

С. М. САФЬЯНЦ, А. Б. БИРЮКОВ, А. С. САФЬЯНЦ

СОЗДАНИЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИНИЙ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

АННОТАЦИЯ Цель работы состоит в предложении единой методологии для построения линий энергопотребления предприятия, так как простой удельный расход энергии, отнесенный к объему производства не может служить хорошим индикатором. В работе даются определения энергоэффективности предприятия и её показателей; рассматривается выбор показателей, влияющих на использование энергии; раскрывается сущность базовой линии энергопотребления, описывается методика её определения для технологической и инфраструктурной составляющей в агрегатах и технологических линиях предприятия; предлагаются способы сравнения эффективности работы различных предприятий.

Ключевые слова: энергоэффективность, система энергоменеджмента, показатели энергоэффективности, базовая линия энергопотребления, бенчмаркинг.

S. M. SAFYANTS, A. B. BIRUKOV, A. S. SAFYANTS

CREATING A METHODOLOGY FOR DETERMINATION OF THE ENERGY BASELINE OF AN ENTERPRISE

ABSTRACT The aim of this paper is to provide a general methodology for determination of an energy baseline of an enterprise. It is important goal because nowadays all the industrial enterprises have their own criteria's of energy efficiency and energy performance indicators, which make impossible comparison and benchmarking of these ones. At the same time simple specific energy consumption related to a volume of production can not serve as a good indicator. So, at the first hand. This paper contains definitions for the energy efficiency of the enterprise and its energy performance indicators as characterization of the energy efficiency in industrial processes, determined by comparing the values of the specific energy efficiency of these processes with similar indicators selected as a reference. Also it determinates indicators that affect the use of energy (e.g. weather conditions, feedstock characteristics like water content, etc.). Paper reveals the essence of the energy baseline as the dependence of energy consumption at the same value of energy plant (technology, process) from external factors in a changing environment and describes how to assign the technological and infrastructural component in energy use in aggregates and technological lines of the enterprise. Baseline could be presented in a form of a table or a chart depending on needs. Created energy baseline of the enterprise result in possibility to compare and benchmark the effectiveness of the different enterprises (aggregates, production lines), or effectiveness of the same enterprise (aggregates, production lines) in a different periods.

Key words: energy efficiency, energy management system, energy performance indicators, energy baseline, benchmarking.

Анализ состояния проблемы

На сегодняшний день энергосбережение является одной из приоритетных задач устойчивого развития общества. Реализация политики энергосбережения невозможна без контроля показателей энергоэффективности, являющихся индикаторами производственных процессов [1].

Под основными показателями энергоэффективности, как правило, понимают, либо характеристики удельного потребления энергии для производства единицы продукции, либо безразмерные единицы типа КПД, в относительном выражении описывающие эффективность использования энергии в каком-либо агрегате [2].

Дополнительные показатели энергоэффективности используются для раскрытия главных причин нерационального использования энергии и, таким образом, помогают в каждом конкретном случае определить мероприятия по повышению уровня энергоэффективности [3].

Энергоэффективность следует понимать как характеристику эффективности использования энергии в технологических процессах, определяе-

мую путём сравнения значений специальных показателей энергоэффективности для этих процессов с одноименными показателями, выбранными в качестве эталона. Часто также прибегают к сравнению значений одноименных показателей энергоэффективности, взятых из практики различных предприятий. При этом выносится суждение о том, какой из процессов является более эффективным с энергетической точки зрения [1–4].

Уровень энергопотребления зависит от многих факторов: техническое совершенство рабочих установок и технологических процессов, уровень автоматизации, научно-организационное и экономическое обеспечение производственных процессов и т.д. При этом при одном и том же уровне технического совершенства установки, уровень энергопотребления может изменяться в зависимости от внешних условий. В таком случае, очевидно, что сопоставление энергоэффективности одинаковых или подобных процессов или установок будет корректным лишь в одних и тех же условиях.

Для описания зависимости энергопотребления от изменяющихся условий производства вво-

дится понятие линии энергопотребления. Согласно принятой в последнее время терминологии [2, 4], линия энергопотребления представляет собой зависимость энергопотребления при одном и том же значении энергоэффективности установки (технологии, процесса) от внешних факторов при изменяющихся условиях. К таким условиям могут относиться: климатические условия; объем выпускаемой продукции; качественные показатели выпускаемой продукции; качественные показатели исходного сырья; уровень износа технологического оборудования; уровень автоматизации технологических процессов; уровень подготовки обслуживающего персонала и др.

