

ОЦЕНКА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ РЕГУЛИРОВОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ ПО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого

Статья посвящена методам диагностирования энергоэффективности промышленных производств различных отраслей промышленности с однофакторных моделей зависимости удельного расхода энергоресурса от объема выпуска продукции и исследования структуры энергоресурса для выборки 116 производств различных отраслей промышленности.

Ключевые слова: диагностирование энергоэффективности, горизонтальная регулировочная способность по энергоэффективности, коэффициент чувствительности модели по энергоэффективности.

The article deals with the methods of energy efficiency diagnosis of industrial productions in different branches of industry beginning from single-factor models of dependence of specific energy resource consumption on a product yield and research of the energy resource structure for a sample from 116 productions in different branches of industry.

Key words: energy efficiency diagnosis, horizontal adjusting capability of energy efficiency, sensitivity index of a model of energy efficiency.

Современные промышленные предприятия представляют собой сложнейшие инженерные комплексы, состоящие из отдельных технологических подсистем и функционирующие в условиях внешних и внутренних воздействий. Как потребители электрической энергии (ЭЭ), большинство современных промышленных предприятий характеризуются сложной взаимосвязью между энергетикой и технологией. Это означает, что на конечное потребление ЭЭ затрачиваемой на производство продукции влияет значительное количество факторов.

К объективным факторам, оказывающим влияние на формирование общих и удельных расходов ЭЭ, следует отнести:

- производственную программу выпуска продукции;
- характеристики используемого сырья и окружающей среды;

- состояние технологического оборудования.
К субъективным факторам:
- внедренные энергосберегающие мероприятия;
- квалификационные навыки производственного персонала;
- выбор того или иного состава технологического оборудования для выполнения заданной производственной программы.

Для диагностирования и прогнозирования удельных расходов ТЭР на выпуск продукции промышленных потребителей могут использоваться многофакторные аддитивные уравнения регрессии электропотребления (ЭП) от влияющих факторов. Для большинства промышленных предприятий (ПП) допускается учет только объемов выпускаемой продукции, так как, например, изменение расхода ЭЭ, обусловленное изменением производственной программы, значительно больше изменения, обусловленного остальными факторами. Для потребителей с простой (или сводящейся к ней) взаимосвязью между энергетикой и технологией удельные расходы ТЭР от объемов производства имеют известный вид, кВт·ч/ед. прод:

$$W_{уд.ЭЭ} = w_{уд.техн} + W_{усл.пост} / П, \quad (1)$$

где $W_{усл.пост}$ – составляющая потребления энергоресурса, не зависящая от объема выпускаемой продукции, кВт·ч, (т у.т.); $w_{уд.техн}$ – технологический удельный расход энергоресурса на выпуск единицы продукции, (кВт·ч)/ед. прод.; $П$ – объем производства продукции, ед. изм.

Для 116 производств различных отраслей промышленности были построены однофакторные модели зависимости удельного расхода энергоресурса от объема выпуска продукции и произведена оценка горизонтальной регулировочной способности по энергоэффективности.

Различают горизонтальную регулировочную способность по ЭЭФ и вертикальную регулировочную способность по ЭЭФ (за счет управления технологическими параметрами и характеристиками сырья). Суть горизонтального регулирования $W_{уд.ТЭР}$ состоит в том, что при изменении объемов выпуска продукции рабочая точка гиперболической кривой зависимости $W_{уд.ТЭР} = f(П)$ смещается в сторону уменьшения или увеличения $W_{уд.ТЭР}$, соответственно.

Потенциал горизонтального повышения ЭЭФ рассчитывается относительно минимального объема выпуска продукции по выражению

$$\Delta ЭЭФ = (W_{уд.Пmax} - W_{уд.Пmin}) \cdot 100\% / W_{уд.Пmin}, \quad (2)$$

где $W_{уд.Пmax}$ - значение удельного расхода энергоресурса, соответствующего максимальному объему выпуска продукции; $W_{уд.Пmin}$ - значение удельного расхода энергоресурса, соответствующего минимальному объему выпуска продукции.

Из 116 исследуемых производств, установлено, что 41 промышленное

предприятие имеют горизонтальный потенциал повышения ЭЭФ более 50%, 51 ПП имеют горизонтальный потенциал повышения ЭЭФ от 20 до 50%, 24 ПП имеют горизонтальный потенциал повышения ЭЭФ ниже 20%.

