поддержка со стороны всего персонала.

1. Законодательные основы работы

В основу работы легли две директивы Европейского Союза, касающиеся вопросов энергоэффективности и количества выбросов парниковых газов в атмосферу – Directive 2006/32/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC и Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC; и ряд законов Латвийской Республики о сборе, хранении, переработке отходов разного типа. Главной исходной величиной для всей работы служат 9 % снижения потребления всей используемой энергии конечным потребителем [Directive 2006/32/EC].

2. Описание объекта

Производство расположено в одном из районов города Риги, на берегу реки Даугава. Исследуемая фирма занимает один из этажей бетонного здания, построенного в 60-е гг. XX в. Общая занимаемая площадь – 957,9 м². Количество персонала – 65 человек. Основана компания была в 1962 г. и размещалась в нескольких зданиях по

всему городу. После 1991 г. спад промышленной активности привёл к уменьшению производственных площадей и задействованного персонала. Основная продукция – микроэлектроника. Фирма частично сохранила старое оборудование, но в последние годы наметился экономический рост, и появилась возможность модернизировать производство. Технология меняется под влиянием нового оборудования, используемого в производстве, происходит регулярная сертификация качества. Самый важный из полученных документов – ISO 9001:2009. Изделия являются исходным материалом при производстве более сложных приборов – систем управления и автоматизации процессов, видеонаблюдения, бытовой техники, аудиотехники, и т.д. [Архив].

Для осуществления технологического процесса необходимо большое количество сырья, причём находящегося в разных агрегатных состояниях. Полностью использовать его невозможно, но оптимизировать процесс и правильно переработать излишки – отходы, брак – возможно, осуществляя анализ жизненного цикла для каждого соединения или вещества.

3. Анализ жизненного цикла используемого сырья

Всё используемое для производства изделий сырьё было разделено на три группы в зависимости от агрегатного состояния и химического состава. Количество отходов подлежит строгому учету, и эти данные были доступны для расчётов.

В группу газообразных веществ попал только сжиженный азот. Его утечка возможна как из баллона, так и во время производственного процесса. Но она ничтожно мала – баллоны подлежат регулярной сертификации и замене. Чистый азот является составляющей атмосферы и как серьёзная угроза среде в этой работе рассматриваться не будет.

Группа жидкостей более разнообразна. Большинство веществ оказались горючими и со значительной теплоотдачей при сгорании – это толуол, ацетон, бензин и этанол. Несколько лаков и красок, применяемых в производстве, используются практически без остатка, теплота сгорания их неизвестна (know-how поставщика) и составляет не более 1 % от общего количества в год (мене грамма в абсолютных величинах). На данный момент вещества сдаются компании по переработке отходов, их дальнейшую судьбу проследить не удалось. Не прибегая к помощи этой фирмы, возможно использовать полученную смесь жидких отходов как топливо – без обработки или используя регенерацию. Теплота сгорания Q_z^d была найдена по формуле:

$$Q_z^d = \sum_{i=1}^n Q_n n, \quad (1)$$

где Q_n – теплота сгорания всех горючих отходов (МДж/кг), n – удельный вес горючего отхода в смеси [Рабинович, 1973].

Исходя из расчёта, теплота сгорания при незначительных изменениях в составе смеси может колебаться от 30 до 31 МДж/кг. Некоторые марки мазута, используемого для отопления, имеют практически такую же теплоту сгорания.

Рядом с описываемым объектом находится котельная, где можно эти отходы сжигать. Правда их общее количество составляет около 30-35 литров в год.

В группу твёрдых отходов попали в основном металлы – золото (корпуса и проволока), алюминий (проволока), NiB (корпуса). Единственными неметаллами являются полистирол и кремний. Бракованные кристаллы при дроблении превращаются в песок, а полистирол используется без остатка, так как подлежит повторному формованию, что делается прямо на месте для изготовления тары. Металлы используются дорогостоящие и их выгодно сдавать на переработку – переплавку и изготовление новых корпусов и проволоки.



Рис. 1. Схема проведения энергоаудита на выбранном объекте.

Исходя из проведённого анализа, возможностей удлинения жизненного цикла сырья не много. Фирма не производит опасные отходы. Количество мусора минимально. Единственная возможность уменьшить экологический след производства – это начать сбор отработавших свой срок изделий у потребителей. К сожалению, на данный момент это трудно реализовать – большинство конечных потребителей оказать помощь в сборе и передаче приборов производителю по объективным экономическим и техническим причинам не сможет.

4. Методика проведения энергоаудита

Для проведения энергоаудита на достаточно специфическом производстве была разработана методика, внешне напоминающая блок-схему компьютерной программы, но не требующая полного выполнения каждого этапа. Подробнее с ней можно ознакомиться на рис. 1. Все процессы аудита разделены на три группы – прошлое, настоящее и будущее. Деление относительное, так как действия могут произвольно переходить из одной группы в другую. Главное – это сбор исходной информации. На практике анализировались счета за всё сырьё и использованные ресурсы (за три года), ремонтные работы и покупка нового оборудования (за последние 20 лет), технологические листы, внутренние и международные стандарты качества, информация, полученная от сотрудников компании. Частично была доступна документация бухгалтерского и складского учёта.