Линия энергопотребления, построенная для выбранного предприятием базового стабильного периода (обычно одного года), является базовой линией энергопотребления. Таким образом, показатели энергопотребления, приведённые к регламентированным условиям, и определённые для выбранного базового периода времени формируют базовую линию энергопотребления и являются базовыми показателями энергоэффективности.

Цель работы

В данной статье кратко раскрывается сущность методики для построения линий энергопотребления промышленных предприятий. Представленная методика была создана в рамках международного проекта «Энергоэффективная и направленная на уменьшение изменений климата модернизация промышленности Донецкой области», который был реализован в 2012–2015 гг. при финансовой поддержке министерства экологии и ядерной безопасности Германии [5].

Методика построения базовой линии

Работа по определению базовой линии энергопотребления начинается с построения технологической карты энергопотребления. Цель построения карты – разбиение производства на элементы, в которых происходят преобразования продукции (изменение качественных показателей), и для осуществления этих преобразований потребляются энергетические ресурсы.

Карта потребления представляет собой схему, на которую подробно наносятся все участки технологической цепи производства с указанием проводимых операций (например, выплавка стали, разливание, обработка давлением и т.д.). Для каждого участка прописываются входящие и выходящие потоки материала (продукции) и потоки энергоресурсов. Затем на карту наносятся места установки измерительных приборов и счётчиков потребления энергоресурсов. Таким образом, карта даёт представление об энергетических и ресурсных потоках на предприятии и средствах их учёта. Существен-

ное повышение качества мониторинга энергопотребления предоставляет внедрение систем диагностики теплотехнических [6] и электрических параметров энергопотребляющего оборудования.

Объектом энергопотребления может выступать отдельный технологический агрегат (например, печь), отдельный цех, или технологическая линия производства одного вида продукции. В зависимости от выбора объекта производится анализ энергоэффективности и построение линий (базовых линий) ресурсо- и энергопотребления.

Каждой измеряемой величине необходимо присвоить обозначение и индекс, позволяющие однозначно идентифицировать этап производства определённого продукта. Так, обозначение B_{ij} , покажет потребление топлива на производство i -го вида продукции на j -м этапе.

Также необходим непрерывный учёт производства каждого вида продукции в соответствующих единицах измерения (шт., т или другие ед. изм.) на каждом j -м этапе (участке).

Следующим этапом является составление таблицы абсолютного технологического энергопотребления по производству i -го вида продукции (табл. 1).

Такая таблица строится для определённого промежутка времени. Наиболее рационально в качестве такового выбрать один месяц.

Обозначения в табл. 1: $B_{i\Sigma}^T$ – суммарное количество топлива, израсходованного за период времени, $B_{i\Sigma}^T = \sum_1^n B_{ik}^T$; $E_{i\Sigma}^T$ – суммарное количество электроэнергии, израсходованной за период времени, $E_{i\Sigma}^T = \sum_1^n E_{ik}^T$; $W_{i\Sigma}^T$ – суммарное количество воды, израсходованной за период времени, $W_{i\Sigma}^T = \sum_1^n W_{ik}^T$; M_{ij} – масса вещества или количество единиц полупродукта, переходящих в i -ый продукт на j -ом этапе; $M_{i\Sigma}$ – итоговый объём произведённой продукции i -го вида.

С учётом того, что для разных видов продукции могут иметь место общие этапы (например, плавильный агрегат на металлургическом заводе полного цикла), общие затраты энергии на этих этапах должны быть распределены между всеми видами конечного продукта пропорционально массам материала в конечном итоге перешедшим с данного этапа в различные виды продукции. То есть, при помощи метрологического обеспечения определяется абсолютное потребление ресурса на таком этапе, а затем распределяется между различными видами продукции (для заполнения таблиц типа 1) подобно распределению массы вещества (полупродукта) после данного этапа между различными видами продукции.

