

УДК 519.8:658.512

Е. Н. Павлюк, О. А. Криводубский

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Донецкий национальный технический университет»  
83001, г. Донецк, ул. Артема, 58

## РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТАКТИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТРОЙМАРКЕТА

E. N. Pavlyuk, O. A. Krivodubsky

State Educational Institution of Higher Professional Education «Donetsk National Technical University»  
83001, Donetsk, st. Artema, 58

## DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF TACTICAL FORECAST OF CONSTRUCTION MARKET ACTIVITIES

О. Н. Павлюк, О. А. Криводубський

Державний навчальний заклад вищої професійної освіти  
«Донецький національний технічний університет»  
83001, м. Донецьк, вул. Артема, 58

## РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТАКТИЧНОГО ПРОГНОЗУ ДІЯЛЬНОСТІ БУДМАРКЕТУ

В статье рассматривается создание математической модели как инструментария системы принятия тактических решений сопровождаемой продукции строймаркетом, где рассматриваются различные объективные и субъективные факторы, определяющие торгово-закупочную деятельность предприятия.

**Ключевые слова:** строймаркет, математическая модель, торгово-закупочная деятельность.

The article discusses the creation of a mathematical model as a toolkit for the tactical decision-making system of accompanied products by the construction market, which considers various objective and subjective factors that determine the trading and purchasing activities of an enterprise.

**Key words:** building market, mathematical model, trade-purchasing activity.

У статті розглядається створення математичної моделі як інструментарію системи прийняття тактичних рішень продукції, що супроводжується будмаркетом, де розглядаються різні об'єктивні та суб'єктивні фактори, що визначають торговельно-закупівельну діяльність підприємства.

**Ключові слова:** будмаркет, математична модель, торговельно-закупівельна діяльність.

В современных условиях дефицита оборотных средств предприятия различного вида, сопровождающегося случайным характером спроса на реализуемую продукцию, существенную роль играет принятие решений по закупке и реализации продукции на плановый период месяц. Это определяется тем, что количество закупаемых и реализуемых товаров должны быть сбалансированными до минимального уровня нереализованной продукции. Такая постановка вопроса является актуальной, поскольку при отсутствии сбалансированности предприятия вынуждены сокращать цены и соответственно доходы на нереализованную продукцию на последующие плановые периоды, уменьшая цену реализации ниже закупочной, проводя аукционную политику.

В основе алгоритма принятия тактических решений лежит случайный характер движения товаров через строймаркет. Это обуславливает применение статистического аппарата, на базе которого разрабатывается совокупность регрессионных полиномов, характеризующих количественные и ценовые показатели закупаемой продукции. Такая совокупность полиномов характеризует математическую модель прогноза перечисленных показателей тактической деятельности строймаркета, так как коэффициенты полиномов учитывают случайный характер, изменения рыночных соотношений, базируясь на статистическом материале, сформированном из показателей предыдущей деятельности строймаркета.

Взаимное влияние показателей, характеризующих количественную и ценовую составляющие деятельности строймаркета за каждый месяц, является существенной характеристикой торгово-закупочной деятельности, поэтому прогноз деятельности строймаркета осуществляется с помощью линейных статистических моделей, созданных с помощью методов прикладного регрессионного анализа. Эти модели позволяют отделам строймаркета принимать решения с точностью прогноза определяемой адекватностью моделей.

Для создания математической модели проведена классификация переменных на входные и выходные составляющие, для каждого из которых сформированы статистические выборки их значений за предыдущие периоды. Осуществлена постановка задачи математического моделирования и определены виды уравнений, характеризующих количественные и стоимостные значения каждой группы товаров относительно общего значения выходных показателей. Статистическая совокупность значений входных и выходных показателей является основой для создания информационных матриц, характеризующих соотношение численных значений выходных переменных и соответствующих им значений входных переменных.

Создание математической модели включает в себя совокупность процедур, подчиненных основам математической статистики, и содержит дисперсионный, корреляционный и регрессионный анализ.

Дисперсионный анализ позволяет оценивать среднестатистический разброс показателей статистического материала, сформированного по совокупности движения товаров за предыдущие периоды, их вариацию, граничные размеры интервалов изменения количественных показателей, наибольшее и наименьшее значение каждого показателя статистических выборок.

Корреляционный анализ предназначен для определения взаимного влияния показателей друг на друга и, соответственно, определения нелинейности будущих членов регрессионного полинома.

Регрессионный анализ подчиняется алгоритму:

$$B = (\bar{U}^T \cdot \bar{U})^{-1} \cdot \bar{U}^T \cdot \bar{y}, \quad (1)$$

где  $B$  – вектор параметров модели;  
 $\bar{U}$  – информационная матрица статистических данных, характеризующая деятельность строймаркета;  
 $\bar{U}^T$  – транспонированная информационная матрица;  
 $\bar{y}$  – вектор значений выходной переменной.

$$B = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{pmatrix} . \quad (2)$$

Для полинома вида каждого  $B$  рассчитываются коэффициенты значимости  $t_j$  фактора, характеризующие степень влияния входных переменных на выходной. Значимость подчиняется условию  $|t_j| \geq 1,96$ . Коэффициент значимости позволяет оценить силу влияния каждого фактора  $x$  на выходную переменную  $y$  и направление влияния, в зависимости от его знака.

В качестве выходных  $\bar{y}$  переменных приняты обобщенные показатели видов продукции как по группам товаров, так и по их совокупности.

В качестве входных показателей приняты количественные оценки, характеризующие каждый товар группы. В соответствии с этим расчеты, осуществляемые в комплексе регрессионного анализа, включают в себя определение численных значений параметров (коэффициентов) модели вида (1).

Регрессионные модели-полиномы представлены в виде (2).

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n = b_0 + \sum_{i=1}^n b_ix_i , \quad (3)$$

где  $b$  – вектор параметров.

$n$  – номер фактора.

Факторы модели, не удовлетворяющие этому условию, исключаются из состава полинома на последующих шагах регрессионной процедуры. В связи с тем, что информационная матрица  $\bar{U}$  формируется за счет статистических показателей движения товаров за месяц из двух с половиной предыдущих лет, программой предусмотрена статистическая оценка адекватности модели по (обучающей) выборке, представленной в виде матрицы  $\bar{U}$ . Адекватность оценивается по четырем статистическим оценкам, основной из которых является остаточная дисперсия, масштабированная  $S_{1z}^2$ , характеризующая погрешность прогноза по модели. Эта оценка подчинена условию  $S_{1z}^2 \rightarrow 0$ . В соответствии с перечисленными особенностями программного обеспечения представлена группа уравнений математической модели, предназначенной для прогноза движения товаров, реализуемых строймаркетом за месяц.

Проведен анализ характеристик объекта управления, выделены показатели, которые в дальнейшем рассматриваются как совокупность входных и выходных переменных моделей. Выделены три основные группы товаров и их обозначения, как входных и выходных переменных моделей, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Группы товаров

№ п/п	Наименование групп товаров	Группы	входные переменные	выходные переменные	Количество	Доход
1.	Сантехника	$\Gamma_1$	$x^1$	$y^1$	$z_{11}$	$z_{21}$
2.	Краски	$\Gamma_2$	$x^2$	$y^2$	$z_{12}$	$z_{22}$
3.	Строительные смеси	$\Gamma_3$	$x^3$	$y^3$	$z_{13}$	$z_{23}$

Для каждой группы товаров ( $\Gamma$ ), в зависимости от ее наполнения, выделены подгруппы товаров ( $\Pi\Gamma$ ), которые можно записать в выражении:

$$\Gamma = \bigcup_1^3 \Pi\Gamma_i \quad (4)$$

Наименование подгрупп товаров, показатели количества и дохода приведены в табл. 2, 6, 10.

Таблица 2 – Наименование подгрупп товаров в группе товаров «Сантехника»

№ п/п	Наименование подгрупп товаров	Подгруппа	Количество	Доход
1.	Ванны	$\Pi\Gamma_1$	$y_1^1$	$y_2^1$
2.	Душевые кабины и боксы	$\Pi\Gamma_2$	$y_3^1$	$y_4^1$
3.	Душевые системы	$\Pi\Gamma_3$	$y_5^1$	$y_6^1$

Подгруппы товаров, приведенные в табл. 2, содержат в себе ассортимент товаров, который представлен в табл. 3, 4, 5.

Модель второй подгруппы ( $\Pi\Gamma_1$ ) подчинена совокупности товаров, приведенных в табл. 3.

Таблица 3 – Наименование товаров в подгруппе «Ванны»

№ п/п	Наименование товаров в подгруппе	Кол-во	Доход
	Ванны	$y_1^1$	$y_2^1$
1.	Акриловая ванна Koller Pool Malibu 160×70 (MALIBU160×70)	$x_{11}^1$	$x_{21}^1$
2.	Акриловая ванна Koller Pool Neon New 150×70 (NEONNEW150×70)	$x_{12}^1$	$x_{22}^1$
3.	Акриловая ванна Koller Pool Montana 160×105 L (MONTANA160×105L)	$x_{13}^1$	$x_{23}^1$
4.	Акриловая ванна Gemy (G9083 K R)	$x_{14}^1$	$x_{24}^1$

В соответствии с классификацией входных и выходных переменных, характеризующих группы товаров, приведенных в табл. 3, осуществлен расчет показателей математических моделей, характеризующих подгруппу  $\Pi\Gamma_1$ .