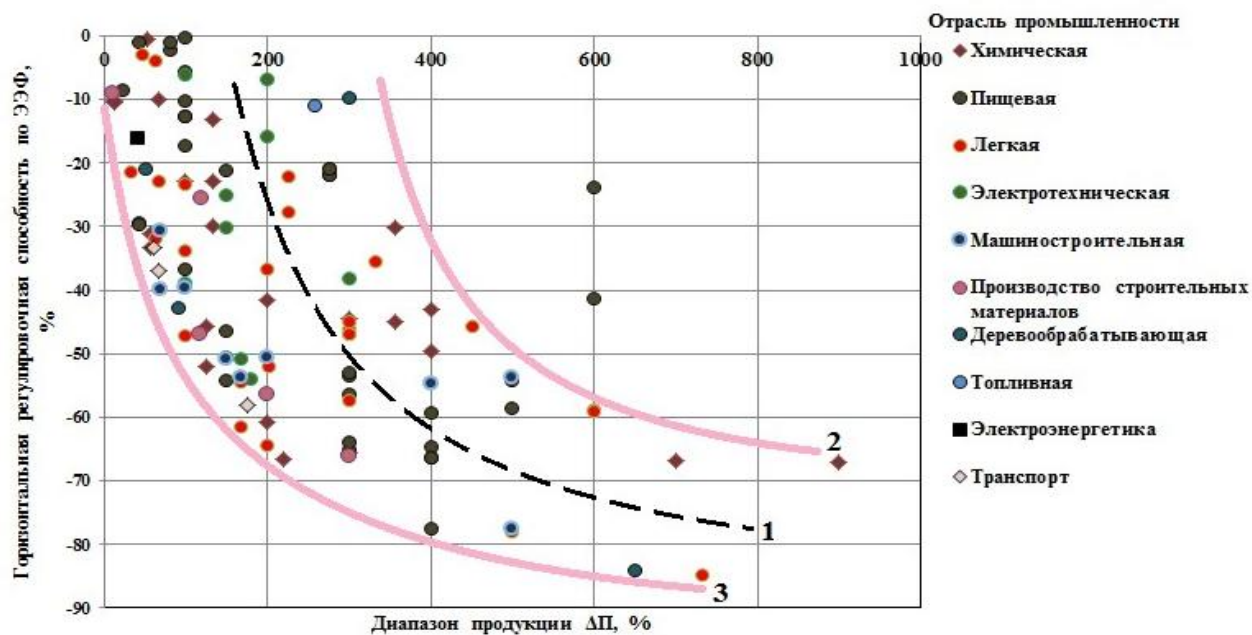


Рис. 1. Область горизонтальной регулировочной способности по ЭЭФ исследуемой выборки ПП

На рис. 1 область горизонтальной регулировочной способности по ЭЭФ ограничена кривыми 2 и 3. При этом если провести условную линию, посередине разделяющую данную область, то получим две области, ограниченные линиями: 1-2 – область низкой регулировочной способности по энергоэффективности; 1-3 – область высокой регулировочной способности по энергоэффективности.

Такие отрасли промышленности, как производство строительных материалов и транспорт имеют высокую регулировочную способность по ЭЭФ, что указывает на работу в условиях частого изменения производственной программы. При непопадании промышленных производств ни в одну из областей (к примеру, на рис. 1, два производства пищевой отрасли промышленности) можно говорить об их неэффективной регулировочной способности, так как темпы роста выпуска продукции во много раз опережают увеличение ЭЭФ.

Именно наличие условно-постоянной составляющей расхода энергоресурсов в общем потреблении ТЭР определяет гиперболический характер зависимости удельных расходов энергоресурсов от объема выпуска продукции. Для электрической энергии к условно-постоянной составляющей расхода относят затраты электроэнергии на освещение, вентиляцию, вспомогательные производственные нужды. Однако для производств, имеющих в технологическом процессе, например печное оборудование, в технологическом расходе ЭЭ также можно выделить условно-постоянную составляющую, которая связана с разогревом и поддержанием в работоспособном состоянии технологического обо-

рудования. Для ЭЭ высокие значения доли $W_{\text{усл.-пост.}}$ могут свидетельствовать о том, что производство не достигло проектной производительности и оно сильно перегружено станочным оборудованием, которое неэффективно используется.

В отличие от моделей ЭЭ, исследуемые модели тепловой энергии и топлива относятся непосредственно к технологии. Структурно затраты тепловой энергии на обогрев и вентиляцию зданий и сооружений, а также на горячее водоснабжение выделяются отдельно. Из исследуемой выборки многие производства имеют высокую долю условно-постоянной технологической составляющей в технологическом расходе энергоресурса. В данную группу вошли: шинное производство, производство метанола, производство спирта, производство листового стекла, производство керамических изделий необходимым условием их энергоэффективности является поддержание высокой технологической загрузки. Для указанных производств влияние условно-постоянной технологической составляющей топлива на формирование результирующей ЭЭФ меньше, чем для условно-постоянной составляющей ЭЭ тех же производств.

Установлено, что из 116 производств 54 имеют вес условно-постоянной составляющей в общем расходе ТЭР свыше 40%. Для указанной группы производств эффективность внедренных мероприятий по энергосбережению будет очень сильно зависеть от загрузки производства.

Предложен новый критерий диагностирования ЭЭФ – коэффициент чувствительности ЭЭФ, о.е.:

$$KЧ = \frac{\Delta ЭЭФ}{\Delta П}, \quad (3)$$

где $\Delta ЭЭФ$ - потенциал горизонтального повышения ЭЭФ относительно минимального объема выпуска продукции, %; $\Delta П$ - рабочий диапазон отклонения выпуска продукции от минимального значения, % .