Таблица 1 – Абсолютное технологическое энергопотребление по i -ому виду продукции за заданный промежуток времени

Расходуемый ресурс/выпущенная продукция	№ технологического этапа				
	$j = 1$	$j = 2$...	$j = n$	Итого
Израсходованное топливо, м ³	B_{i1}^T	B_{i2}^T	...	B_{in}^T	$B_{i\Sigma}^T$
Использованная электроэнергия, кВт·ч	E_{i1}^T	E_{i2}^T	...	E_{in}^T	$E_{i\Sigma}^T$
Использованная вода, м ³	W_{i1}^T	W_{i2}^T	...	W_{in}^T	$W_{i\Sigma}^T$
Использованная тепловая энергия, МДж	Q_{i1}^T	Q_{i2}^T	...	Q_{in}^T	$Q_{i\Sigma}^T$
Объем продукции, т или шт.	M_{i1}	M_{i2}	...	M_{in}	$M_{i\Sigma}$

Примечание: Индекс Т используется для указания, что значение относится к технологическому потреблению

Следующим этапом является составление таблицы удельного технологического потребления энергоресурсов для каждого вида продукции, которая имеет вид, практически идентичный табл. 1, с той разницей, что все представленные в ней величины получены как отношение абсолютных показателей энергопотребления к итоговому объёму произведённой продукции i -го вида:

– удельный расход топлива $b_{i\Sigma}^T = B_{i\Sigma}^T / M_i$;
 – удельный расход электроэнергии $e_{i\Sigma}^T = E_{i\Sigma}^T / M_i$ и т.д.

После этого необходимо составить линию энергопотребления, которая представляет собой функциональную зависимость энергопотребления (ресурсопотребления) от переменных факторов, составляющих внешние условия. Выбор факторов зависит от вида производства и выпускаемой продукции. Однако, для всех видов производства, удельные показатели всегда зависят от производительности, т.е. от объёма выпускаемой продукции (M), поэтому данный показатель является основным. Кроме того, инфраструктурное потребление энергоносителей (освещение и отопление цехов и административных зданий, питание компьютеров и оргтехники и т.д.) зависит от климатических условий. Зависимость потребления энергии от климатических условий удобно вести для разности температур внутри помещения и внешней среды.

Определение вида функциональной зависимости целесообразно проводить вероятностно-статистическим методом с помощью корреляционного анализа. В результате проведения такого анализа определяется вид функции, с помощью которой наиболее качественно описывается зависимость между параметрами энергопотребления и внешним влияющим фактором. В результате анализа исходных данных строится график зависимости расхода (выработки) энергоносителя от объёма выпускаемых изделий за базовый период. Для выбранного вида функции определение необходимых коэффициентов проводится с помощью методов регрессионного анализа.

Чаще всего зависимость удельного энергопотребления от объёма выпускаемой продукции имеет линейный характер типа $y = a + c \cdot x$, где y – удельное потребление некоторого энергоресурса, x – объём выпускаемой продукции.

Полученное в итоге уравнение регрессии (функция зависимости удельного энергопотребления от объёма выпускаемой продукции), будет состоять из двух частей: условно постоянной (не зависящей от объёма продукции) « a » и переменной « $c \cdot x$ ». Постоянная составляющая уравнения складывается из технологических затрат, например холостого хода, аккумуляции энергии оборудованием. Таким образом, постоянную уравнения регрессии « a » можно также представить как функцию зависимости от разности температур θ (характерной для технологии температуры, например, температуры воздуха в цехе и температуры наружного воздуха). Для этого на примере потребления газообразного топлива можно составить следующую таблицу (табл. 2).

В данной таблице уравнения регрессии определены вышеописанным методом для каждого месяца отдельно на основании данных за несколько лет.

Для построения линии энергопотребления, которая также учитывает зависимость от климатических условий, из уравнения регрессии берутся значения $a_1 \dots a_{12}$. Строится зависимость $a(\theta)$ и определяется уравнение регрессии вида

$$a = p + q\theta.$$

Интегральное уравнение регрессии, которое учитывает не только зависимость от объёма производства, но и от температурных условий для удельного расхода топлива будет иметь вид

$$b_{i\Sigma}^T = p + q\theta + cM_i,$$

где параметр « c » определяется как среднее значение за год.

Ниже предложен более удобный способ построения линии энергопотребления за заданный период времени. В качестве такового наиболее рационально выбирать один год. Пример построения линии энергопотребления по производству

i-го вида продукции представлен в табл. 3. В таблице предусматриваются строки для фиксации средних месячных значений всех внешних факторов, оказывающих (помимо объёма выпускаемой продукции) существенное влияние на производство *i*-го вида продукции.

Среднегодовые значения показателей энергопотребления определяются как средневзвешенные с учётом объёмов производства *i*-го вида продукции по месяцам.

