

Энергоэффективность промышленного производства: методология определения

В.А. Осипов,

д-р экон. наук, профессор, профессор кафедры международного бизнеса и финансов, Владивостокский государственный университет экономики и сервиса (690014, Россия, г. Владивосток, ул. Гоголя, 41; e-mail: professorosipov17@mail.ru)

А.В. Осипов,

ст. преп., соискатель кафедры экономики и производственного менеджмента, Дальневосточный федеральный университет (690922, Россия, г. Владивосток, о. Русский, нп Аякс, 10, кампус ДВФУ, корп. G; e-mail: osipov_av2010@mail.ru)

Аннотация. Статья посвящена теоретическим вопросам определения энергоэффективности производства. Авторы предлагают более широкое толкование энергоэффективности как отношения результата производства к сумме затраченной энергии труда и привлеченной им сторонней энергии. Эту величину предлагается измерять в виде стоимостных показателей. Такой подход позволяет измерить производительность труда на полностью автоматизированных производствах. Авторы считают, что энергоэффективность в таком понимании может рассматриваться как один из важнейших критериев эффективности производства. Предложены соответствующие формулы.

Abstract. The article is devoted to theoretical issues determining the energy efficiency of production. The authors propose a broader interpretation of energy efficiency as a result of the relations of production to the amount of energy expended labor and attraction an external energy. This value proposed as a measure of cost performance. This approach allows measuring the productivity of a fully automated production. The authors believe that energy efficiency in this sense can be use as one of the most important criteria of efficiency. Proposed appropriate formulas.

Ключевые слова: энергоэффективность, производство, энергия труда, производительность труда, энерговооруженность труда.

Keywords: energy efficiency, production, energy of labor, labor productivity, labor power available.

Энергоэффективность, как техническая категория в литературе существует давно. Однако в экономике еще не сложилась полная и системно непротиворечивая концепция этого понятия. Чаще всего под энергоэффективностью понимают отношение некоторого результата к энергозатратам в рамках какой-либо производственной (технической) системы. В Федеральном законе от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 13.07.2015) ее определяют как: «энергетическая эффективность - характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю» [2]. Однако, в целях управления энергоэффективностью в реальном производстве эта категория требует более глубокого теоретического осмысления.

Рассмотрим проблему энергоэффективности промышленности начиная с основополагающих процессов. Следует понимать, что энергия – это потенциальная работа. А работа – это текущая реализация энергии в рамках какой-либо производственной системы. И энергию, и работу (количество теплоты) измеряют одинаковыми единицами. В Международной системе единиц (СИ) они измеряются джоулем. В элек-

тричестве джоуль означает работу, которую совершают силы электрического поля за 1 секунду при напряжении в 1 вольт для поддержания силы тока в 1 ампер. Эти физические процессы проявления работы являются основой всех технологических процессов изготовления промышленной продукции. Все технологические процессы на промышленных предприятиях, связанные с потреблением энергии могут рассматриваться как силовые, тепловые, электрохимические, электрофизические, освещение, т.е. как работа.

Однако главным фактором производства является труд, который следует рассматривать как процесс целесообразного расходования человеком физической и нервной энергии. В примитивных производствах основным и первичным энергоисточником является сам человек. Можно сказать, что здесь работа – это потребленная производством энергия человека (реализованная или отданная). По мере прогрессивного развития производства труд претерпевал изменения от ручного к машинно-ручному, далее к машинному и к автоматизированному. Этот процесс использования машин и механизмов традиционно рассматривался как фактор роста производительности труда.

В промышленном производстве труд всегда сопровождается использованием все более сложных средств труда и соответствующим привлечением энергии со стороны. Т.е. в современном производстве следует выделять два про-

цесса энергопотребления: собственно, потребление энергии человека - труда и потребление привлеченной им сторонней энергии. Можно отметить, что на начальных этапах развития промышленного производства кроме труда обычно использовались наиболее простые и легкодоступные энергоресурсы: топливо в виде дров, энергия животных, воды, ветра. По мере развития энергосистем используются более сложные в добыче, но и более эффективные ресурсы. При этом развитие производственных систем в направлении повышения эффективности происходит путем все более эффективного использования все более разнообразных и сложных энергоресурсов.