Данный показатель оценивает темп роста ЭЭФ (снижение удельного расхода энергоресурса) при увеличении объема выпуска продукции.

Таблица 1

Результаты ранжирования $KЧ$ по ЭЭФ 116 ПП

Диапазон изменения $KЧ$ ЭЭФ, о.е.	Количество ПП, ед.	Среднее значение $KЧ$ ЭЭФ в группе, о.е.
до - 0,06	10	-0,028
от - 0,06 до - 0,1	16	-0,08
от - 0,1 до - 0,2	39	-0,15
от - 0,2 до - 0,3	12	-0,23
от - 0,3 до - 0,4	19	-0,34
от - 0,4 до - 0,6	14	-0,48
Ниже - 0,6	6	-0,73

Установлено, что $KЧ$ ЭЭФ находится в диапазоне от 0 до - 0,9. Близкое к 0 значение $KЧ$ указывает, что на изменение удельного расхода производства

изменение объема выпуска продукции практически не оказывает влияние и резерв горизонтального регулирования ЭЭФ (за счет повышения загрузки технологического оборудования) практически исчерпан. Производства, у которых $KЧ$ по ЭЭФ $< -0,2$, должны быть объектами пристального внимания энергоаудиторов, поскольку эффект от внедряемых мероприятий по энергосбережению будет сильно зависеть от существующего уровня загрузки производства.

На рис. 2 представлено поле зависимости $KЧ$ ЭЭФ от вариации диапазона выпуска продукции для 116 производств.

Если $KЧ$ ЭЭФ стремится к -1 , то изменение 1% объема выпуска продукции в сторону его увеличения вызовет такое же изменение (в $\%$) соотношения условно-постоянной составляющей и технологической составляющих расхода ТЭР. Следовательно, для таких производств даже при небольшом изменении загрузки оборудования доля условно-постоянной составляющей ТЭР в общем его расходе будет существенно снижаться. Как видно из рис. 2, шесть производств имеют $KЧ$ ЭЭФ меньше $-0,6$.

Для указанных производств основным источником энергии, который используется для выпуска продукции, является природный газ и эффект от горизонтальной регулировочной способности будет максимальным, что является особенно актуальным в условиях высокой стоимости природного газа.

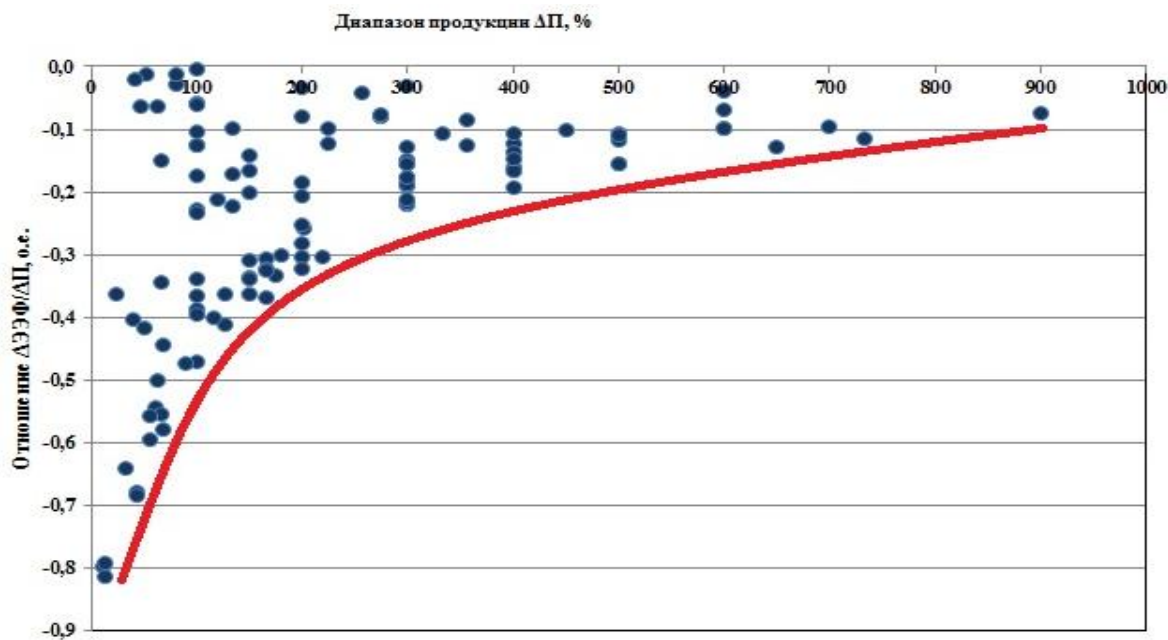


Рис. 2. Поле зависимости $KЧ$ по ЭЭФ от диапазона выпуска продукции 116 производств

Библиографический список

1. **Грунтович, Н.В.** Экспертные системы управления энергоэффективностью и энергетической безопасностью // Энергоэффективность, 2014. №4. С. 16–20.
2. **Токочакова, Н.В.** Управление энергоэффективностью промышленных потребителей на основе моделирования режимов электропотребления // Энергетика. 2006. № 3. С. 67–75.