На основании этой таблицы можно построить линию энергопотребления предприятия в виде гистограммы, диаграммы или графика с любым, приведённым в таблице внешним фактором, в качестве аргумента. Определение коэффициентов уравнения регрессии производится с помощью математического аппарата *Microsoft Excel*.

Для значительного количества случаев при рассмотрении технологического потребления можно ограничиться однофакторной зависимостью (показателя энергопотребления от производительности). В случае необходимости построения двух- или многофакторной модели необходимо воспользоваться математическим аппаратом пакетов *MathCAD* или *Statistica*. Данные для построения такой модели также берутся из табл. 3. В соответствии с синтаксисом вычислительных пакетов данные строк «фактор» вносятся как аргументы x_1, x_2 и т.д. Значения из строки с интересующим показателем энергосбережения вносятся как функция y . Выбирается вид функции (как правило, при составлении многофакторной модели можно выбрать линейную зависимость).

Далее при помощи простых действий, описанных в инструкции к используемому пакету, получаем значения искоемых коэффициентов уравнения a, c_1, c_2 и т.д.

Полученное уравнение регрессии может использоваться для прогнозирования показателей предприятия в будущем в зависимости от выбранного значения (значений) внешнего фактора (факторов).

Подобный подход также используется для построения линий энергопотребления основных энергопотребляющих объектов. При этом для составления таблицы вместо итоговых удельных показателей энергопотребления по производству *i*-го вида продукции в ячейки таблицы вносятся удельные затраты энергии, имеющие место в данном объекте в соответствующие месяцы.

На основании месячных отчётов по энергоэффективности технологического энергопотребления для *i*-го вида продукции за выбранный базовый период строится годовая таблица вида табл. 3, представляющая собой базовую линию энергопотребления предприятия по производству *i*-го вида продукции, а полученное затем уравнение регрессии может использоваться для определения базовых показателей энергопотребления предприятия

Таблица 2 – Исходные данные для определения зависимости энергопотребления от объёмов производства и разности температур θ

Месяц	Удельный расход газообразного топлива, на производство <i>i</i> -го вида продукции, м ³ /т	Средняя температура наружного воздуха, $t_{нар}, ^\circ\text{C}$	Средняя температура наружного воздуха, $t_{вн}, ^\circ\text{C}$	Разница температур, $\theta = t_{вн} - t_{нар}, ^\circ\text{C}$
Январь	$a_1 + c_1M$			
...				
Декабрь	$a_{12} + c_{12}M$			

Таблица 3 – Годовой отчёт по эффективности технологического энергопотребления для *i*-го вида продукции

Показатель	I	II	III	...	XI	XII	Среднегодовое
1	2	3	4	...	12	13	14
M_i							
$B_{i\Sigma}^T$							
$E_{i\Sigma}^T$							
$W_{i\Sigma}^T$							
$b_{i\Sigma}^T$							
$e_{i\Sigma}^T$							
$w_{i\Sigma}^T$							
$q_{i\Sigma}^T$							
Фактор 1							
Фактор 2							
Фактор 3							

в зависимости от выбранных в качестве аргумента (аргументов) значений внешнего фактора (факторов), что является основой для формирования внутренней системы нормативов предприятия.

При составлении базовой линии важно выбрать перечень регламентируемых условий и установить допустимые диапазоны изменения значений определяющих их факторов. В качестве регламентируемых условий могут быть использованы:

- исходные параметры и характеристики продукции (сырья, заготовки) на входе в систему: влажность, крупность помола, другие качественные показатели;

- описание работы системы, технологической линии (вид энергоносителей, номинальные

параметры потребляемых энергоресурсов и т.д.): температура и давление пара, показатели качества подготовки воды, и т.д.;

– характеристики потребителя энергии, технологического оборудования: проектная производительность (объем выпускаемой продукции), режим работы (непрерывный или периодический) и т.п.

Базовый период времени, обычно год, определяется на усмотрение предприятия, но для его выбора целесообразно руководствоваться некоторыми рекомендациями. В выбранный период времени оборудование должно быть новым или работать с паспортными показателями (например, после капитального ремонта). Базовый период времени должен быть стабильным и благополучным для предприятия в плане объемов выпускаемой продукции и сбыта. Это позволит увидеть в будущем снижение показателей энергоэффективности, связанных с износом оборудования и определить потенциал энергосбережения, связанный с восстановлением нормальной работы оборудования, а также с восстановлением рынков сбыта.