Совместное потребление двух видов энергии позволяет предложить новое понимание того, что в производственных процессах понятия «энергия» и «работа» соотносятся между собой так же как соотносятся понятия «рабочая сила» и «труд». Производственное потребление энергии в рамках производственной системы – это осуществление работы. Аналогично этому труд – это реализация потенциальной рабочей силы, как способности к труду. Здесь следует обратиться к классике: «Рабочая сила существует только как способность живого индивидуума» [1, с.162.], и далее - «Труд - есть прежде всего процесс, совершающийся между человеком и природой. Процесс, в котором человек своей свойственной деятельностью опосредствует, реагирует и контролирует обмен веществ между собой и природой» ... «Потребление рабочей силы – это сам труд» [1, с.169.].

Можно утверждать, что энергоэффективность - понятие тождественное понятию производительности труда, или близкое. Эти два ресурса обладают одинаковыми свойствами в процессе потребления. К предприятию они подходят как ресурс, как потенциальная работа. В процессе производства они преобразуются в работу. К их особенностям так же можно отнести: «моментное» потребление, невозвратность использования ресурсов, характер услуги, оказываемой производству. Эффективность производства вообще определяется эффективностью потребления - использованием этих двух ресурсов, так как все остальные производственные ресурсы просто переносят свою стоимость на продукт.

Каждый производитель энергии может принимать разные критерии эффективности исходя из собственных интересов. Могут учитываться даже политические или личные интересы собственников средств производства. Однако, в рыночных условиях именно критерий эффективности энергопотребителей является доминирующим в конкурентной борьбе. Минимизация затрат по энергообеспечению предприятия становится общим и, пожалуй, единственным критерием эффективности энергопроизводства. Чем меньше стоимость удовлетворения потребностей в энергии, тем лучше.

Следует отметить, что в историческом развитии человечества отдельные части совокупного процесса «отбора энергии у природы»

появлялись и уходили, отступали в прошлое. Пример, процессы производства энергии путем сжигания дров становятся все менее актуальными. Можно предположить, что научно-технический прогресс в области поиска и разработки новых направлений извлечения энергии из природы непрерывен. Поэтому структура источников энергии постоянно меняется с развитием науки и прикладных знаний. И каждый из вариантов технологии может в зависимости от эффективности энергопроизводства занимать сначала скромные, затем передовые, а в последующем аутсайдерские позиции. В настоящее время основным видом «конечной» потребляемой энергии является электроэнергия. Она обладает свойством преобразовываться в любые другие виды энергии: механическую, тепловую, силовую, холод и др. виды энергии в зависимости от потребности производства.

Основным потребителем энергии является промышленность. Все энергетические процессы на промышленных предприятиях могут быть разделены на силовые, тепловые, электрохимические, электрофизические, освещение. К силовым процессам относятся процессы, на которые расходуется механическая энергия – привод в действие станков, молотов, электротранспорта, кранового оборудования, механических орудий труда (24% от общего энергопотребления). К тепловым процессам относятся процессы, расходующие тепло различных потенциалов (около 70% энергопотребления). Различают высокотемпературные процессы (плавление металлов, производство сталей, выплавка чугуна, ферросплавов, производство стекла, никеля и т.п.), среднетемпературные процессы (процессы варки, сушки, нагрева), низкотемпературные процессы (отопление, горячее водоснабжение, кондиционирование воздуха и т.п.), криогенные процессы (сжижение, замораживание газов и др.), электрохимические и электрофизические процессы (электролиз для получения алюминия, магния и др.). Затраты на освещение составляют примерно 1,5% от общего потребления энергии на предприятиях промышленности.

Структура использования отдельных энергоносителей меняется по отраслям промышленности, а внутри производств зависит от применяемой технологии, степени концентрации производства, мощности и др. факторов. Выбор экономически целесообразных видов энергоресурсов зависит от условий конкретного производства и должен устанавливаться детальными расчетами энергоэффективности производства как в целом по предприятию, так и в рамках отдельных операций технологического процесса. Разные энергопотребители объективно имеют разные издержки производства и потребления энергии.

