

УДК [621.31+620.9]:691

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.:

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

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

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:

$$Y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_p x^p. \quad (2)$$

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

$a_0, a_1, a_2, \dots, a_p$ – 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:

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

$$\left(\frac{\bar{\omega}}{\bar{\delta}_o}\right) = \frac{1}{i} \sum i_s \cdot \left(\frac{\omega}{\delta_o}\right)_i = 6,486.$$

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:

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

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

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.

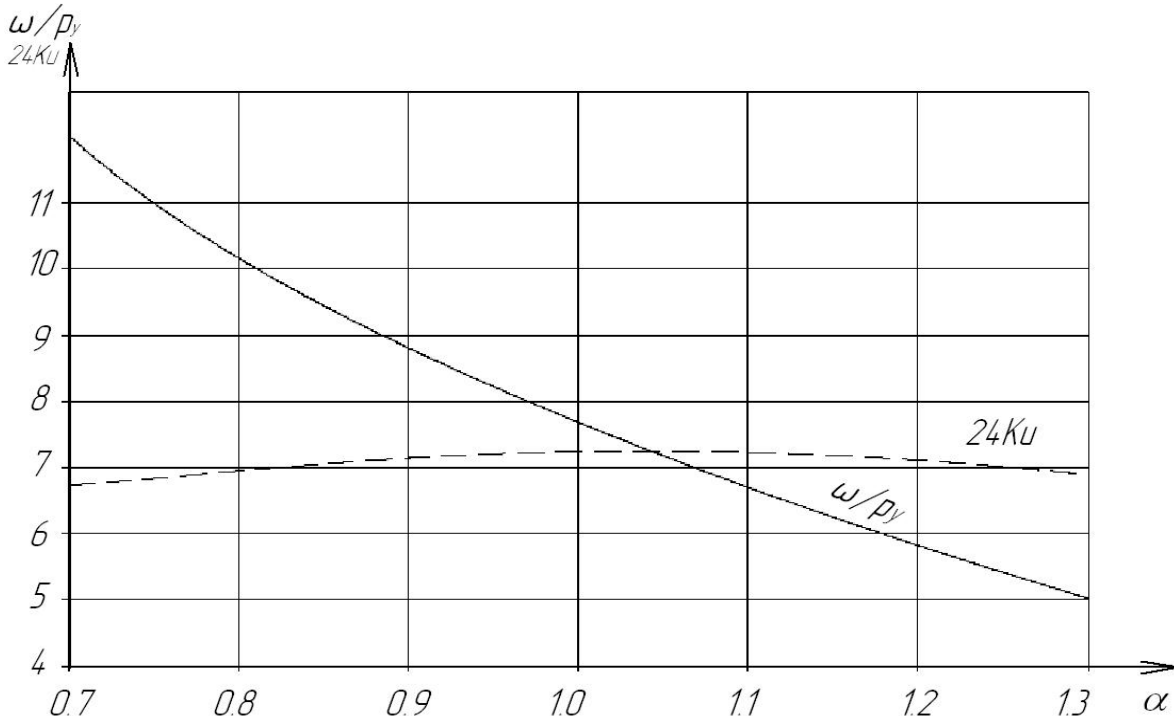


Рисунок 1 – Основная энергетическая характеристика и коэффициент использования установленной мощности группы предприятий