Таким образом, показатели энергопотребления, приведенные к регламентируемым условиям, и определенные для выбранного базового периода времени формируют базовую линию энергопотребления и являются базовыми показателями энергоэффективности.

Необходимо отметить, что в отечественной практике понятие базовой линии энергопотребления чаще всего не включает в себя инфраструктурные затраты энергии (отопление и кондиционирование цехов и админзданий, электрическое питание освещения и оргтехники и т.д.). В данной работе предлагается ввести эти затраты в понятие базовой линии.

Поскольку в явном виде отнести инфраструктурные затраты энергии к определенному количеству и виду продукции в большинстве случаев невозможно, то предлагается распределение постоянных затрат на i -ый вид продукции производить с учётом доли стоимости энергоресурсов, затраченных на производство этого вида продукции, в общей стоимости всех энергоресурсов. Для этого вводится коэффициент пропорциональности φ :

$$\varphi_i = \frac{M_i (b_{\Sigma}^T c_b + w_{\Sigma}^T c_w + e_{\Sigma}^T c_e + q_{\Sigma}^T c_q)}{B_{\Sigma}^T c_b + W_{\Sigma}^T c_w + E_{\Sigma}^T c_e + Q_{\Sigma}^T c_q},$$

$$0 < \varphi_i < 1, \quad \sum_1^n \varphi_i = 1,$$

где M_i – суммарный выпущенный объем i -й продукции, c_b, c_w, c_e, c_q – стоимости газа, воды, электроэнергии и тепловой энергии соответственно, $B_{\Sigma}^T, W_{\Sigma}^T, E_{\Sigma}^T, Q_{\Sigma}^T$ – суммарные объёмы топ-

лива, воды, электроэнергии и тепла, потреблённые на технологические нужды заводом.

Тогда, годовой отчёт по эффективности инфраструктурного энергопотребления для i -го вида продукции будет иметь вид, аналогичный табл. 3, однако будет содержать не технологические, а инфраструктурные показатели. На основании этой таблицы можно построить базовую линию инфраструктурного энергопотребления предприятия в виде гистограммы, диаграммы или графика с любым, приведённым в таблице показателем, в качестве аргумента.

Набор факторов, в зависимости от которых будет строиться базовая линия выбирается на основании опыта энергоменеджера. Для большинства случаев при работе с инфраструктурным потреблением можно ограничиться двумя факторами (произведённое количество продукции i -го вида и разница температур θ).

Наличие линий энергопотребления предприятия, включая базовую линию энергопотребления, позволит проводить сравнение эффективности работы предприятия с другими подобными предприятиями, со своими показателями за другие периоды времени или же с эталонными показателями.

Одной из целей, преследуемых при сравнении показателей энергоэффективности подобных производств, является повышение конкурентоспособности предприятия. Другой целью сравнения показателей энергоэффективности (энергопотребления) является определение реального потенциала энергосбережения.

Для корректности проведения такого сравнения необходимо выполнить некоторые условия:

1 Привести условия работы оборудования к одинаковым (общим) регламентируемым условиям (объёмы производства, климатические условия, показатели качества исходного сырья и готовой продукции и т.п.).

2 Определить базовые линии энергопотребления (если базовые линии энергопотребления для предприятий ранее определялись в разных условиях, то сейчас они должны быть определены в одинаковых условиях).

В случае сравнения однофакторных зависимостей (например, показателя энергосбережения от объёма производства) и если диапазоны реально возможного изменения фактора примерно одинаковы, то целесообразно провести графическое сравнение базовых и текущих линий энергопотребления предприятий (рис. 1).

В полном смысле адекватное сравнение можно проводить для перекрывающегося диапазона значений аргумента (т.е. для показанного примера в диапазоне $M_{\max}^1 - M_{\min}^2$). При необходимости точечных сравнений можно определить значения показателя энергопотребления из линий (базовых линий) энергопотребления сравниваемых

предприятий в зависимости от одного и того же выбранного значения внешнего фактора.

