

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ АНАЛИЗА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЛОЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ СИСТЕМЫ

Э. В. Лапшин, А. М. Корнеев, Т. В. Мирошникова

Острая конкуренция производителей на рынке металла на фоне увеличения объемов производства и расширения ассортимента продукции требует от руководителей предприятий использования современных методов оценки затрат.

Существующая методика определения затрат, основанная на учете стоимости среднестатистического вида продукции и распределении всей суммы затрат с помощью коэффициентов трудности по группам марок сталей, не дает возможности выявить действительные издержки на производство отдельного вида продукции. Поэтому необходима комплексная оценка влияния основных технологических параметров на расход ресурсов. С этой целью необходимо получить матрицу затрат (размера $(K \times R)$) [1]:

$$Z_{\Sigma} = \begin{bmatrix} Z_1^{x_1} Z_2^{x_1} \dots Z_R^{x_1} \\ Z_1^{x_2} Z_2^{x_2} \dots Z_R^{x_2} \\ \dots \dots \dots \\ Z_1^{x_k} Z_2^{x_k} \dots Z_R^{x_k} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где Z_{Σ} – прогнозируемая матрица суммарных затрат как функция технологических параметров; $Z_i^{x_j}$, $i = 1, \dots, R$; $j = 1, \dots, K$ – прогноз i -й статьи затрат по X_j -му технологическому фактору.

Для нее будет сформирована обобщенная матрица коэффициентов пропорциональности K_{Σ} :

$$K_{\Sigma} = \begin{bmatrix} K_{x_1}^{Z_1} K_{x_1}^{Z_2} \dots K_{x_1}^{Z_R} \\ \dots \dots \dots \\ K_{x_k}^{Z_1} K_{x_k}^{Z_2} \dots K_{x_k}^{Z_R} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где K_{Σ} – обобщенная матрица коэффициентов пропорциональности; $K_{x_k}^{Z_i}$, $i = 1, \dots, R$; $j = 1, \dots, K$ – коэффициент пропорциональности, учитывающий количество единиц i -го элемента затрат, приходящихся на единицу технологической величины x_k [2].

Необходимо сформировать матрицу средних значений технологических параметров для всех видов продукции X (размером $(n \times k)$):

$$X_{\Sigma} = \begin{bmatrix} X_1^1 & X_1^2 & \dots & X_1^k \\ X_2^1 & X_2^2 & \dots & X_2^k \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ X_n^1 & X_n^2 & \dots & X_n^k \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Здесь X_i^j – среднее значение j -го технологического параметра для i -го вида продукции; k – число используемых технологических параметров.

В итоге, имея матрицы объемов производства M , матрицу основных технологических параметров для всех видов продукции X_{Σ} , можно определить суммарный расход технологических параметров и выразить его с помощью системы уравнений (ссылка на статью)

$$diag(MX_{\Sigma}) \cdot K_{\Sigma} = Z_{\Sigma}. \quad (4)$$

Полученная система уравнений позволяет прогнозировать расход ресурсов в зависимости от основных технологических параметров [3].

С помощью данной системы уравнений можно оценивать возможные затраты как функцию основных технологических параметров. Матрица K_{Σ} вновь формируется на основе базовой информации о производстве и затратах. Получив обобщенную матрицу коэффициентов пропорциональности, можно прогнозировать расход ресурсов в зависимости от основных технологических параметров. При этом можно на новых данных вновь сформировать матрицу K_{Σ} и сравнить с исходной. Проводимая итерация позволяет получить динамику изменения коэффициентов пропорциональности и описать ее с помощью модели временных рядов.

Кроме того, получая матрицу Z_{Σ} , необходимо оценить влияние параметров на элементы затрат, что позволит сократить матрицы используемых технологических величин, и построить зависимость вида [4]

$$z_i = f(z_i^{x_1}, \dots, z_i^{x_k}), i = 1, \dots, R. \quad (5)$$

По полученным таблицам прогноза можно оценить влияние различных параметров технологического процесса на изменение затрат.

