

# СТАТИСТИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ НОРМИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

**А. В. Дробов**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

**В. Н. Галушко**

*Учреждение образования «Белорусский государственный  
университет транспорта», г. Гомель*

Научный руководитель А. Г. Ус

С целью выявления значимых отклонений в удельном расходе электроэнергии реализован для пользователя программный статистический инструментарий. Данный инструментарий основывается на аналитических записках по энергетическому обследованию предприятий и включает разнообразные статистические процедуры. В качестве примера в статье приведен фрагмент анализа энергетического обследования Республиканского унитарного предприятия «Гомельский завод литья и нормалей».

Для исследуемых цехов получены интервальные оценки среднего значения и средне квадратичного отклонения исследуемой величины с доверительной вероятностью  $p = 0,95$  (в табл. 1 приведен пример расчета для цеха ЭМЦ), с помощью которых можно сравнить нормируемые параметры с полученными по фактическим данным. Данное сравнение позволяет выявить на первом этапе значимые отклонения от нормы среднего потребления электроэнергии с учетом разброса значений, вызванного влиянием случайных факторов.

*Таблица 1*

**Удельный фактический расход электроэнергии ЭМЦ ЛП, тыс. кВт · ч**

337,7	271,5	305,5	353,8	304,1	236,7	231,6	154	300,6
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-----	-------

Выборочное среднее:

$$\widehat{M}[X] = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = 277,28. \quad (1)$$

$$\text{Оценка среднего квадратического отклонения } \widehat{\sigma}[X] = \sqrt{\widehat{D}[X]} = 61,78. \quad (2)$$

Объем выборки составил  $n = 9$ . Применяем формулу

$$\left\{ \bar{x} - t_{(\alpha/2; n-1)} \frac{\widehat{\sigma}}{\sqrt{n-1}} < \widehat{M}[X] < \bar{x} + t_{(\alpha/2; n-1)} \frac{\widehat{\sigma}}{\sqrt{n-1}} \right\}, \quad (3)$$

где  $n = 9$ ,  $\alpha = 0,05$  значение  $t_{(\alpha/2; n-1)}$  определяем по таблицам распределения Стьюдента. Подставив значения в формулу, получим:

$$\left\{ 277,28 - 2,306 \frac{61,78}{\sqrt{9-1}} < \widehat{M}[X] < 277,28 + 2,306 \frac{61,78}{\sqrt{9-1}} \right\}.$$

Таким образом, с вероятностью  $p = 0,95$  можно гарантировать, что среднее находится в пределах:  $\{226,9 < \widehat{M}[X] < 327,6\}$ .

На втором этапе расчета выполняется одномерный и множественный корреляционный и регрессионный анализ в программном продукте Statistica или STATGRAPHICS [1] с целью прогнозирования, проверки результатов, выявления значимо влияющих факторов с помощью полученных уравнений зависимости (табл. 2 и 3, рис. 1, 2).

Таблица 2

**Данные о потреблении электроэнергии автоматным цехом для одномерного регрессионного и корреляционного анализа**

Наименование цеха: АЦ	
Объем производства, тыс. р.	Потребление электроэнергии, тыс. кВт · ч
26357,0	167,80
26210,0	206,20
29841,0	172,20
27883,0	140,20
28761,0	139,10

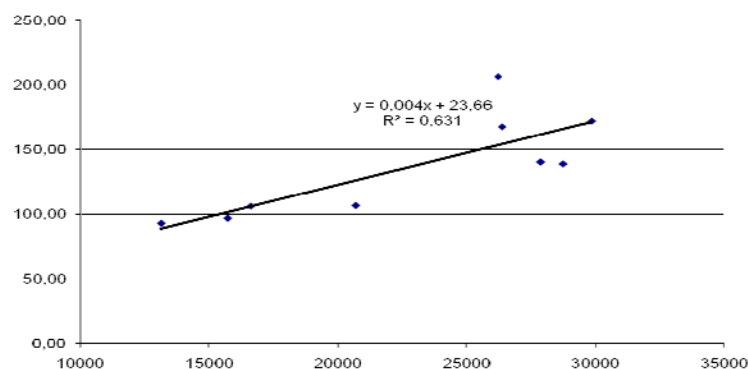


Рис. 1. Пример результатов линейного регрессионного анализа (Excel)

В итоге полученное уравнение гиперболической регрессионной зависимости количества продукции и потребления электроэнергии, тыс. кВт·ч имеет вид  $Y = 23,66 + 0,004X$ . Коэффициент корреляции составил 0,631.

Таблица 3

Исходные данные для множественного регрессионного анализа

Цех	Количество оборудования, ед.	Объем производства, тыс. р.	Трудоемкость производственной программы, н/ч	Время работы оборудования в течение года, н/ч	Средне-месячная зарплата, тыс. р.	Потребление электроэнергии, тыс. кВт·ч
Цех № 1 ЦПС	160	103159150,8	312897,6	292853	5506,3	1603,59
Цех № 2 СБЦ-5	104	67053448,6	255954,0	255850	5202,1	741,9
Цех № 3 ЭкСЦ-5	63	72999133,2	299416,0	299403	5307,4	261,2

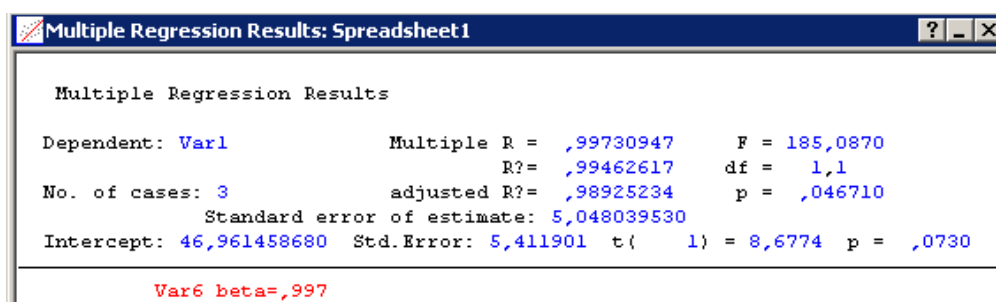


Рис. 2. Окно оценивания параметров в примере (Statistica)

В окне оценивания параметров (рис. 2) содержатся краткие сведения о результатах анализа. А именно:

Dep. Var. (имя зависимой переменной). В данном случае – Var 6 (W), No. of Cases (число случаев, по которым построена регрессия) в примере это число равно 3, Multiple R = 0,9973 (коэффициент множественной корреляции), R<sup>2</sup> (квадрат коэффициента множественной корреляции), обычно называемый коэффициентом детерминации.

Оцененная модель потребления электроэнергии в Statistica имеет вид:

$$Z = 46,96 + 0,0714 \cdot X_1 - 0,1487 \cdot X_2 - 0,07929 \cdot X_3 - 0,0733 \cdot X_4 - 0,1126 \cdot X_5.$$

С помощью STATGRAPHICS пример уравнения регрессии потребления электроэнергии приняло вид

$$W = 1885,22 + 0,0000526739 \cdot X_{\text{объем произв}} - 0,0182661 \cdot X_{\text{время раб. оборуд.}}$$

С помощью процедуры пошагового регрессионного анализа подбирается наилучшее уравнение регрессии потребления электроэнергии, сравнение нескольких альтернативных моделей регрессии реализовано с помощью приведенных значений

коэффициентов детерминации (например, в приведенном случае наиболее значимо влияющим факторов являлось значение постоянного параметра).

На третьем этапе расчета анализ фактических отчетных данных об объемах производства и соответствующих им удельных расходах электроэнергии позволяет получить параметры криволинейного уравнения регрессии (как правило используется экспоненциальная зависимость), описывающего изменение постоянной и переменной составляющих в зависимости от объемов производимой продукции исследуемого производственного подразделения [1].

В результате можно формировать наиболее объективную зависимость удельного расхода электроэнергии от объема производства для нормирования электропотребления, в некоторых случаях выявлять подтасовки или ошибки в отчетных данных, обнаруживать ошибки в работе счетчиков.

#### Л и т е р а т у р а

1. Боровиков, В. П. Популярное введение в программу STATISTICA / В. П. Боровиков. – М. : КомпьютерПресс, 1998. – 69 с.