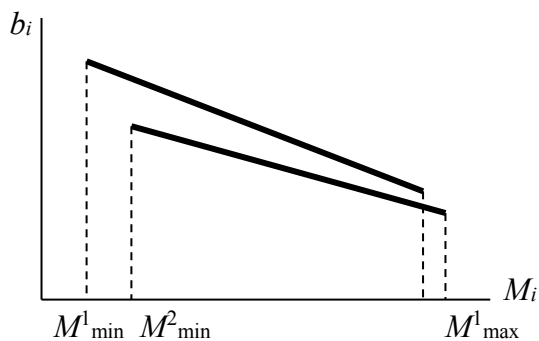


Рис. 1 – Сравнение линий (базовых линий) энергопотребления двух предприятий

Естественно, что при использовании в качестве показателей энергоэффективности удельных расходов энергоносителей более эффективным с энергетической точки зрения оказывается предприятие с меньшим значением показателя. При графическом сравнении более эффективным является производство, для которого линия энергопотребления проходит ниже.

Для проведения графического анализа при работе с многофакторными зависимостями необходимо выбрать наиболее интересующий нас фактор, для остальных факторов подставить в зависимости одинаковые выбранные значения. Таким образом, будет осуществлён переход к однофакторной зависимости и сравнение можно будет провести по описанной выше схеме.

Наиболее полное сравнение многофакторных зависимостей можно провести по схеме, когда для каждого фактора выделяется минимальное, среднее и максимальное значение. Все возможные комбинации сочетаний значений факторов подставляются в рассматриваемые линии энергопотребления и производится попарное сравнение всех полученных значений показателей энергоэффективности. Однако при этом получаем большой объём информации для сравнения: девять пар точек для двух факторов и 27 для трёх факторов.

Сравнение базовых линий энергопотребления позволяет сравнить так называемые стартовые показатели энергоэффективности производства, которые в большей степени зависят от паспортных значений энергопотребления оборудования.

Сравнение текущих линий энергопотребления покажет уровень энергоэффективности производства на текущий момент. Текущие линии энергопотребления уже в значительной мере могут учитывать показатели энергосбережения, которые характеризуют деятельность людей: по организации производства, внедрению энергосберегающих мероприятий, и т.д.

Совместный анализ базовых и текущих линий энергопотребления подобных производств

позволит увидеть работу предприятия в области энергосбережения в динамике. Если включить в анализ также экономические показатели затрат на реализацию политики энергосбережения на предприятиях, можно оценить и их эффективность.

Главной целью такого сравнения является определение наиболее эффективных мер повышения энергоэффективности производства, особенно в той части, которая касается организационных мероприятий и работы службы энергетического менеджмента (или отдела главного энергетика).

Сравнение же валовых показателей энергопотребления предприятия в различные периоды времени не позволяют дать объективную оценку работе персонала по повышению энергоэффективности производства, поскольку условия, при которых осуществлялась производственная деятельность, могут существенно отличаться. Для объективной оценки служат показатели энергоэффективности (основные и дополнительные), а также линии энергопотребления, приведённые к регламентируемым условиям.

Такое сравнение позволяет вовремя выявить перерасход энергоносителей для производства i -го вида продукции. Детальный анализ линий энергопотребления по участкам технологической цепи поможет определить источник и причину потерь. В то же время улучшение показателей энергоэффективности положительно характеризует качество работы службы энергетического менеджмента.

При сравнении энергоэффективности предприятия за разные периоды времени необходимо иметь в виду, что для них может иметь место существенное отличие значений внешних факторов, влияющих на величину энергопотребления. В общем случае большее значение показателя энергоэффективности (удельного энергопотребления) за какой-либо период ещё не значит, что этот период характеризуется меньшей энергоэффективностью.

Для адекватного сравнения работы предприятия за разные периоды могут быть применены следующие приёмы:

- для продолжительных периодов (например, двух разных лет) целесообразно построить линии энергопотребления и провести их сравнение по схеме, описанной выше;

- для коротких периодов времени (например, разных месяцев) целесообразно нанести на график с линией энергопотребления прошлого года или базовой линией энергопотребления соответствующие точки с координатами (значение показателя энергопотребления, значение фактора), рис. 2.

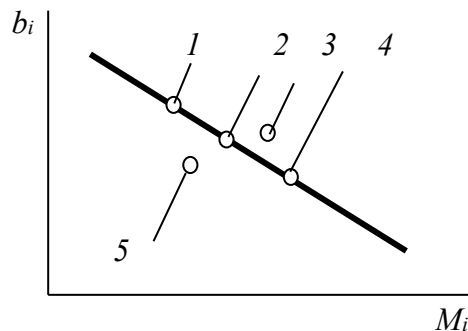


Рис. 2 – Сравнение энергоэффективности предприятия за разные периоды времени

Точки, которые лягут на линию (базовую линию) являются точками равной эффективности, точки, лежащие ниже – свидетельствуют о более высокой эффективности рассматриваемого периода. Так точки 1, 2 и 4 обладают равной энергоэффективностью, соответствующей базовой; точка 3 характеризуется меньшей энергоэффективностью, чем точки 1, 2, 4 и базовая; точка 5 имеет более высокую энергоэффективность, чем базовая.