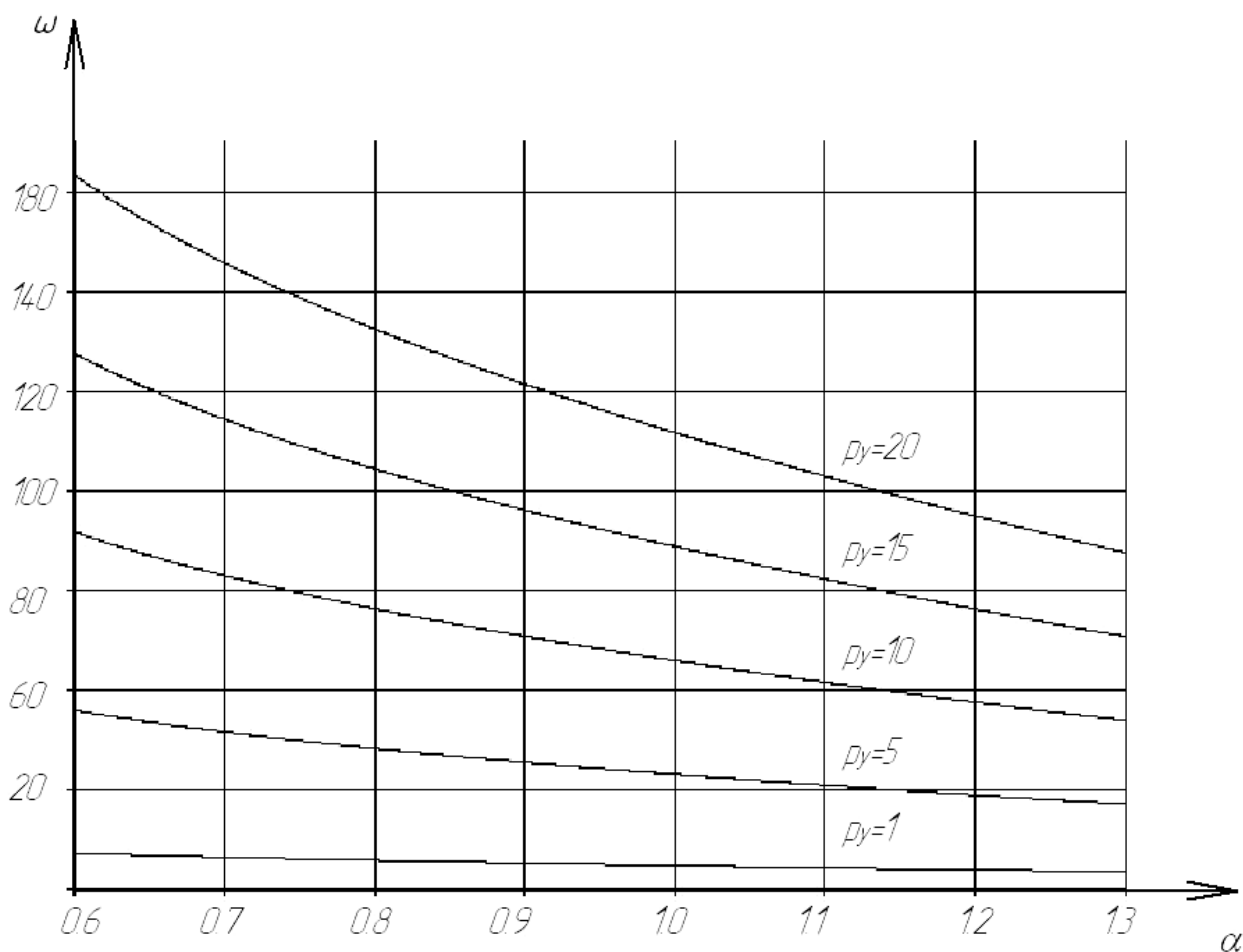


Рисунок 2 – Залежність удельного расхода електроенергії від відносної продуктивності та удельної встановленої потужності підприємства

Висновки.

1. Доведено значущість та реальність існування зв'язі між основними електроенергетичними показателями підприємств та випущеною продукцією.
2. Приведення номенклатури випущеної продукції до однієї умовної натуральної одиниці дає можливість використовувати енергетичні характеристики для нормування загальних та удельних витрат електроенергії підприємств з багатаноменклатурним виробництвом.
3. Основна енергетична характеристика, вперше запропонована проф. Авиловим-Карнауховим Б.Н., дає можливість дослідити режими електропотреблення більшої групи однорідних підприємств та виразити цю залежність одним поліномом виду (2).
4. Виведена тут основна енергетична характеристика з погрешністю, не перевищує 3%, може бути покладена в основу практичних розрахунків по нормуванню електропотреблення вказаних підприємств, а метод її виведення використано для подальших досліджень.
5. Показано, що енергетичні характеристики є некоректними стохастичними зв'язями та запропоновано метод їх розв'язання.

Список літератури

1. Авилов-Карнаухов Б.Н. Електроенергетичні розрахунки для вугільних шахт. – М.: Недра, 1969.
2. Тихонов А.И., Арсенин В.Я. Методи розв'язання некоректних 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. Mamuilov

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

УДК 631.365.22+621.317

Т.Ф. Шмельова, доц., канд. техн. наук

Державна льотна академія України

М.О.Калита, ас., І.О.Скриннік, ас., В.О.Шалімов, доц., канд. техн. наук

Кіровоградський національний технічний університет

Оцінювання висоти дисперсного матеріалу при неповних вимірюваннях вихідних сигналів зерносушильної установки (ЗСУ) з киплячим шаром

В статті вперше запропоновано методику визначення оцінки зміни висоти киплячого шару дисперсного матеріалу непрямим способом безпосередньо в камері сушіння та проаналізовано вплив співвідношень вихідних сигналів та завади системи вимірювання.

киплячий шар, спостерігач, система спостереження, матриця спектральних щільностей, дисперсія, середньоквадратичне відхилення

Вступ. Одним з перспективних напрямків сушки зернових культур є сушіння в киплячому шарі. Переваги такого методу наведені в [1]. Установа, в основу якої покладено принцип псевдозрідженого стану, зображена на рис 1. Вологий матеріал з бункера завантажування потрапляє безпосередньо в камеру сушіння. Під дією теплоносія, що подається знизу каскадів, дисперсний матеріал спочатку розрихлюється, збільшуючись в об'ємі, а потім набуває рухливості, переміщуючись з каскаду на каскад. Проведені