Уравнение, прогнозирующее количество товаров подгруппы  $\Pi\Gamma_1$ :

$$y_1^1 = -97.21957 + 1.70393x_{11} + 1.15880x_{12} + 3.19501x_{13} + 3.43767x_{14}. \quad (5)$$

Коэффициент значимости:

$$t_j \geq 5.3508, 5.2137, 5.2162, 3.6802. \quad (6)$$

Как следует из совокупности показателей, наибольшее влияние оказывает реализация товаров группы «Акриловая ванна Koller Pool Malibu 160×70 (MALIBU 160×70)».

Адекватность уравнения по обучающей выборке  $S_{1z}^2 = 0,17$ .

Уравнение, характеризующее доход от реализации этих товаров, представлено в виде:

$$y_2^1 = -4467.47559 + 3.78853x_{21} + 2.09800x_{22} + 2.21062x_{23} + 0.92106x_{14}. \quad (7)$$

Коэффициент значимости:

$$t_j \geq 8.2292, 5.6967, 4.2955, 5.1706. \quad (8)$$

Как следует из совокупности показателей, наибольшее влияние оказывает доход с товаров группы «Акриловая ванна Koller Pool Malibu 160×70 (MALIBU 160×70)».

Адекватность уравнения по обучающей выборке  $S_{1z}^2 = 0,15$ .

Модель второй подгруппы (ПГ<sub>2</sub>) подчинена совокупности товаров, приведенных в табл. 4.

Таблица 4 – Наименование товаров в подгруппе «Душевые кабины и боксы»

№ п/п	Наименование товаров в подгруппе	Кол-во	Стоимость
	Душевые кабины и боксы	$y_3^1$	$y_4^1$
1.	Кабина гидромассажная полукруглая поддон низкий 90×90×219 см IDDIS Sicily (S20R099i85)	$x_{31}^1$	$x_{41}^1$
2.	Душевая кабина BRAVAT Waterfall с задними стенками и смесителем (BC090.6100A)	$x_{32}^1$	$x_{42}^1$
3.	Душ. кабина полук(бел)п/н поддон .IDDIS print (HA90WLP)	$x_{33}^1$	$x_{43}^1$

В соответствии с классификацией входных и выходных переменных, характеризующих группы товаров, приведенных в табл. 4, осуществлен расчет показателей математических моделей, характеризующих подгруппу ПГ<sub>2</sub>.

Уравнение, прогнозирующее количество товаров подгруппы ПГ<sub>2</sub>:

$$y_3^1 = -3326.33813 + 1.56220x_{31} + 1.36378x_{32} + 2.21001x_{33}. \quad (9)$$

Коэффициент значимости:

$$t_j \geq 5.3546, 3.2799, 7.4017. \quad (10)$$

Как следует из совокупности показателей, наибольшее влияние оказывает реализация товаров группы «Душевые кабины полук(бел)п/н поддон. IDDIS print (HA90WLP)».

Адекватность уравнения по обучающей выборке  $S_{1z}^2 = 0,2$ .

Уравнение, характеризующее доход от реализации этих товаров, представлено в виде:

$$y_4^1 = -5179.22119 + 2.13166x_{41} + 2.98379x_{42} + 1.63504x_{43}. \quad (11)$$

Коэффициент значимости:

$$t_j \geq 6.7842, 6.2195, 4.9326. \quad (12)$$

Как следует из совокупности показателей, наибольшее влияние оказывает доход с товаров группы «Кабина гидромассажная полукруглая, поддон низкий 90×90×219 см IDDIS Sicily (S20R099i85)».

Адекватность уравнения по обучающей выборке  $S_{1z}^2 = 0,18$ .

Модель второй подгруппы (ПГ<sub>3</sub>) подчинена совокупности товаров, приведенных в табл. 5.

Таблица 5 – Наименование товаров в подгруппе «Душевые системы»

№ п/п	Наименование товаров в подгруппе	Кол-во	Стоимость
	Душевые системы	$y_5^1$	$y_6^1$
1.	Излив плоский для универсального смесителя, 20 см Lemark (LM9470C)	$x_{51}^1$	$x_{61}^1$
2.	Лейка для душа IDDIS SpaHome хром (SPA3F0Ci18)	$x_{52}^1$	$x_{62}^1$
3.	Душевой гарнитур хром IDDIS SpaHome (SPA1F68i16)	$x_{53}^1$	$x_{63}^1$

В соответствии с классификацией входных и выходных переменных, характеризующих группы товаров, приведенных в табл. 5, осуществлен расчет показателей математических моделей, характеризующих подгруппу ПГ<sub>3</sub>.