Выводы

В работе показаны основы построения линий (базовых линий) энергопотребления по производству каждого вида продукции. Показано, что основными этапами этой работы являются: составление карты энергопотребления, таблиц абсолютного и удельного энергопотребления, создания регрессионных зависимостей удельных показателей энергопотребления от влияющих факторов, основными среди них является производство рассматриваемого вида продукции, в ряде случаев также важное значение имеют температурные условия.

Отработана методология построения линий (базовых линий) инфраструктурного потребления энергии для производства конкретного вида продукции. Основой для решения этой задачи послужило введение величины коэффициента пропорциональности, определяемого как доля стоимости энергоресурсов, затраченных на производство рассматриваемого вида продукции, к общей стоимости всех энергоресурсов.

Отработана методология сравнения эффективности энергопотребления различных предприятий либо одного и того же предприятия за различные промежутки времени. Показано, что для продолжительных промежутков времени удобно произвести графическое сравнение линий энергопотребления; для коротких промежутков времени целесообразно рассмотреть совместное отображение базовой линии и конкретных точек энергопотребления.

Список литературы

- 1 Самарин, О. Д. Теплофизика. Энергосбережение. Энергоэффективность [Текст] / О. Д. Самарин. – М. : Изд-во ассоциации строительных вузов, 2009. – 296 с. – ISBN 978-5-4323-0014-0.
- 2 Іншеков, Є. М. Розробка єдиної методологічної бази для побудови та реалізації системи енергетичного моніторингу в компанії [Текст] / Є. М. Іншеков, А. В. Чернявський. – Киев : GIZ, 2014. – 61 с.
- 3 Іншеков, Е. Н. Внедрение системы энергетического менеджмента на базе стандарта ISO 50001:2011: путеводитель для специалистов компаний и предприятий [Текст] / Е. Н. Іншеков, А. С. Сафьянц, С. М. Сафьянц [и др.]. – Киев : GIZ, 2014. – 38 с.
- 4 Франк, Т. Развитие передовых методологий для мониторинга энергоэффективности на примере украинских пилотных компаний [Текст] / Т. Франк, Д. Борст. – Hamburg : Envidatec GmbH, 2014. – 104 с.
- 5 Сафьянц, С. М. Методика определения энергоэффективности промышленных предприятий и построения линий энергопотребления [Текст] / С. М. Сафьянц, А. Б. Бирюков, А. С. Сафьянц [и др.] – Донецк : ДНТУ, 2014. – 48 с.
- 6 Бирюков, А. Б. Современные подходы к диагностике процессов тепловой обработки металла в печах [Текст] / А. Б. Бирюков, С. М. Сафьянц, А. А. Иванова [и др.] // Бюллетень научнотехнической и экономической информации "Черная металлургия. – 2015. – № 1. – С. 50–55. – ISSN 0135-5910.

Bibliography (transliterated)

- 1 Samarin, O. (2009), *Теплофизика. Jenergosberehenie. Jenergojefektivnost'* [Thermal physics. Energy saving. Energy efficiency], Izd-vo associacii stroitel'nyh vuzov, Moscow, Russian.
- 2 Inshekov, Y. and Chernyavs'kyu, A. (2014), *Rozrobka yedynoyi metodolohichnoyi bazy dlya pobudovy ta realizatsiyi systemy enerhetychnoho monitorynhu v kompaniyi* [Development of unified methodological base for implementation of an energy management system at the enterprise]. GIZ, Kyiv, Ukraine.
- 3 Inshekov, Y., Safyants, A. and Safyants, S. (2014), *Vnedrenie sistemy jenergeticheskogo menedzhmenta na baze standartar ISO 50001:2011: putevoditel' dlja specialistov kompanij i predpriyatij* [Implementation of an energy management system based on ISO 50001:2011 standard: guidelines for specialists of the enterprise], GIZ, Kyiv, Ukraine.
- 4 Frank T. and Borst, D. (2014), *Razvitie peredovyh metodologij dlja monitoringa jenergojefektivnosti na primere ukrainskih pilotnyh kompanij* [Development of modern methodologies for energy efficiency monitoring based on example of Ukrainian pilot companies], Envidatec GmbH, Hamburg, Germany.
- 5 Safyants, S., Birukov, A. and Safyants, A. (2014), *Metodika opredelenija jenergojefektivnosti promyshlennyh predpriyatij i postroenija linij jenergotreblenija* [Methodology for determination of an energuefficiency of companies and creation of energy baselines], DNTU, Donetsk, Ukraine.
- 6 Birukov, A., Safyants, S. and Ivanova, A. (2015), "Sovremennye podhody k diagnostike processov teplovoj obrabotki metalla v pechah [Modern approaches to

