

**РАЗРАБОТКА ЭКОНОМИКО-СТАТИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ  
РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ЦЕМЕНТНОГО  
ЗАВОДА г. ФЕРГАНЫ И ОЦЕНКА РЕГУЛИРОВОЧНОЙ  
СПОСОБНОСТИ ПО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ**

**Ф. Н. Насретдинова**

*Ферганский политехнический институт, Республика Узбекистан*

Научный руководитель М. О. Узбеков

Важность определения текущего состояния показателей энергетической эффективности (ЭЭФ) для промышленных предприятий во многом определяет последующие шаги при организации проведения энергетического обследования и результативность работы. Основными показателями ЭЭФ для промышленных предприятий являются удельные и общие расходы энергоресурса на единицу выпуска продукции, поскольку удельные расходы энергоресурса определяют энергетическую составляющую затрат в структуре себестоимости продукции, а динамика общего расхода энергоресурса позволяет оценить реальное снижение его потребления в часто изменяющихся условиях функционирования промышленного предприятия. Удельный расход топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) ( $W_{\text{уд. ТЭР}}$ ) на единицу выпускаемой продукции является одним из критериев, который позволяет оценить эффективность работы предприятия с точки зрения загрузки производственного оборудования, эффективности внедряемых мероприятий по энергосбережению, а также технологии производства [1]–[7].

Для оценки текущего состояния ЭЭФ производства цемента марки М-400 предложено построить однофакторные модели зависимости расхода электроэнергии на выпуск цемента. Авторами собрана статистика по месячным объемам выпуска цемента и соответствующего расхода электроэнергии за четырехлетний период. Оценка степени тесноты связи между объемом выпуска продукции и расходам электроэнергии показала достаточно высокий коэффициент корреляции, который составил  $R = 0,98$ . По месячным данным построена однофакторная модель зависимости удельного расхода электроэнергии от выпуска продукции следующего вида:

$$W_{\text{уд.ЭЭ}} = w_{\text{уд.техн}} + W_{\text{усл.-пост}} / \Pi = 74,7 + 2412908,5 / \Pi, \text{ кВт} \cdot \text{ч/т},$$

где  $W_{\text{усл.-пост}}$  – составляющая потребления энергоресурса, не зависящая от объема выпускаемой продукции, кВт · ч;  $w_{\text{уд.техн}}$  – технологический удельный расход энергоресурса на выпуск единицы продукции;  $\Pi$  – объем производства продукции, т.

Разработанная модель и фактические значения удельных расходов электроэнергии представлены на рис. 1. Именно из-за условно-постоянной расхода электроэнергии, не зависящей от объема выпуска продукции, при снижении объема выпуска продукции удельные расходы растут, а при наращивании объемов выпуска продукции – удельные расходы электроэнергии на производство цемента снижаются. Для электроэнергии к условно-постоянной составляющей расхода относят затраты электроэнергии на освещение, вентиляцию, вспомогательные производственные нужды (вспомогательные цеха, связанные с ремонтом различного оборудования, складские помещения, административно-бытовые помещения). В публикациях [6], [7] предлагается оценивать потенциал повышения энергетической эффективности от максимального значения удельного расхода электроэнергии до минимального значения на всем диапазоне

выпуска продукции (горизонтальная регулировочная способность по энергоэффективности). Суть горизонтального регулирования  $W_{уд.ЭЭ}$  состоит в том, что при изменении объемов выпуска продукции (увеличивая или уменьшая загрузку технологического оборудования), рабочая точка гиперболической кривой зависимости  $W_{уд.ЭЭ} = F(\Pi)$  смещается в сторону уменьшения или увеличения  $W_{уд.ТЭР}$ , соответственно.

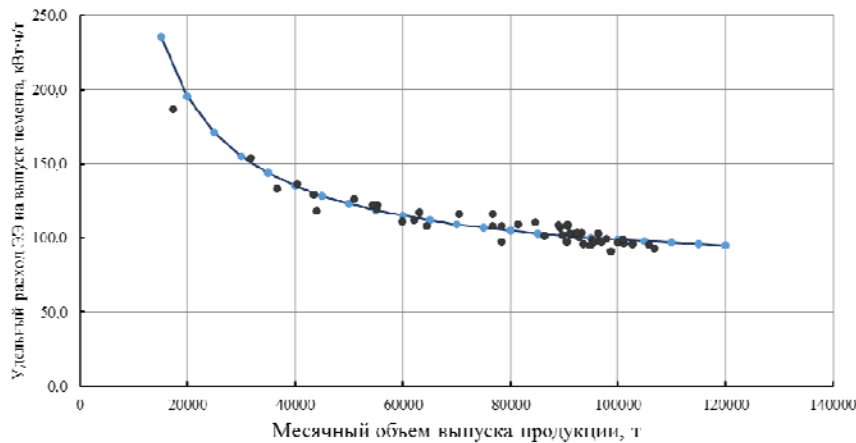


Рис. 1. Модель зависимости удельного расхода электрической энергии в зависимости от месячного объема выпуска цемента марки М-400

Условно-постоянная составляющая расхода ТЭР определяется и сезонным фактором, а также количественными и качественными характеристиками оборудования ее определяющими.

Потенциал горизонтального повышения ЭЭФ, %, относительно минимального объема выпуска продукции в соответствии с выражением [X]:

$$\Delta \text{ЭЭФ} = (W_{уд.П_i} - W_{уд.П_{мин}}) / W_{уд.П_{мин}} \cdot 100, \%,$$

где  $W_{уд.П_i}$  — значение удельного расхода энергоресурса, соответствующего  $i$ -му объему выпуска продукции;  $W_{уд.П_{мин}}$  — значение удельного расхода энергоресурса, соответствующего минимальному объему выпуска продукции.

В табл. 1 представлена оценка повышения ЭЭФ цементного производства г. Ферганы на диапазоне выпуска продукции от 15000 до 120000 т в месяц.

Таблица 1

#### Оценка повышения энергоэффективности цементного производства г. Ферганы

$\Pi_{мес}, \text{ т}$	$W_{уд.ЭЭ}, \text{ кВт} \cdot \text{ч/т}$	Горизонтальная регулировочная способность по ЭЭФ: $\Delta \text{ЭЭФ} = (W_{уд.П_i} - W_{уд.П_{мин}}) / W_{уд.П_{мин}} \cdot 100, \%$
15000	235,6	БАЗИС
20000	195,3	-17,1

Окончание табл. 1

П <sub>мес</sub> , т	W <sub>уд.ЭЭ</sub> , кВт · ч/т	Горизонтальная регулировочная способность по ЭЭФ:
		$\Delta \text{ЭЭФ} = (W_{\text{уд.Пi}} - W_{\text{уд.Пмин}}) / W_{\text{уд.Пмин}} \cdot 100, \%$
30000	155,1	-34,2
40000	135,0	-42,7
50000	123,0	-47,8
60000	114,9	-51,2
70000	109,2	-53,7
80000	104,9	-55,5
90000	101,5	-56,9
95000	100,1	-57,5
100000	98,8	-58,1
110000	96,6	-59,0
120000	94,8	-59,8

Как видно из табл. 1, в максимуме повышение ЭЭФ может составить -59,8 % (это снижение удельного расхода ЭЭ при месячном объеме выпуска цемента 120000 т).

Если рассмотреть всю предоставленную месячную статистику по фактическому удельному расходу ЭЭ и выпуску цемента (табл. 2), то видно, что количество низкоэффективных режимов производства составляет всего 4 месяца из 48 (это 8,3 % от суммарного количества режимов цементного производства). Количество режимов средней эффективности составляет 16 месяцев (33,3 %) исходной выборки. Количество высокоэффективных режимов цементного производства составляет 28 месяцев или 58,3 % месячных значений данного производства.