Уравнение, прогнозирующее количество товаров подгруппы ПГ<sub>3</sub>:

$$y_5^1 = -78.91557 + 1.40936x_{51} + 1.53114x_{52} + 3.49623x_{53}. \quad (13)$$

Коэффициент значимости:

$$t_j \geq 8.4181, 7.3317, 8.8734. \quad (14)$$

Как следует из совокупности показателей, наибольшее влияние оказывает реализация товаров группы «Душевой гарнитур хром IDDIS SpaHome (SPA1F68i16)».

Адекватность уравнения по обучающей выборке  $S_{1z}^2 = 0,19$ .

Уравнение, характеризующее доход от реализации этих товаров, представлено в виде:

$$y_6 = -135.03444 + 2.74673x_{61} + 1.22011x_{62} + 0.86169x_{63}. \quad (15)$$

Коэффициент значимости:

$$t_j \geq 6.5838, 8.0023, 7.6147. \quad (16)$$

Как следует из совокупности показателей, наибольшее влияние оказывает доход с товаров группы «Лейка для душа IDDIS SpaHome хром (SPA3F0Ci18)».

Адекватность уравнения по обучающей выборке  $S_{1z}^2 = 0,22$ .

Модель второй группы (Г<sub>2</sub>) подчинена совокупности подгрупп товаров, приведенных в табл. 6.

Таблица 6 – Наименование подгрупп товаров в группе товаров «Краски»

№ п/п	Наименование подгрупп товаров	Подгруппа	Количество	Доход
1.	Краски	ПГ <sub>4</sub>	$y_1^2$	$y_2^2$
2.	Грунтовки	ПГ <sub>5</sub>	$y_3^2$	$y_4^2$
3.	Эмали	ПГ <sub>6</sub>	$y_5^2$	$y_6^2$

Подгруппы товаров «Краски» содержат в себе ассортимент товаров, который представлен в табл. 7 – 9.

Модель второй подгруппы (ПГ<sub>3</sub>) подчинена совокупности товаров, приведенных в табл. 7.

Таблица 7 – Наименование товаров в подгруппе «Краски»

№ п/п	Наименование товаров в подгруппе	Кол-во	Стоимость
	Краски	$y_1^2$	$y_2^2$
1.	Краска воднодисперсионная интерьерная «Профи», ТЕКС, 0,9л/1,3кг, цвет: белый	$x_{11}^2$	$x_{21}^2$
2.	Краска акрилатная влагостойкая «AKRIT 20», Eskaro, объем: 0,95л, цвет: белый, полуматовая	$x_{12}^2$	$x_{22}^2$
3.	Краска воднодисперсионная интерьерная «Универсал» ТЕКС, объем: 14кг, цвет: белый	$x_{13}^2$	$x_{23}^2$
4.	Краска воднодисперсионная «Для детских и гостиных» DALI, объем: 5л	$x_{14}^2$	$x_{24}^2$

В соответствии с классификацией входных и выходных переменных, характеризующих группы товаров, приведенных в табл. 7, осуществлен расчет показателей математических моделей, характеризующих подгруппу ПГ<sub>4</sub>.

Уравнение, прогнозирующее количество товаров подгруппы ПГ<sub>4</sub>:

$$y_1^2 = -148.45802 + 0.87540x_{11} + 1.99500x_{12} + 2.40480x_{13} + 2.46629x_{14} \quad (17)$$

Коэффициент значимости:

$$t_j \geq 4.3799 + 6.8278 + 5.3701 + 3.9592 \quad (18)$$

Как следует из совокупности показателей, наибольшее влияние оказывает реализация товаров группы «Краска акрилатная влагостойкая “AKRIT 20”, Eskaro, объем: 0,95л, цвет: белый, полуматовая».

Адекватность уравнения по обучающей выборке  $S_{1z}^2 = 0,18$ .

Уравнение, характеризующее доход от реализации этих товаров, представлено в виде:

$$y_2^2 = -491.42896 + 5.73828x_1 + 1.37101x_2 + 1.39672x_3 + 1.26278x_4. \quad (19)$$

Коэффициент значимости:

$$t_j \geq 6.8342, 5.9217, 3.8277, 6.2268. \quad (20)$$

Как следует из совокупности показателей, наибольшее влияние оказывает доход с товаров группы «Краска воднодисперсионная интерьерная “Профи”, ТЕКС, 0,9л/1,3кг, цвет: белый».

Адекватность уравнения по обучающей выборке  $S_{1z}^2 = 0,18$ .

Модель второй подгруппы (ПГ<sub>5</sub>) подчинена совокупности товаров, приведенных в табл. 8.

Таблица 8 – Наименование товаров в подгруппе «Грунтовки»

№ п/п	Наименование товаров в подгруппе	Кол-во	Стоимость
	Грунтовки	$y_3^2$	$y_4^2$
1.	Грунтовка ГФ-021 красно-кор.0,9кг Формула Q8	$x_{31}^2$	$x_{41}^2$
2.	Грунтовка бетоноконтакт, Nabez 6 кг.	$x_{32}^2$	$x_{42}^2$
3.	Краска грунтовочная, DULUX объем: 1л, для сложных поверхностей	$x_{33}^2$	$x_{43}^2$
4.	Кварц-грунт, "EXPERT", ALPINA, объем: 16кг	$x_{34}^2$	$x_{44}^2$

В соответствии с классификацией входных и выходных переменных, характеризующих группы товаров, приведенных в табл. 8, осуществлен расчет показателей математических моделей, характеризующих подгруппу ПГ<sub>5</sub>.

Уравнение, прогнозирующее количество товаров подгруппы ПГ<sub>5</sub>:

$$y_3^2 = -11.89630 + 0.33906x_1 + 0.29097x_2 + 0.46881x_3 + 0.58443x_4. \quad (21)$$

Коэффициент значимости:

$$t_j \geq 5.9740, 4.2852, 5.5002, 3.6000. \quad (22)$$

Как следует из совокупности показателей, наибольшее влияние оказывает реализация товаров группы «Грунтовка ГФ-021 красно-кор.0,9кг Формула Q8».

Адекватность уравнения по обучающей выборке  $S_{1z}^2 = 0,19$ .

Уравнение, характеризующее доход от реализации этих товаров, представлено в виде:

$$y_4^2 = -488.92413 + 7.27175x_{41} + 2.32044x_{42} + 1.21432x_{43} + 1.13919x_{44}. \quad (23)$$

Коэффициент значимости:

$$t_j \geq 4.5788, 4.8721, 5.4110, 6.3376. \quad (24)$$

Как следует из совокупности показателей, наибольшее влияние оказывает доход с товаров группы «Кварц-грунт, “EXPERT”, ALPINA, объем: 16кг».

Адекватность уравнения по обучающей выборке  $S_{1z}^2 = 0,20$ .

Модель второй подгруппы (ПГ<sub>6</sub>) подчинена совокупности товаров, приведенных в табл. 9.

Таблица 9 – Наименование товаров в подгруппе «Эмали»

№ п/п	Наименование товаров в подгруппе	Кол-во	Стоимость
	Эмали	$y_5^2$	$y_6^2$
1.	Эмаль ПФ-115 0.9 кг «Формула Q 8», в ассортименте	$x_{51}^2$	$x_{61}^2$
2.	Водоразбавляемая эмаль «Aqua Buntlack», ALPINA объем: 750мл, в ассортименте	$x_{52}^2$	$x_{62}^2$
3.	Акрил.эмаль AURA LUXPRO REMIX AQUA30 2,4л	$x_{53}^2$	$x_{63}^2$

В соответствии с классификацией входных и выходных переменных, характеризующих группы товаров, приведенных в табл. 9, осуществлен расчет показателей математических моделей, характеризующих подгруппу ПГ<sub>6</sub>.

Уравнение, прогнозирующее количество товаров подгруппы ПГ<sub>6</sub>:

$$y_5^2 = -462.24338 + 2.01581x_{51} + 1.42281x_{52} + 2.64748x_{53}. \quad (25)$$

Коэффициент значимости:

$$t_j \geq 6.3827, 5.0704, 6.5996. \quad (26)$$

Как следует из совокупности показателей, наибольшее влияние оказывает реализация товаров группы «Акриловая эмаль AURA LUXPRO REMIX AQUA30 2,4л».

Адекватность уравнения по обучающей выборке  $S_{1z}^2 = 0,24$ .

Уравнение, характеризующее доход от реализации этих товаров, представлено в виде:

$$y_6^2 = -4745.49707 + 35.01508x_{61} + 1.64829x_{62} + 1.17371x_{63}. \quad (27)$$

Коэффициент значимости:

$$t_j \geq 6.0462, 3.7968, 7.1686. \quad (28)$$

Как следует из совокупности показателей, наибольшее влияние оказывает доход с товаров группы «Акриловая эмаль AURA LUXPRO REMIX AQUA30 2,4л».

Адекватность уравнения по обучающей выборке  $S_{1z}^2 = 0,29$ .

Модель третьей группы ( $\Gamma_3$ ) подчинена совокупности подгрупп товаров, приведенных в табл. 10.

Таблица 10 – Наименование подгрупп товаров в группе товаров «Строительные смеси»

№ п/п	Наименование подгрупп товаров	Подгруппа	Количество	Доход
1.	Цемент	ПГ <sub>7</sub>	$y_1^3$	$y_2^3$
2.	Шпатлевки	ПГ <sub>8</sub>	$y_3^3$	$y_4^3$
3.	Штукатурка	ПГ <sub>9</sub>	$y_5^3$	$y_6^3$

Подгруппы товаров «Строительные смеси» содержат в себе ассортимент товаров, который представлен в табл. 11 – 13.

Модель второй подгруппы (ПГ<sub>7</sub>) подчинена совокупности товаров, приведенных в табл. 11.

Таблица 11 – Наименование товаров в подгруппе «Цемент»

№ п/п	Наименование товаров в подгруппе	Кол-во	Стоимость
	Цемент	$y_1^3$	$y_2^3$
1.	Цемент ЦЕМ II/A 42.5 Н ПЦ М500, EURO 50кг,	$x_{11}^3$	$x_{21}^3$
2.	Портландцемент ССПЦ М-500 Д-20 Новороссийский 50 кг	$x_{12}^3$	$x_{22}^3$
3.	Портланд цемент со шлаком ДСТУ Б В.2.7-46;2010 ПЦ-400 Б 25кг	$x_{13}^3$	$x_{23}^3$

В соответствии с классификацией входных и выходных переменных, характеризующих группы товаров, приведенных в табл. 11, осуществлен расчет показателей математических моделей, характеризующих подгруппу ПГ<sub>7</sub>.

Уравнение, прогнозирующее количество товаров подгруппы ПГ<sub>7</sub>

$$y_1^3 = -1742.27441 + 1.93157x_{11} + 2.75939x_{12} + 2.72799x_{13}. \quad (29)$$

Коэффициент значимости:

$$t_j \geq 6.3207 + 7.5080 + 5.4174. \quad (30)$$

Как следует из совокупности показателей, наибольшее влияние оказывает реализация товаров группы портланд цемент ССПЦ М-500 Д-20 Новороссийский 50 кг.

Адекватность уравнения по обучающей выборке  $S_{1z}^2 = 0,26$ .

Уравнение, характеризующее доход от реализации этих товаров, представлено в виде:

$$y_2^3 = -4066.19971 + 2.71214x_{21} + 2.94756x_{22} + 1.79370x_{23}. \quad (31)$$

Коэффициент значимости:

$$t_j \geq 5.1162, 5.6554, 5.2736. \quad (32)$$

Как следует из совокупности показателей, наибольшее влияние оказывает доход с товаров группы «Портланд цемент ССПЦ М-500 Д-20 Новороссийский 50 кг».

Адекватность уравнения по обучающей выборке  $S_{1z}^2 = 0,26$ .

Модель второй подгруппы (ПГ<sub>8</sub>) подчинена совокупности товаров, приведенных в табл. 12.

Таблица 12 – Наименование товаров в подгруппе «Шпатлевки»

№ п/п	Наименование товаров в подгруппе	Кол-во	Стоимость
	Шпатлевки	$y_3^3$	$y_4^3$
1.	Шпаклевка гипсовая «Фуген», KNAUF 10 кг, толщина слоя: 1 – 3 мм	$x_{31}^3$	$x_{41}^3$
2.	Шпаклевка гипсовая «Фуген», KNAUF 25 кг, толщина слоя: 1 – 3 мм	$x_{32}^3$	$x_{42}^3$
3.	Шпатлевка Ст127/25 д/внутр.раб 25кг*полимерная	$x_{33}^3$	$x_{43}^3$

В соответствии с классификацией входных и выходных переменных, характеризующих группы товаров, приведенных в табл. 12, осуществлен расчет показателей математических моделей, характеризующих подгруппу ПГ<sub>8</sub>.

Уравнение, прогнозирующее количество товаров подгруппы ПГ<sub>8</sub>:

$$y_3^3 = -654.99622 + 1.14162x_{31} + 1.60051x_{32} + 3.14299x_{33}. \quad (33)$$

Коэффициент значимости:

$$t_j \geq 5.8211, 4.0465, 7.5361. \quad (34)$$

Как следует из совокупности показателей, наибольшее влияние оказывает реализация товаров группы «Шпатлевка Ст127/25 д/внутренних раб 25кг\*полимерная».

Адекватность уравнения по обучающей выборке  $S_{1z}^2 = 0,27$ .

Уравнение, характеризующее доход от реализации этих товаров, представлено в виде:

$$y_4^3 = -2625.43555 + 3.01254x_{41} + 2.37555x_{42} + 1.79956x_{43}. \quad (35)$$

Коэффициент значимости:

$$t_j \geq 6.5104, 6.0987, 4.7160. \quad (36)$$

Как следует из совокупности показателей, наибольшее влияние оказывает доход с товаров группы «Шпаклевка гипсовая “Фуген”, KNAUF 10 кг, толщина слоя: 1 – 3 мм».

Адекватность уравнения по обучающей выборке  $S_{1z}^2 = 0,26$ .

Модель второй подгруппы (ПГ<sub>9</sub>) подчинена совокупности товаров, приведенных в табл. 13.