Затем данные были систематизированы и использованы для расчета контрольных показателей или бенчмарков. Последние были выбраны из системы ODYSSEE (Energy Efficiency Indicators in Europe). Для предложенного производства подходят три индикатора – интенсивности энергии (Energy intensities), потребления единиц (Unit consumption), индикатор CO_2 (CO_2 indicators) [International Atomic Energy Agency, 2005; Blumberga, 2004]. Далее в практической части они приобретут конкретные численные величины для текущей ситуации и после проведения предложенных оптимизационных работ.

Для проведения анализа жизненного цикла и расчёта количества отходов использовались простейшие теплотехнические, экономические и экологические расчёты.

5. Методика и пример расчёта бенчмарков

Как уже было сказано ранее, все изделия компании можно разделить на три группы, они будут именоваться ТО-3, ТО-5 и бескорпусные изделия.

Для начала был выявлен принцип производства каждого изделия, так называемый маршрут. Каждый этап маршрута осуществляется при помощи того или иного оборудования с конкретным потреблением электрической энергии, мощностью, количеством обрабатываемого материала за один цикл и продолжительностью этого цикла. Этих данных достаточно для расчёта затраченной электрической энергии на одно изделие любого типа. Остальное электричество тратится на освещение и работу офисной техники. Для освещения и тепловой энергии удобно осуществлять расчёт потребления на один квадратный метр площади.

Точные данные по затратам воды дали возможность определить два типа бенчмарков. Один из них – количество воды на человека (санитарные нужды, приготовление обеда, и т.д.) и техническое потребление – на один кристалл, помещаемый в изделие (вода используется при нарезке кремневых пластин на кристаллы) [Архив].

Полученные данные подводят к расчёту самого главного и определяющего эффективности производства индикатора – количества эмиссий CO_2 от производства [Directive 2003/87/EC].

6. Результаты и расчётные величины бенчмарок

Итогом работы стали две системы рассчитанных бенчмарок или индикаторов, указывающих на состояние производства до и после проведения оптимизационных мероприятий.

В табл. 1 представлена часть рассчитанных величин. В табл. 2 вошли те же самые бенчмарки, что и в предыдущую таблицу, но величины уменьшились, так как расчёт сделан, принимая во внимания изменения потреблений ресурсов и сырья после проведения оптимизационных работ.

Таблица 1

Значения бенчмарок до оптимизации

Бенчмарка / индикатор	Величина
Потребление электричества на безкорпусное изделие	0,0208 кВт·ч/изделие
Потребление электричества на изделие типа ТО-5	0,0795 кВт·ч/изделие
Потребление электричества – освещение	23,8 кВт·ч/м ²
Потребление воды (холодной)	0,00115 м ³ /кристалл
Эмиссии CO ₂ на изделие	0,00015 tCO ₂ /изделие

Получение таких величин возможно при проведении ряда оптимизационных мероприятий, таких как:

- оптимизация маршрутов производства и замена ряда устаревшего оборудования;
- замена оборудования, не используемого на маршрутах, но необходимого для обеспечения нужных условий (измерительные приборы, система вентиляции, приборы, обеспечивающие микроклимат, и т.д.);
- замена осветительных приборов и ламп накаливания на более экономичные виды;
- замена старой офисной техники на новую;
- замена вентиляционной системы;
- и многие другие предложения.

Таблица 2

Значения бенчмарок после оптимизации

Бенчмарка / индикатор	Величина
Потребление электричества на безкорпусное изделие	0,0152 кВт·ч/изделие
Потребление электричества на изделие типа ТО-5	0,0715 кВт·ч/изделие
Потребление электричества – освещение	17,7 кВт·ч/м ²
Потребление воды (холодной)	0,00031 м ³ /кристалл
Эмиссии CO ₂ на изделие	0,00012-0,000121 tCO ₂ /изделие

7. Выводы и предложения

Проведенная работа свидетельствует о том, что цель, поставленная перед странами-членами ЕС – 9 % снижение потребления энергии возможна. Оптимизация маршрутов может дать до 13,66 %, освещения – 25,8 %, техники – 6,5-25,4 %. Ряд не описанных в статье мероприятий был направлен и на снижение затрат на отопление. В конечном итоге возможно сэкономить до 30 %. Потребление холодной воды можно снизить на 27 %.

Отходы производства минимальны и не опасны. Экологический след компании практически сведён до минимума. Если претворить в жизнь все предложения, то и количество эмиссий парниковых газов можно снизить на 15,8-17,3 tCO₂. Это около 18-20 % всех годовых эмиссий производства.

Очевидно, что для увеличения энергоэффективности целого района, города и страны промышленные объекты представляют большой интерес, но проведение грамотного аудита возможно только при высокой профессиональной квалификации аудитора и углублении в нюансы каждого объекта. Для проведения аналогичных работ возможно использование предложенной в работе методики с незначительными изменениями и дополнениями в соответствии с исследуемым объектом.

Литература

1. Архив данных AS «RD ALFA mikroelektronikas departaments».
2. Рабинович О.М. Сборник задач по теплотехнической термодинамике. – Москва: Машиностроение, 1973. – 342 с.
3. Blumberga D., Blumberga M. Energoserviss. Energoefektivit te. 1. gr mata. R ga: 2004. – 127 p.
4. Directive 2006/32/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC.
5. Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC.
6. Energy indicators for sustainable development: guidelines and methodologies. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2005. – 171 p.