Таблица 2

#### Анализ эффективности режимов исходной выборки цементного производства

Цемент М-400, т	Количество месяцев в выборке	Процент от общего количества рассматриваемых месяцев, %	Минимальное значение W <sub>уд.ЭЭ</sub> , кВт · ч/т	Максимальное значение W <sub>уд.ЭЭ</sub> , кВт · ч/т
до 40000 т	4	8,3	133,4	186,4
от 40000 до 80000 т	16	33,3	97,5	128,9
свыше 80000 т	28	58,3	90,9	110,6
<i>Итого</i>	48	100		

Таким образом, данные табл. 2 позволяют утверждать, что количественный состав исследуемой выборки месячных режимов характеризуется наибольшим весом энергоэффективных режимов (58,3 %).

Разработанные модели позволили оценить горизонтальную регулировочную способность по ЭЭФ цементного производства.

## Литература

1. Токочакова, Н. В. Показатели энергетической эффективности промышленных потребителей / Н. В. Токочакова, Д. Р. Мороз // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2006. – № 3 (26). – С. 66–75.
2. Грунтович, Н. В. Совершенствование систем управления энергетической эффективностью и экономической безопасностью промышленных предприятий / Н. В. Грунтович [и др.] // Вестн. Чувашского ун-та. – 2015. – № 3. – С. 40–48.
3. Using models of energy consumption from influencing factors to assess the current state and energy efficiency forecasting / D. Moroz [et al.] // In E3S Web of Conferences. – Vol. 220. – P. 01024.
4. Грунтович, Н. В. Влияние структуры потребления ТЭР предприятия на эффективность внедрения мероприятий по энергосбережению / Н. В. Грунтович, Е. Л. Шенец // Энергетика Изв. высш. учеб. заведений и энергет. об-ний СНГ. – 2014. – № 2. – С. 58–66.
5. Грунтович, Н. В. Экспертные системы управления энергоэффективностью и энергетической безопасностью / Н. В. Грунтович // Энергоэффективность. – 2014. – № 4. – С. 16–20.
6. Мороз, Д. Р. Развитие методического обеспечения для диагностирования энергетической эффективности / Д. Р. Мороз, С. Г. Жуковец, Е. Л. Шенец // Энергия и Менеджмент, 2017. – № 1 (94). – С. 8–13.
7. Использование методов математического моделирования для решения практических задач оценки энергоэффективности / Д. Р. Мороз [и др.] // Энергия и Менеджмент, 2017. – № 3 (96). – С. 7–11.

**НОРМИРОВАНИЕ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ  
ДЛЯ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОГО ПРОИЗВОДСТВА  
НА ПРИМЕРЕ СП ООО «УЗ ХАНВУ ИНЖИНИРИНГ» г. ФЕРГАНА**

**Ф. Н. Насретдинова, Г. Р. Умурзакова**

*Ферганский политехнический институт, Республика Узбекистан*

Научный руководитель М. О. Узбеков

Метод нормирования электроэнергии (ЭЭ) на основе расчетно-статистических моделей режимов электропотребления промышленных потребителей (ПП) является наиболее предпочтительным в современных условиях функционирования ПП [1]–[5].

В общем виде модель режима электропотребления ПП имеет вид:

$$W_{\text{ЭЭ}} = W_{\text{техн}} + W_{\text{усл.-пост}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (1)$$

где  $W_{\text{усл.-пост}}$  – условно-постоянная составляющая потребления электроэнергии, не зависящая от объема выпускаемой продукции, кВт · ч;  $W_{\text{техн}}$  – технологическое электропотребление, кВт · ч.

От общей модели расхода ЭЭ от объема выпуска продукции возможен переход к модели общезаводского удельного расхода ЭЭ на выпуск продукции. Модель имеет вид:

$$W_{\text{уд.ЭЭ}} = W_{\text{уд.техн}} + W_{\text{усл.-пост}} / \Pi, \text{ кВт} \cdot \text{ч/ед. прод.}, \quad (2)$$

где  $W_{\text{усл.-пост}}$  – условно-постоянная составляющая потребления ЭЭ, не зависящая от объема выпускаемой продукции, кВт · ч;  $W_{\text{уд.техн}}$  – технологический удельный расход энергоресурса на выпуск единицы продукции.