Таблица 13 – Наименование товаров в подгруппе «Штукатурка»

№ п/п	Наименование товаров в подгруппе	Кол-во	Стоимость
	Штукатурка	$y_5^3$	$y_6^3$
1.	Штукатурка и ремонтная шпаклевка «СТ 29» CERESIT 5 кг	$x_{51}^3$	$x_{61}^3$
2.	Штукатурка гипсовая «Волма слой», ВОЛМА 30 кг, толщина слоя: 5 – 60 мм	$x_{52}^3$	$x_{62}^3$
3.	Штукатурно-клеевая СМЕСЬ СТ-85, CERESIT для пенополистирола 25 кг	$x_{53}^3$	$x_{63}^3$

В соответствии с классификацией входных и выходных переменных, характеризующих группы товаров, приведенных в табл. 13, осуществлен расчет показателей математических моделей, характеризующих подгруппу ПГ<sub>9</sub>.

Уравнение, прогнозирующее количество товаров подгруппы ПГ<sub>9</sub>:

$$y_5^3 = 1145.78015 + 1.19721x_{51} + 2.30773x_{52} + 5.16192x_{53}. \quad (37)$$

Коэффициент значимости:

$$t_j \geq 5.2487, 5.7555, 5.5472. \quad (38)$$

Как следует из совокупности показателей, наибольшее влияние оказывает реализация товаров группы «Штукатурно-клеевая СМЕСЬ СТ-85, CERESIT для пенополистирола 25 кг».

Адекватность уравнения по обучающей выборке  $S_{1z}^2 = 0,25$ .

Уравнение, характеризующее доход от реализации этих товаров, представлено в виде:

$$y_6^3 = -1131.42725 + 1.81954x_{61} + 1.03709x_{62} + 1.08930x_{63}. \quad (39)$$

Коэффициент значимости:

$$t_j \geq 5.5603, 5.8696, 5.8727. \quad (40)$$

Как следует из совокупности показателей, наибольшее влияние оказывает доход с товаров группы «Штукатурка гипсовая “Волма слой”, ВОЛМА 30 кг, толщина слоя: 5 – 60 мм».

Адекватность уравнения по обучающей выборке  $S_{1z}^2 = 0,22$ .

## Выводы

Совокупность приведенных уравнений моделей, адекватных реальному процессу торгово-закупочной деятельности строймаркета, позволяет осуществлять прогноз деятельности строймаркета на каждый последующий плановый период – месяц. Эта модель является инструментарием принятия решений, предназначенных для менеджера строймаркета. Для подтверждения адекватности полученных моделей по контрольной выборке осуществляется сопоставление прогнозируемых и реальных показателей каждого планового периода. При этом подразумевается, что процедура пересчета показателей моделей (1) позволяет подстраивать модели, добиваясь поддержания точности прогноза с учетом сезонных колебаний спроса и предложений.

## Список литературы

1. Основы теории оптимальных автоматических систем [Текст]. – М. : Физматгиз, 1963. – 552 с.
2. Гладков, Л. А. Решение задач производственного планирования на основе гибридных эволюционных методов [Электронный ресурс] / Л. А. Гладков, Н. В. Гладкова, М. Ю. Лаврик // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2016. – № 7(180). – С. 62–73.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/reshenie-zadach-proizvodstvennogo-planirovaniya-na-osnove-gibridnyh-evolyutsionnyh-metodov> (дата обращения: 23.05.2020) Tolstykh V.K. Direct extreme approach for optimization of the systems with the up- diffused parameters.
3. Мирская С. Ю. Обзор автоматизированного упрощения текста [Текст] / С. Ю. Мирская // Математическое моделирование торгово-закупочной деятельности ТЕРРА ЭКОНОМИКУС. – 2010. – Том 8, № 2, Часть 2.
4. Туманов К. В. Обзор автоматизированного упрощения текста [Текст] / К. В. Туманов, А. Г. Бутрин // Экономико-математическое моделирование производства промышленного предприятия, Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10 (часть 5) – С. 1117–1121.
5. Симагина С.Г. Математическое моделирование оптимизации выбора объектов закупок // Вестник Московского университета МВД России. – 2006. – № 1. – С. 101–104.
6. Павлыш В. Н. Математическое моделирование процессов функционирования специализированных аппаратов конвективного типа [Текст] / В. Н. Павлыш, Е. В. Перинская // Проблемы искусственного интеллекта. – Донецк : ГУ ИПИИ. – 2015. – № 0(1). – С. 89–98.
7. Криводубский, О. А. Методология, определяющая правила разработки моделей и алгоритмов систем управления в условиях информационной и технологической трансформации [Текст] / О. А. Криводубский // Проблемы искусственного интеллекта. – 2020. – № 1 (16). – С. 47–50.
8. Зори С. А. Представление и отображение многоуровневых систем уравнения как образов [Текст] / С. А. Зори, О. А. Криводубский // Проблемы искусственного интеллекта. – 2020. – № 2 (17). – С. 20–28.

## References

1. *Osnovy teorii optimal'nykh avtomaticheskikh sistem* [Fundamentals of the theory of optimal automatic systems]. M., Fizmatgiz, 1963. 552 pages.
2. Gladkov, L.A., Gladkova N.V., Lavrik M.Yu. Resheniye zadach proizvodstvennogo planirovaniya na osnove gibridnykh evolyutsionnykh metodov [Solving problems of production planning based on hybrid evolutionary methods]. *Izvestiya YUFU. Tekhnicheskkiye nauki* [Izvestiya SFU. Technical science], 2016, No. 7 (180), P. 62–73. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/reshenie-zadach-proizvodstvennogo-planirovaniya-na-osnove-gibridnyh-evolyutsionnyh-metodov> (Date of access: 05/23/2020) Tolstykh V.K. Direct extreme approach for optimization of the systems with the up- diffused parameters.
3. Mirskaya S.Yu. Obzor avtomatizirovannogo uproshcheniya teksta [Review of automated text simplification]. *Matematicheskoye modelirovaniye torgovo-zakupochnoy deyatel'nosti TERRA EKONOMIKUS* [Mathematical modeling of trade and procurement activities TERRA ECONOMICUS], 2010, Volume 8, No. 2, Part 2.
4. Tumanov K.V., Butrin A.G. Obzor avtomatizirovannogo uproshcheniya teksta [Overview of automated text simplification] *Ekonomiko-matematicheskoye modelirovaniye proizvodstva promyshlennogo predpriyatiya, Fundamental'nyye issledovaniya* [Economic and mathematical modeling of the production of an industrial enterprise, Fundamental research], 2013, No. 10 (part 5), S. 1117-1121.
5. Simagina S.G. Matematicheskoye modelirovaniye optimizatsii vybora ob"yektov zakupok [Mathematical modeling of optimization of the selection of procurement objects]. *Vestnik Moskovskogo universiteta MVD Rossii* [Bulletin of the Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia] No. 1, Year: 2006, pp.: 101-104.
6. Pavlysh V. N., Perinskaya E. V. Mathematical modeling of functioning processes of special convective type apparatus. *Problems of Artificial Intelligence, Donetsk*, 2015, no. 0(1), pp. 89-98.
7. Krivodubsky O. A. Metodologiya, opredelyayushchaya pravila razrabotki modeley i algoritmov sistem upravleniya v usloviyakh informatsionnoy i tekhnologicheskoy transformatsii [Methodology that defines the rules for developing models and algorithms of control systems in the conditions of information and technological transformation]. *Problemy iskusstvennogo intellekta* [Problems of Artificial Intelligence], No. 1 (16), pp. 18-27
8. Krivodubsky O. A. Predstavleniye i otobrazeniye mnogourovnevnykh system uravneniya kak obrazov [The presentation and display of multi-tiered systems of equations as images]. *Problemy iskusstvennogo intellekta* [Problems of Artificial Intelligence], No. 2 (17), pp. 20-28.

## RESUME

*E. N. Pavlyuk, O. A. Krivodubsky*

*Development of a Mathematical Model for Tactical Forecasting of the Construction Market Activity*

The work is devoted to the development of a mathematical model that describes the activities of the construction market as a control object.

The article is based on the calculation of static statistical models based on dispersion, correlation and cascade regression analysis. To calculate the models, mathematical statistics packages were used to determine the correlation and regression coefficients, as well as a set of statistical estimates that characterize the adequacy of the developed model for the training sample.

The proposed models can be used to make a monthly forecast of purchased and sold products when planning the annual production program of the construction market.

The developed models will make it possible to plan a program for the purchase and sale of goods from the construction market, which will make it possible to forecast the activities of the construction market for each subsequent planning period - quarter, year.

## РЕЗЮМЕ

*Е. Н. Павлюк, О. А. Криводубский*

*Разработка математической модели тактического прогноза деятельности строймаркета*

Работа посвящена разработке математической модели, описывающей деятельность строймаркета как объекта управления.

Статья основана на расчёте статистических моделей на основе дисперсионного, корреляционного и каскадного регрессионного анализа. Для расчёта моделей использованы пакеты математической статистики, позволяющие определить коэффициенты корреляции и регрессии, а также совокупность статистических оценок, характеризующих адекватность разрабатываемой модели по обучающей выборке.

Предложенные модели могут быть использованы для составления месячного прогноза закупаемой и реализованной продукции при планировании годовой производственной программы строймаркета.

Разработанные модели позволят планировать программу закупки и сбыта товаров строймаркета, что позволит осуществить прогноз деятельности строймаркета на каждый последующий плановый период – квартал, год.

Статья поступила в редакцию 28.03.2022.