Получив обобщенную матрицу коэффициентов пропорциональности K_{Σ} по каждому из исследуемых периодов, можно осуществить прогноз расхода ресурсов на другие периоды по всем коэффициентам K_{Σ} .

Например, используя матрицу коэффициентов пропорциональности за базовый период $K_{\Sigma \text{ баз}}$ и суммарный расход технологических параметров за исследуемый период $diag(MX_{\Sigma})_{\text{исслед}}$, можно спрогнозировать расход ресурсов в текущем периоде по базовым коэффициентам

$$Z_{\Sigma(\text{исслед/баз})} = diag(MX_{\Sigma})_{\text{исслед}} \cdot K_{\Sigma \text{ баз}}, \quad (6)$$

где $Z_{\Sigma(\text{исслед/баз})}$ – матрица суммарных затрат за исследуемый месяц по базовому; $diag(MX_{\Sigma})_{\text{исслед}}$ – диагональная матрица за исследуемый период; $K_{\Sigma \text{ баз}}$ – матрица коэффициентов по базовому месяцу.

Аналогично получаем матрицы прогнозов на все i -е исследуемые месяцы по коэффициентам пропорциональности базовых j -х месяцев [5]:

$$Z_{\Sigma(I,J)} = diag(MX_{\Sigma})_{(I)} \cdot K_{\Sigma(J)}. \quad (7)$$

Если исследуется 12 месяцев, то итоговая матрица прогнозов будет содержать [12 (количество матриц $K_{\Sigma(J)}$)] · [11 (количество прогнозируемых месяцев), т.е. $diag(MX_{\Sigma})_{(I)}$] = [132 строки].

Итоговая таблица для каждого элемента затрат имеет следующий вид (табл. 1).

Таблица 1

Модель исследования влияния технологических параметров на расход ресурсов

Прогнозы затрат по периодам	Технологические параметры					Фактический расход ресурсов $Z_{R(I)}$
	X_1	X_2	X_3	...	X_k	
Прогноз на первый период по второму периоду						$Z_{R(1)}$
Прогноз на первый период по третьему периоду		$Z_{R(I,J)}^{X_k}$				$Z_{R(2)}$
...						
Прогноз на двенадцатый период по одиннадцатому периоду						$Z_{R(12)}$

П р и м е ч а н и е: X_k – k -й технологический параметр; $Z_{R(I,J)}^{X_k}$ – величина прогноза на J -й период расхода ресурса R по данным I -го периода по X_k параметру.

С помощью табл. 1 можно построить модель зависимости фактического расхода ресурсов от прогнозируемых значений технологических параметров

$$Z_i = b_0 + \sum_{j=1}^K b_j Z_{i(I,J)}^{X_j}, i = 1, \dots, R. \quad (8)$$

Так как значения фактических и прогнозируемых расходов ресурсов соизмеримы по величине, то коэффициенты b_j позволяют судить о влиянии прогнозируемого значения элемента затрат по соответствующему технологическому параметру на реальное значение исследуемого ресурса. По табл. 1 можно построить корреляционную матрицу, позволяющую также оценить эффективность использования отдельных параметров для прогноза затрат.

Корреляционный и регрессионный анализ можно использовать для оценки влияния параметров без получения прогнозов $Z_i^{X_j}$. В этом случае можно оценить влияние суммарного расхода каждого технологического параметра $\sum_n MX_k$ на элементы затрат. Формируется табл. 2.

Таблица 2

Суммарный расход технологических параметров и элементы затрат

Суммарный расход технологических параметров $\sum_{i=1}^n MX_k$				Элементы затрат		
Исследуемые месяцы	Технологические параметры			$Z_{i(I)}$		$Z_{R(I)}$
	X_1		X_k			
январь						
февраль						
.....	$\sum_{i=1}^n MX_k$				$Z_{R(I)}$	
.....						
ноябрь						
декабрь						

По полученным данным из таблицы можно построить корреляционную матрицу и модели прогноза расхода ресурсов от «суммарного расхода» технологических параметров

$$Z = c_0 + \sum_{j=1}^k c_j \cdot \sum_{i=1}^n m_i x_i^k, i = 1, \dots, R, \quad (9)$$

где x_i^k – нормированное значение k -го технологического параметра для i -го типоразмера; m_i – суммарная масса i -го типоразмера.