diagnostics of thermal metal processing in furnaces)",
Bulleten' "Chernaja metallurgija" [Bulletin of scien-

tific, technical and economic information "Ferrous met-
allurgy], no. 1, pp. 50–55, ISSN 0135-5910.

Сведения об авторах (About authors)

Бирюков Алексей Борисович – доктор технических наук, заведующий кафедрой технической теплофизики, Донецкий национальный технический университет, Украина; e-mail: birukov.ttf@gmail.com, ORCID 0000-0002-8146-2017.

Birukov Alexei Borisovich – Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Engineering Thermophysics, Donetsk National Technical University, Ukraine, ORCID 0000-0002-8146-2017.

Сафьянц Сергей Матвеевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой промышленной теплоэнергетики, Донецкий национальный технический университет, Украина; e-mail: safyants_sm@mail.ru.

Safyants Sergei Matveevich – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Professor, Head of the Department of industrial power system, Donetsk National Technical University, Ukraine.

Сафьянц Артем Сергеевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела теплофизических процессов в котлоагрегатах Института технической теплофизики НАН Украины; тел. +380501414616, e-mail: safyants.artyom@gmail.com.

Safyants Artem Sergeevich – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), a senior researcher at the Department of thermal processes in the boilers of the Institute of Engineering Thermophysics, Ukrainian National Academy of Science, Kiev, Ukraine.

Пожалуйста ссылаетесь на эту статью следующим образом:

Сафьянц, С. М. Создание методики определения линий энергопотребления предприятия [Текст] / **С. М. Сафьянц, А. Б. Бирюков, А. С. Сафьянц** // Вісник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Харків : НТУ «ХП», 2016. – № 9(1181). – С. 151–158. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2078-774X. – doi: 10.20998/2078-774X.2016.09.23.

Please cite this article as:

Safyants, S. M., Birukov, A. B. and Safyants, A. S. (2016), "Creating a Methodology for Determination of the Energy Baseline of an Enterprise". *Bulletin of NTU "KhPI". Series: Power and heat engineering processes and equipment*, no. 9(1181), pp. 151–158, ISSN 2078-774X, doi: 10.20998/2078-774X.2016.09.23.

Будь ласка посилаетесь на цю статтю наступним чином:

Саф'янець С.М. Створення методики визначення ліній енергоспоживання підприємства [Текст] / **С. М. Саф'янець, О. Б. Бірюков, А. С. Саф'янець** // Вісник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Харків : НТУ «ХП», 2016. – № 9(1181). – С. 151–158. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2078-774X. – doi: 10.20998/2078-774X.2016.09.23.

АНОТАЦІЯ Мета роботи полягає в розробці єдиної методології для побудови ліній енергоспоживання підприємства. Це актуальне завдання, тому що в наш час все промислові підприємства мають свої власні критерії оцінки енергетичної ефективності та показників ефективності використання енергії, які унеможливають порівняння і порівняльний аналіз цих одиниць. У той же час проста питома витрата енергії, що віднесена до обсягу виробництва не може служити хорошим індикатором. У роботі даються визначення енергоефективності підприємства і її показників; розглядається вибір показників, що впливають на використання енергії; розкривається сутність базової лінії енергоспоживання, описується методика її визначення для технологічної та інфраструктурної складової в агрегатах і технологічних лініях підприємства; пропонується способи порівняння ефективності роботи різних підприємств. Створена енергетична базова лінія надає можливості для порівняння ефективності роботи різних підприємств (агрегатів, виробничих ліній), або ефективність того ж підприємства (агрегатів, виробничих ліній) в різні періоди.

Ключові слова: енергоефективність, система енергоменеджменту, показники енергоефективності, базова лінія енергожи-споживання, бенчмаркінг.

Поступила (received) 04.01.2016