

Ю.И.Казанцев, доц., канд. техн. наук, Г.Ю.Маклаков, проф., д-р техн. наук, В.Ф. Мануйлов, доц.

Основная энергетическая характеристика группы предприятий с многономенклатурным производством как некорректная стохастическая связь

В статье показан вывод основной энергетической характеристики группы предприятий с многономенклатурным производством, являющейся некорректной стохастической связью.
энергетические характеристики, методы решения некорректных задач

Рост электровооруженности промышленности предъявляет новые требования к точности и обоснованности решений различных технико-экономических и оптимизационных задач, решаемых в энергетике и связанных, в конечном итоге, с рациональным использованием электроэнергии.

Исследования в этой области заложены в работах Гофмана И.В., Авилова-Карнаухова Б.Н., Ястребова П.П., Волобринского С.Д. и др.

Целью данной статьи является определение связи между основными электроэнергетическими показателями предприятий и их выпускаемой продукцией и на этой базе вывод основной энергетической характеристикой, являющейся основой нормирования расходов электроэнергии и ее рационального использования.

Для группы предприятий с многономенклатурным производством можно построить зависимость, между электропотреблением и выпускаемой продукцией. Такая связь становится более явной, если потребление электроэнергии и производительность предприятий выразить в относительных единицах.

Иллюстрацией этих предложений может служить вывод методами математической статистики расчетно-опытных связей между потреблением электроэнергии и выпускаемой продукцией предприятий стекольной промышленности с многономенклатурным производством.

Опытные данные по суточному электропотреблению и выпуску продукции были собраны по пяти предприятиям объединения «Укрстекло».

Рассматриваемая совокупность предприятий представляет случайную выборку из общего числа предприятий данной отрасли промышленности.

Начальная обработка опытных данных заключалась в вычислении удельного потребления электроэнергии, удельной установленной мощности, отношения первой из этих величин ко второй, а также производительности в относительных единицах.

Результаты вычислений были сгруппированы и расположены в форме так называемой двойной корреляционной таблицы, которая является основой для вывода расчетно-опытной связи между электропотреблением и выпускаемой продукцией методами математической статистики.

Известно, что основой исследования и нормирования являются энергетические балансы и энергетические характеристики. Использование последних, встречает значительные трудности, связанные с выбором показателя нормирования при многономенклатурном производстве. Эти трудности можно обойти путем перехода к условным натуральным единицам.

После изучения электроэнергетических показателей указанной группы предприятий и их анализа было установлено, что отношения удельного потребления электроэнергии ω к удельной установленной мощности электроприемников p_y находится в реальной корреляционной связи с производительностью предприятий α , выраженной в относительных единицах, т.е.:

$$\left(\frac{\omega}{p_y}\right) = f(\alpha), \quad (1)$$

где $\omega = \frac{W}{A}$; $p_y = \frac{P_y}{A_0}$; $\alpha = \frac{A}{A_0}$.;

W – потребление электроэнергии предприятием, $\frac{\text{тыс кВт} \cdot \text{ч}}{\text{сутки}}$;

A – производительность предприятия, $\frac{\text{тыс усл.тон}}{\text{сутки}}$;

A_0 – проектная производительность предприятия;

P_y – установленная мощность электроприемников, тыс кВт .

Связь вида (1) названа основной энергетической характеристикой предприятий[1].

Из основной энергетической характеристики можно получить производные энергетические характеристики:

$$\omega = f_1(\alpha; p_y); \quad K_u = f_2(\alpha),$$

где K_u – коэффициент использования установленной мощности электроприемников.

Связь (1) может быть выведена как аналитически, так и по опытным данным. В общем случае эта связь выражается многочленом:

$$Y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_px^p. \quad (2)$$

Здесь $Y = \left(\frac{\omega}{p_y}\right)$; $x = \frac{1}{\alpha}$ или $\frac{1}{\sqrt{\alpha}}$;

$a_0, a_1, a_2 \dots a_p$ – постоянные коэффициенты.

Перевод выпускаемой продукции в условные натуральные единицы осуществляется, например, в случае трех видов продукции по выражению:

$$A_{\text{усл}} = K_A \cdot A + K_B \cdot B + K_C \cdot C, \quad (3)$$

где K_A, K_B, K_C – коэффициенты энергоемкости;

A, B, C – выпуск продукции по видам.

Для определения коэффициентов энергоемкости обычно используют метод решения систем линейных алгебраических уравнений вида:

$$\left. \begin{aligned} W_1 &= A_1 \cdot \omega_A + B_1 \cdot \omega_B + C_1 \cdot \omega_C \\ W_2 &= A_2 \cdot \omega_A + B_2 \cdot \omega_B + C_2 \cdot \omega_C \\ W_3 &= A_3 \cdot \omega_A + B_3 \cdot \omega_B + C_3 \cdot \omega_C \end{aligned} \right\} . \quad (4)$$

Исследования показали, что системы вида (4) относятся к плохо обусловленным системам линейных алгебраических уравнений, а, следовательно, к некорректным связям.

Их решения, например, методом Гаусса дает, в ряде случаев, отрицательное значение корней (удельных расходов) не имеющих физического смысла.

Решение таких систем может быть осуществлено путем регуляризации по Тихонову [2].

В данной работе предлагается заменить решение систем вида (4) методом Гаусса решением на экстремумы функции:

$$\xi^2 = e = \sum_{i=1}^n [(A_i \cdot \omega_A + B_i \cdot \omega_B + C_i \cdot \omega_C) - W_i]^2 = \min. \quad (5)$$

То есть ставится задача отыскания значений переменных $\omega_A, \omega_B, \omega_C$ при которых разность ξ между правой и левой частью системы (5) возведенной в квадрат будет минимальной.

Полученные таким образом положительные значения переменных используются для определения коэффициентов энергоёмкости в уравнении (3).

Приняв за базисную энергоёмкость продукцию А находим значения коэффициентов энергоёмкости:

$$K_A = \frac{\omega_A}{\omega_A}, K_B = \frac{\omega_B}{\omega_A}, K_C = \frac{\omega_C}{\omega_A}.$$

Основная энергетическая характеристика

Приведя показатели нормирования предприятий к условной натуральной единице, выведем связь вида (1) по опытным данным, собранным по перечисленным предприятиям. Эта связь относится к связям статистического вида, и, поэтому, в соответствии с теорией корреляционного анализа определяем реальность ее существования и форму по методу, изложенному в [1, 6, 7].

Исходные опытные данные приведены в двойной корреляционной таблице 1. А пояснения к ней приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Двойная корреляционная таблица к выводу связи $w/p_y=f(\alpha)$ группы предприятий

α_h $\left(\frac{\omega}{p_y}\right)_i$	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	n_i
4,0							1	3	4
5,0						7	21	10	38
6,0					14	26	7	1	48
7,0			4	14	19	9			46
8,0	2	4	14	30	24	15			89
9,0		9	9	3	2				23
10,0	4	7							11
n_h	6	20	27	47	59	57	29	14	259
$\left(\frac{\bar{\omega}}{p_y}\right)_h$	9,33	9,15	8,19	7,77	7,24	6,56	5,2	4,96	

Для определения реальности существования и формы связи (1) находим следующие показатели статистической связи:

– полные средние:

$$\bar{\alpha} = \frac{1}{n} \sum n_h \cdot \alpha_h = 0,9892;$$

$$\left(\frac{\bar{\omega}}{p_y}\right) = \frac{1}{n} \sum n_i \cdot \left(\frac{\omega}{p_y}\right)_i = 6,486.$$

Таблица 2 – Пояснения к двойной корреляционной таблице к выводу связи $w/p_y=f(\alpha)$ группы предприятий

Наименование завода	Выпускаемая продукция	Показатели нормирования	Проектная производительность, A_0	P_y	$P_y = \frac{P_y}{A_0}$;
1. Бучанский стекольный завод	3 вида продукции	тыс. усл. штук	98,2 тыс. усл. труб	5,2 тыс. кВт	0,0529 тыс. кВт ч/ тыс. усл. труб
2. Львовская стеклофирма «Радуга»	15 видов	тыс. тонн	0,028 тыс. тонн/сутки	2,42 тыс. кВт	75,7 тыс. кВт ч/ тыс. тонн
3. Константиновский стекольный завод	3 вида продукции	тыс. усл. тонн	1,0209 тыс. усл. штук /сутки	11,1191 тыс. кВт	10,8914 тыс. кВт ч/ тыс. усл. тонн
4. Киевский завод художественного стекла	более 100	тыс. тонн	0,01 тыс. тонн/сутки	1,506 тыс. кВт	150,5 тыс. кВт/ тыс. тонн
5. Керченский стеклотарный завод	6 видов продукции	тыс. тонн	0,215 тыс. тонн/сутки	1,617 тыс. кВт	7,35 тыс. кВт/ тыс. тонн

1. Стандарты:

$$\sigma_\alpha = \sqrt{\frac{1}{n} \sum n_h \cdot \alpha_h^2 - \bar{\alpha}^2} = 0,1675.;$$

$$\sigma\left(\frac{\omega}{P_y}\right) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum n_i \cdot \left(\frac{\omega}{P_y}\right)_i^2 - \left(\frac{\bar{\omega}}{P_y}\right)^2} = 1,4060.$$

2. Ковариация (cov):

$$\mu_{II} = \frac{1}{n} \sum n_{h,i} \cdot \alpha_h \cdot \left(\frac{\omega}{P_y}\right)_i - \bar{\alpha} \cdot \left(\frac{\bar{\omega}}{P_y}\right) = -0,1932.$$

3. Коэффициент корреляции:

$$r = \frac{\mu_{II}}{\sigma_\alpha \cdot \sigma\left(\frac{\omega}{P_y}\right)} = -0,82.$$

Коэффициент корреляции оценивается по соотношению:

$$|r| \sqrt{n-1} > 3;$$

$$0,82 \sqrt{259-1} = 13,17 > 3,$$

чем определяется его значимость и реальность существования связи (1).

4. Корреляционное отношение:

$$\eta = \frac{\sigma\left(\frac{\bar{\omega}}{P_y}\right)}{\sigma\left(\frac{\omega}{P_y}\right)} = 0,8367.$$

Так как $\eta > r$, то это указывает на наличие нелинейной связи вида (1), но требуется доказать, что это различие существенное (не случайное). Для этого определяем критерий:

$$T_\eta = \frac{(n-S)(\eta^2 - r^2)}{(S-2)(1-\eta^2)} = 3,77,$$

где S – число строчек корреляционной таблицы.

По таблице F – распределения [7] при 5% пределе и степеням свободы $K_1 = S - 2 = 8 - 2 = 6$; $K_2 = n - S = 259 - 8 = 251$ находим значение $T_{табл} = 2,74$.

Так как $T_{табл} < T_{\eta}$, то это указывает, что различие между η и r существенное и, следовательно, на наличие нелинейной связи между $\frac{\omega}{p_y}$ и α .

Далее с помощью метода наименьших квадратов [5] выводятся полиномы вида (2) вплоть до десятого порядка относительно переменной $x = \frac{1}{\alpha}$ и $x = \frac{1}{\sqrt{\alpha}}$.

Наименьшую среднеквадратичную погрешность (2,97%) по отношению к опытным данным имеет уравнение шестого порядка относительно переменной $x = \frac{1}{\sqrt{\alpha}}$ (2,97%). Оно и применяется для практического использования с целью нормирования электропотребления.

$$\left(\frac{\omega}{p_y}\right) = -48,9 + 83,9 \cdot \alpha^{-\frac{1}{2}} - 8,56 \cdot \alpha^{-1} - 23,4 \cdot \alpha^{-\frac{3}{2}} + 11,7 \cdot \alpha^{-\frac{5}{2}} + 8,8 \cdot \alpha^{-3}. \quad (6)$$

Умножая обе части уравнения (6) на α получим зависимость коэффициента использования установленной мощности электроприемников от относительной производительности α , т.е.:

$$24Ku = f(\alpha). \quad (7)$$

Умножая обе части уравнения (6) на p_y получим зависимость:

$$\omega = f(\alpha, p_y). \quad (8)$$

Графики, изображающие уравнения (6), (7), (8) представлены на рисунке 1 и рисунке

2.

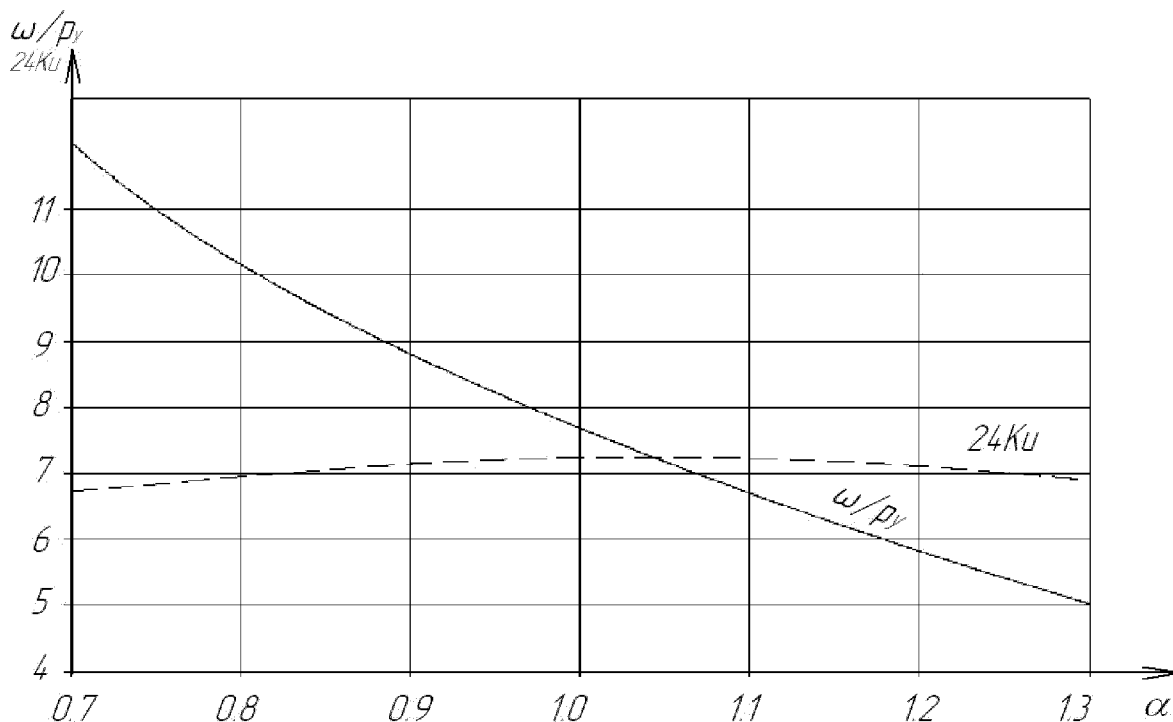


Рисунок 1 – Основная энергетическая характеристика и коэффициент использования установленной мощности группы предприятий