Рассмотрим пример влияния технологических параметров на расход электроэнергии. В качестве входных величин рассмотрены прогнозируемые значения энергозатрат, полученные на основе параметров: масса сляба X_1 , температура полосы за пятой клетью X_2 , температура конца прокатки X_3 , температура смотки X_4 , содержание углерода в стали X_5 , содержание марганца в стали X_6 , суммарное относительное обжатие X_7 , относительное обжатие в черновой группе клеток X_8 , содержание серы в стали X_9 , содержание никеля в стали X_{10} , относительное обжатие в чистовой группе клеток X_{11} , содержание алюминия в стали X_{12} , время нагрева сляба X_{13} .

Линейная модель расхода электроэнергии имеет вид

$$Y = 73,663 - 1,088Z_{X_1} + 10,174Z_{X_2} - 3,050Z_{X_3} - 1,515Z_{X_4} - 0,714Z_{X_5} - 0,317Z_{X_6} - 0,715Z_{X_7} - 0,311Z_{X_8} + 0,511Z_{X_9} - 1,274Z_{X_{10}} - 0,002Z_{X_{11}} + 0,051Z_{X_{12}} + 0,250Z_{X_{13}}.$$

Значения коэффициентов модели зависимости расхода электроэнергии, выражаемой в стоимостном выражении, от исследуемых технологических параметров приведены на рис. 1.

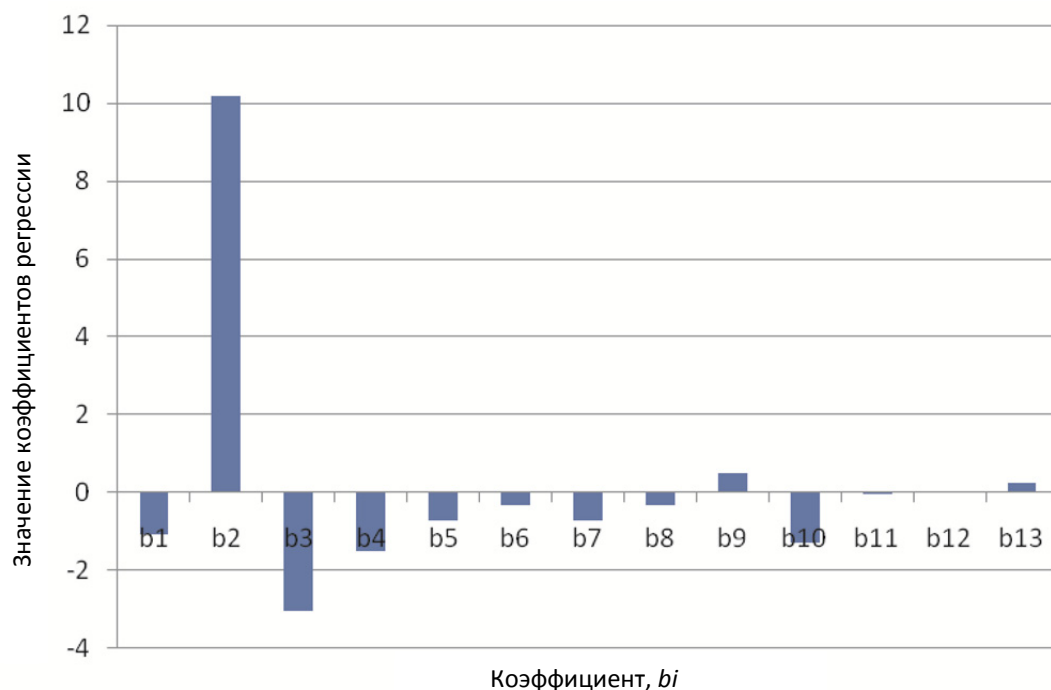


Рис. 1. Значения коэффициентов модели зависимости расхода электроэнергии от исследуемых технологических величин

Так как прогнозируемые значения электроэнергии, полученные на основе параметров, и фактический расход электроэнергии являются соизмеримыми величинами, то величина коэффициентов модели может указывать на степень влияния параметров на выход. По данной модели можно сделать вывод о значительном влиянии на расход электроэнергии температуры сляба за пятой клетью, температуры конца прокатки и смотки, массы рулона.

Анализ влияния технологических параметров на затраты можно проводить с помощью дисперсионного анализа. Для оценки влияния технологических параметров на затраты проведен дисперсионный анализ для каждого сочетания параметров. В каждой паре параметр, имеющий большее значение коэффициента Фишера, получал единицу. В итоге по количеству единиц можно судить о наиболее важных технологических параметрах.

Результаты влияния технологических параметров на расход электроэнергии с помощью однофакторного дисперсионного анализа приведены в табл. 3.

Таблица 3

Оценка влияния технологических параметров на расход электроэнергии

Номер параметра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Название параметра	Вес	T5	T12	Tсм	C	Mn	E1	E2	S	Ni	E3	Al	Время
	1>2												
	1<3	2<3											
	1>4	2>4	3>4										
	1>5	2>5	3>5	4>5									
	1>6	2>6	3>6	4>6	5<6								
	1>7	2>7	3>7	4>7	5<7	6<7							
	1>8	2>8	3>8	4>8	5<8	6<8	7<8						
	1>9	2>9	3>9	4>9	5>9	6>9	7>9	8>9					
	1>10	2>10	3>10	4>10	5>10	6>10	7>10	8>10	9<10				
	1>11	2>11	3>11	4>11	5>11	6>11	7>11	8>11	9>11	10>11			
	1>12	2>12	3>12	4>12	5>12	6>12	7>12	8>12	9>12	10>12	11<12		
	1>13	2>13	3>13	4>13	5>13	6>13	7>13	8>13	9<13	10>13	11<13	12<13	

Сводные результаты влияния технологических параметров на расход электроэнергии с помощью однофакторного дисперсионного анализа приведены в виде гистограммы (рис. 2).



Рис. 2. Суммарное количество преимуществ технологических параметров при анализе расхода электроэнергии

Исследования с помощью дисперсионного и регрессионного анализов позволяют выявить технологические параметры, оказывающие существенное влияние на расход ресурсов.

Представленные примеры демонстрируют схожесть результатов, полученных разными способами. Рассмотренные подходы образуют систему математических моделей анализа экономических показателей производства.

Список литературы

1. Корнеев, А. М. Методика расчета затрат с учетом влияния технологических факторов / А. М. Корнеев, Т. В. Мирошникова // Системы управления и информационные технологии. – 2007. – № 4.2(30). – С. 251–255.
2. Корнеев, А. М. Методы идентификации сквозной технологии производства металлопродукции : моногр. / А. М. Корнеев. – Липецк : ЛГПУ, 2009. – 286 с.
3. Михеев, М. Ю. Интеллектуальная геоинформационная система мониторинга и контроля состояний пространственно распределенных технически сложных объектов / М. Ю. Михеев, И. Ю. Семочкина // Надежность и качество сложных систем. – 2013. – № 3. – С. 48–51.
4. Семенов, С. С. Основные положения системного анализа при оценке технического уровня сложных систем с применением экспертного метода / С. С. Семенов // Надежность и качество сложных систем. – 2013. – № 4. – С. 45–53.
5. Маркелов, В. В. Системный анализ процесса управления качеством изделий электронной техники / В. В. Маркелов, А. И. Власов, Э. Н. Камышная // Надежность и качество сложных систем. – 2014. – № 1 (5). – С. 35–42.