Учитывая параллельность использования и довольно широкую взаимозаменяемость энергетических ресурсов различают три направления их использования в промышленности: энергетическое – использование в энергетических установках и процессах для преобразования энергии;

неэнергетическое использование в качестве предметов труда для получения промышленных продуктов (преобразование газа и нефти для изготовления пластмассовых изделий), одновременное использование энергоносителей в качестве сырья и источника энергии.

Наиболее известным подходом к оценке эффективности энергопотребления является использование «коэффициента полезного использования энергии» как отношения количества энергии, реально использованной в конкретном технологическом процессе (т.е. отношение энергии, реально преобразованной в полезную работу) к общей величине энергии, подведенной для данной производственной системы. Его можно рассматривать в виде формулы:

$$КПД = \frac{КЭИ}{КПЭ} \quad (1)$$

где *КЭИ* - количество энергии, реально использованной в конкретном технологическом процессе;

КПЭ - общая величина подведенной к предприятию энергии.

При этом под данной производственной системой может пониматься любое организационное выделенное предприятие, его производственное подразделение, технологический процесс или его часть в виде операции. Таким образом, на каждом из предприятий промышленности формируется своя структура энергопотребления, которая должна в системе управления энергетикой рассматриваться как нормативная потребность, как цель энергосистемы. А оптимизация затрат должна происходить внутри предприятия при неизменности, подведенной к нему объема и структуры энергоносителей. Это можно рассматривать как второй этап оптимизации на нижнем иерархическом уровне – промышленном предприятии.

Рассматривая потребляемые ресурсы промышленного предприятия можно отметить, что только два ресурса: энергия, заключенная в рабочей силе, и в потребляемой технической энергии полностью преобразуются в новый продукт. Предметы труда, которые являются материальной основой создания продукта, т.е. физически являются частью готового продукта. Их стоимость переносится на продукт в рамках производственного цикла. Средства труда длительное время вообще не меняют своей физической формы и переносят свою стоимость на продукцию в процессе амортизации. Если средства производства только частично преобразуются, то энергия абсолютно потребляется, полностью преобразуясь в работу - в застывший новый результат. Аналогичный процесс происходит и с таким ресурсом как рабочая сила. Труд, как процесс преобразования рабочей силы полностью преобразуется в новый продукт. Таким образом, в самом общем виде конечная формула энергоэффективности данной производственной системы приобретает вид:

$$\text{Энергоэффективность} = \frac{\text{Результат}}{\text{Труд} + \text{Энергия}} \quad (2)$$

Здесь под результатом понимается потребительский эффект т.е. реализованная цель производства - оуществленная работа, изменение формы предметов труда в промышленном производстве, либо в материальная составляющая услуги –перемещение вещества. В знаменателе формулы для сопоставимости показателей можно использовать данные в стоимостном виде. Для простоты расчетов знаменатель можно рассматривать как сумму заработной платы и стоимость покупной энергии (энергоносителей). Возможно, эта формула обладает свойствами критерия эффективности производства в целом. Это требует более детального изучения.

Заработная плата здесь показывает текущие издержки воспроизводства рабочей силы, а энергия - текущие затраты поступления энергии на предприятие. Каждое промышленное предприятие является конечным потребителем энергии. Дальше вдоль по совокупному технологическому процессу на следующем предприятии эта энергия является уже прошлым трудом, преобразованным в какое-то материальное явление, а не текущим.

Такое понимание энергоэффективности близко к понятию производительности труда с учетом его энерговооруженности.

Можно так же сделать вывод об условии применения этой формулы при принятии решений. Числитель должен быть сформулирован в качественной постановке как цели деятельности предприятия или его подразделения и должен быть неизменяем при сравнении вариантов достижения этой цели. Каждый вариант достижения цели энергопотребления имеет разные издержки или затрат энергии. Минимум этих затрат означает максимальную для данного производства энергоэффективность. А формула минимизации затрат при выборе вариантов управленческих решений (достижении цели энергопотребления) становится важнейшей для лиц, принимающих решение.