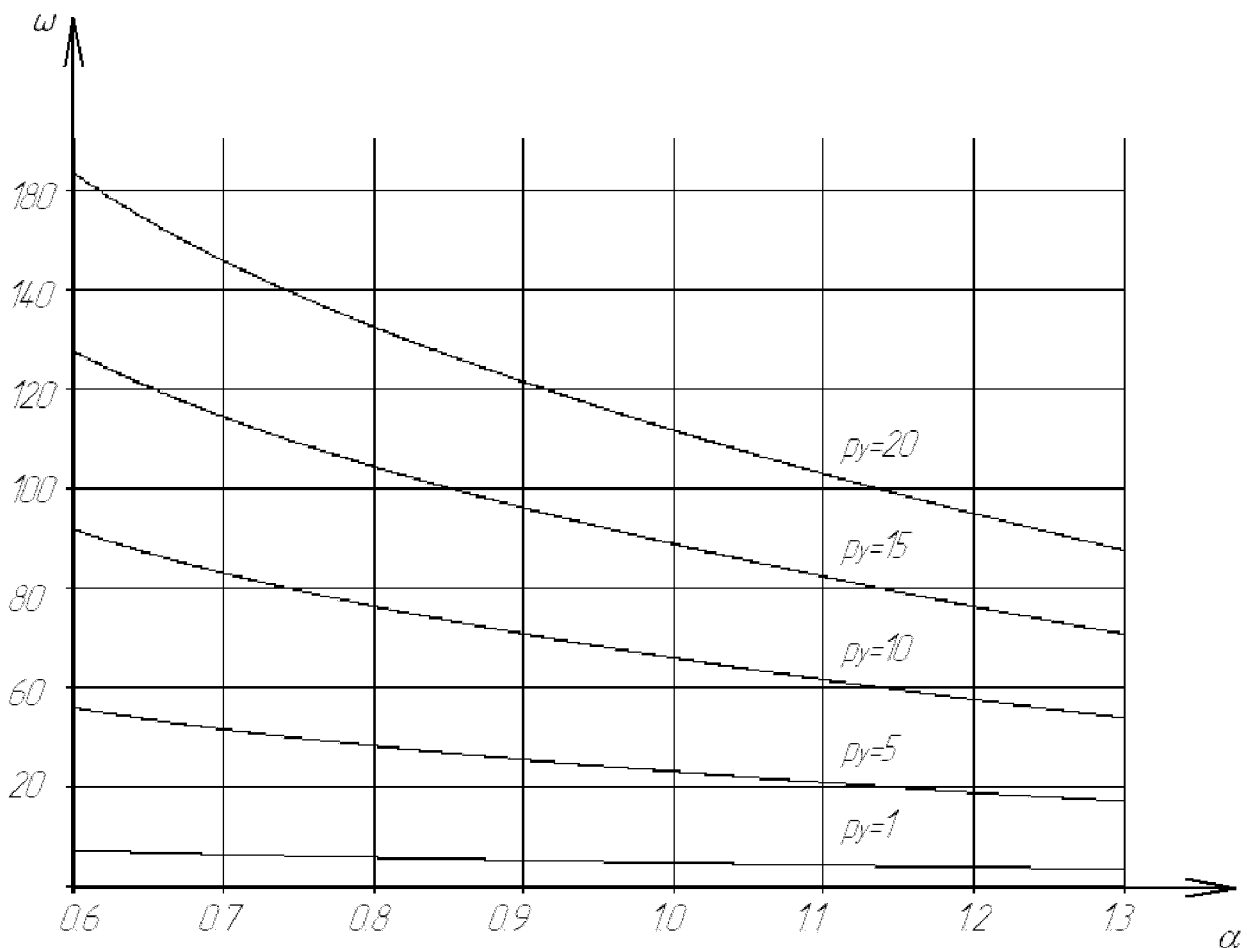


Рисунок 2 – Зависимость удельного расхода электроэнергии от относительной производительности и удельной установленной мощности предприятия

Выводы.

1. Доказаны значимости и реальность существования связи между основными электроэнергетическими показателями предприятий и выпускаемой продукцией.
2. Приведение номенклатуры выпускаемой продукции к одной условной натуральной единице дает возможность использовать энергетические характеристики для нормирования общих и удельных расходов электроэнергии предприятий с многономенклатурным производством.
3. Основная энергетическая характеристика, впервые предложенная проф. Авиловым- Карнауховым Б.Н., дает возможность исследовать режимы электропотребления большей группы однородных предприятий и выразить эту зависимость одним полиномом вида (2).
4. Выведенная здесь основная энергетическая характеристика с погрешностью, не превышающей 3%, может быть положена в основу практических расчетов по нормированию электропотребления указанных предприятий, а метод ее вывода использован для дальнейших исследований.
5. Показано, что энергетические характеристики являются некорректными стохастическими связями и предложен метод их решения.

Список литературы

1. Авилов- Карнаухов Б.Н. Электроэнергетические расчеты для угольных шахт. – М.: Недра, 1969.
2. Тихонов А.И., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач.– М.: Наука, 1979.
3. Ю.И. Казанцев, Ю.Б. Рей. Исследование электропотребления и электрических нагрузок в системе электроснабжения Ингульской шахты//Збірник наукових праць КНТУ, випуск 22, 2009.

4. Ю.И. Казанцев. Нормирование электропотребления и экономия электроэнергии в системе электроснабжения Кировоградского ремонтно-механического завода// Збірник наукових праць КНТУ, випуск 19, 2007.
5. Казанцев Ю.И. Основная энергетическая характеристика промышленных предприятий с массовым выпуском однородной продукции. Известия С.О.А.Н. СССР, № 3, 1970.
6. Соколов Г.А., Гладких И.М. Математическая статистика. - М.: Экзамен, 2007.

Ю.Казанцев, Г.Маклаков, В.Мануйлов

Основна енергетична характеристика групи підприємств з багатонаменклатурним виробництвом як некоректний стохастичний зв'язок

В статті показаний вивод основної енергетичної характеристики групи підприємств з багатонаменклатурним виробництвом, який є некоректним стохастичним зв'язком.

Yu. Kazantsev, G. Maklakov, F. Manuilov

The basic energy characteristic of enterprise group with the multiproduct manufacture as a false stochastic connection

The article suggests the conclusion of the basic energy characteristic of enterprise group with the multiproduct manufacture which is a false stochastic connection.

Одержано 20.01.10