Лапшин Эдуард Владимирович

доктор технических наук, профессор,
кафедра конструирования
и производства радиоаппаратуры,
Пензенский государственный университет
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: elapshin@mail.ru

Корнеев Андрей Мстиславович

кандидат технических наук, доцент
кафедра автоматизированных систем управления,
Липецкий государственный
технический университет
(398600, Россия, г. Липецк, ул. Московская, 30)
E-mail: weenrok@mail.ru

Lapshin Edward Vladimirovich

doctor of technical sciences, professor,
sub-department of radio equipment
design and production,
Penza State University
(440026, 40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Korneev Andrey Mastislavovich

candidate of technical sciences, associate professor,
sub-department of automated control systems,
Lipetsk State Technical University
(398600, 30 Moskovskaya street, Lipetsk, Russia)

Мирошникова Тамара Владимировна

кандидат технических наук, доцент,
кафедра прикладной математики
и информационных технологий,
Липецкий государственный
педагогический университет
имени П. П. Семёнова-Тянь-Шанского
(398020, Россия, г. Липецк, ул. Ленина, 42)
E-mail: tomik_art@mail.ru

Аннотация. Существующая методика определения затрат, основанная на учете стоимости среднестатистического вида продукции и распределении всей суммы затрат с помощью коэффициентов трудности по группам марок сталей, не дает возможности выявить действительные издержки на производство отдельного вида продукции. Поэтому необходима комплексная оценка влияния основных технологических параметров на расход ресурсов. Имея матрицы объемов производства M , матрицу основных технологических параметров для всех видов продукции X_{Σ} , можно определить суммарный расход технологических параметров и выразить его с помощью системы уравнений. Полученная система уравнений позволяет прогнозировать расход ресурсов в зависимости от основных технологических параметров. С помощью данной системы уравнений можно оценивать возможные затраты как функцию основных технологических параметров. Матрица K_{Σ} вновь формируется на основе базовой информации о производстве и затратах. Получив обобщенную матрицу коэффициентов пропорциональности, можно прогнозировать расход ресурсов в зависимости от основных технологических параметров. При этом можно на новых данных вновь сформировать матрицу K_{Σ} и сравнить с исходной. Проводимая итерация позволяет получить динамику изменения коэффициентов пропорциональности и описать ее с помощью модели временных рядов. Исследования с помощью дисперсионного и регрессионного анализов позволяют выявить технологические параметры, оказывающие существенное влияние на расход ресурсов. Представленные примеры демонстрируют схожесть результатов, полученных разными способами. Рассмотренные подходы образуют систему математических моделей анализа экономических показателей производства.

Ключевые слова: математические модели, регрессионный анализ, дисперсионный анализ.

УДК 338.512.669.14

Лапшин, Э. В.

Разработка моделей анализа экономических показателей сложной промышленной системы / Э. В. Лапшин, А. М. Корнеев, Т. В. Мирошникова // Надежность и качество сложных систем. – 2016. – № 3 (15). – С. 22–27. DOI 10.21685/2307-4205-2016-3-4.

Miroshnikova Tamara Vladimirovna

candidate of technical sciences, associate professor,
sub-department of applied mathematics
and information technology,
Lipetsk State Pedagogical University
named after P. P. Semenov-Tyan-Shanskiy
(398020, 42 Lenin street, Lipetsk, Russia)

Abstract. The current method of determining costs based on average product cost accounting and allocation of the full amount of the cost by using the coefficients of the difficulties for groups grades makes it impossible to identify the actual costs for the production of a single product. Therefore, an integrated assessment of the impact of the basic technological parameters on resource consumption. Having matrix production volumes (M), matrix of main technological parameters for all types of products X_{Σ} , you can determine the total consumption of technological parameters and express it through a system of equations. The resulting system of equations to predict resource consumption depending on the basic technological parameters. With the help of this system of equations you can evaluate the possible costs as a function of the basic technological parameters. Matrix (K) $_{\Sigma}$ is once again is based on basic information on production and costs. Having obtained the generalized matrix coefficients of proportionality, it is possible to predict resource consumption depending on the basic technological parameters. You can on new data matrix ΣK again and compare with the original. Ongoing iteration allows you to get dynamic changes and describe its proportionality coefficients using a time series model. Research using dispersion and regression analyses to identify technological parameters, having a significant impact on the consumption of resources. Presented examples demonstrate the similarity of the results obtained in different ways. Reviewed approaches form a system of mathematical models for the analysis of economic indicators of production.

Key words: mathematical models, the regressive analysis, the dispersive analysis.