$$\text{Труд} + \text{Энергия} = \min \quad (3)$$

Анализ структуры этой величины приводит к выводу, что в примитивных производствах основным видом энергии является труд человека. По мере совершенствования производства все большую долю занимает привлеченная энергия. В автоматическом производстве, когда возможно, труд сведется к нулю, в основном будет рассматриваться только привлеченная энергия и производительность труда может определяться только по привлеченной энергии. С другой стороны привлечение живым трудом сторонней энергии - это преобразование малого в большее. Т.е. малые затраты энергии человека приводят в действие большую энергию, превращая ее в большую работу. Нажатие на педаль приводит в действие огромную машину. Нажатие на кнопку приводит в действие автоматическую

поточную линию и т.д. Чем больше приходится энергии на единицу труда, тем больше энерго-

эффективность труда. Т.е. энергоэффективность труда можно представить в виде формулы:

$$\text{Энергоэффективность труда} = \frac{\text{Используемая энергия}}{\text{Труд}} \quad (4)$$

Эта формула отдаленно напоминает формулу энерговооруженности труда, которая так же отражает энергоэффективность труда, однако приведенная формула более точно отражает соотношение использования энергии в производстве с учетом качественного состава рабочей силы (квалифицированный труд более оплачивается). Традиционно энерговооруженность рассматривается как отношение установленной мощности оборудования к численности работающих, поэтому приведенная формула

$$\text{Экономия} = (\text{Труд}_i + \text{Энергия}_i) - (\text{Труд}_{i+1} + \text{Энергия}_{i+1}), \quad (5)$$

где $i, i+1$ – номера сравниваемых вариантов энергоснабжения.

Рассматривая процесс совместного потребления энергии живого труда и привлеченной в рамках производственной системы следует отметить две главные тенденции энергопотребления:

1. Вся добавленная стоимость в рамках данной системы определяется только использованной энергией человеческого труда (энергию человека) и привлеченной со стороны, которая характеризует энерговооруженность труда;

2. При совершенствовании производства при постепенном переходе производства от чисто ручного труда к механическому, далее к машинно-ручному, машинному и вплоть до автоматического можно наблюдать изменение структуры энергопотребления от преобладающего использования энергии живого труда к преобладающему использованию привлеченной энергии. Вероятно, в будущем на полностью автоматизированных производствах энергоэффективность может стать главным показателем эффективности производства.

Вследствие особенности потребления энергетических ресурсов для определения энергоэффективности предприятий в структуре затрат на производство следует выделять отдельной строкой затраты на энергию. В настоящее время они входят в состав материальных затрат, что, исходя из приведенных рассуждений является неправильным, так как не отражает особый характер потребления энергии. Типовая отчетная таблица затрат на производство преобразуется к следующему виду, таблице.

Таблица
Рекомендуемая структура затрат на производство на промышленных предприятиях с учетом энергопотребления

№	Наименование элементов затрат
1	Материальные затраты
2	Энергетические затраты
3	Оплата труда персонала
4	Отчисления социальные от заработной платы
5	Амортизация основных фондов
6	Прочие затраты
7	Всего

более точно учитывает используемую, фактическую энерговооруженность труда.

Отсюда так же можно вывести показатель сравнительной эффективности производства как экономию затрат между возможными вариантами энергопотребления при сохранении потребительского эффекта – результата (числителя). Т.е. формула разности в знаменателе является главной формулой при определении экономии энергии на данном производстве:

Такое выделение энергозатрат в отдельную строку отчета позволит более оперативно принимать решения по повышению эффективности производства. При внутрипроизводственном учете на предприятиях возможна и более подробная детализация этой строки с разделением на другие виды потребляемой энергии по операциям или изделиям: теплоэнергию, электроэнергию, ветровую и т.п.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Энергоэффективность является частью системы методов определения эффективности производства;

2. Минимизация суммы затрат энергии и заработной платы характеризует рост производительности труда в рамках рассматриваемой производственной системы;

3. В основе определения эффективности производства всегда лежит потребленная энергия труда (производительность труда), а затраты на энергию являются дополняющими, обеспечивающими энерговооруженность труда. Без реального живого труда не бывает производства.

Библиографический список:

1. Маркс К., Энгельс Ф. Избранные сочинения. В 9-ти т. Т.7. – М.: Политиздат, 1987. – XX, 811 с.
2. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации".