

**Граецкая Оксана Владимировна** – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: g\_oks@inbox.ru; 344090, г. Ростов-на-Дону, Мильчакова. 10, каб. 505; тел.: +78632696991, 89287555585; кафедра системного анализа и управления; к.т.н.; доцент.

**Корохова Елена Вячеславна** – e-mail: alen\_ko@mail.ru; тел.: 89281113306; кафедра системного анализа и управления; к.т.н.; доцент.

**Сомов Александр Сергеевич** – e-mail: kaf\_sau@mail.ru; тел.: 88632696991; кафедра системного анализа и управления; аспирант.

**Петракова Анастасия Вадимовна** – тел.: 89281952545; кафедра системного анализа и управления; магистрант.

**Graetskaya Oksana Vladimirovna** – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail address: g\_oks@inbox.ru; 10, Milchakova street, of. 505, Rostov-on-Don, 344090, Russia; phone: +78632696991, +79287555585; the department of systems analysis and control; cand. of eng. sc.; associate professor.

**Korokhova Elena Vyacheslavna** – e-mail: alen\_ko@mail.ru; phone: +79281113306; the department of systems analysis and control; cand. of eng. sc.; associate professor.

**Somov Aleksandr Sergeevich** – e-mail: kaf\_sau@mail.ru; phone: +78632696991; the department of systems analysis and control; postgraduate student.

Petrakova Anastasiya Vadimovna – phone: +79281952545; the department of systems analysis and control; graduate student.

УДК 62-52, Л 24

**Г.С. Лапинский, З.Р. Майрансаев**

### **ОДНОФАКТОРНЫЕ РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*В статье приведен сравнительный анализ однофакторных регрессионных моделей, используемых при составлении прогнозов производственных потребностей промышленных предприятий на примере потребления электрической энергии на территории Республики Северная Осетия – Алания. Рассматриваются аддитивные и мультипликативные модели с линейными, логарифмическими и полиномиальными трендами. Приведена оценка точности моделей, рассчитан критерий Фишера для проверки адекватности моделей, также рассчитаны среднеотносительные ошибки прогнозирующих моделей. На основе выбранной модели построен месячный прогноз электропотребления промышленными предприятиями на год вперед, рассчитаны доверительные интервалы и критерий Дарбина-Уотсона. Приведен алгоритм процедуры выбора однофакторной регрессионной модели для составления прогноза.*

*Аддитивная модель; мультипликативная модель; линейный тренд; логарифмический тренд; экспоненциальный тренд; сезонная компонента; доверительный интервал.*

**G.S. Lapinsky, Z.R. Mirantsaev**

### **ONE-FACTORIAL REGRESSION MODELS OF FORECASTING OF THE POWER CONSUMPTION OF THE INDUSTRIAL ENTERPRISES**

*In article the comparative analysis of one-factorial regression models of forecasts of production requirements of the industrial enterprises used by drawing up on the example of consumption of electric energy is given in the territory of the Republic of North Ossetia-Alania. Additive and multiplicative models with linear, logarithmic and polynomial trends are considered. The*

assessment of accuracy of models is given, Fischer's criterion for check of adequacy of models is calculated, and averages relatives errors of predicting models are also calculated. On the basis of the chosen model the monthly forecast of power consumption by the industrial enterprises for a year forward is constructed, confidential intervals and Darbina-Watson's criterion are calculated. The algorithm of procedure of a choice of one-factorial regression model for drawing up the forecast is given.

Additive model; multiply model; linear trend; logarithmic trend; exponential trend; seasonal component; confidential interval.

Любое предприятие представляет собой экономическую систему. Задача лица, принимающего решение в рамках системы осуществлять не только оперативные операции по обеспечению жизнедеятельности, но также тактические и стратегические, что невозможно без процедур прогнозирования будущих параметров, воздействующих на объект управления и его реакцию на них. Это позволяет оценивать горизонты развития и влияет на процессы формирования целей организации.

В данной статье рассматриваются однофакторные регрессионные модели для осуществления процедуры прогнозирования месячного потребления электроэнергии промышленными предприятиями на год вперед на территории Республики Северная Осетия – Алания.

При использовании однофакторных регрессионных моделей для составления прогнозов на несколько периодов вперед основная сложность заключается в подборе модели, наиболее точно описывающей исходные данные. Существующие подходы предполагают классификацию моделей на аддитивные:

$$y = T + S + \varepsilon t \quad (1)$$

и мультипликативные:

$$y = T \cdot S \cdot \varepsilon t, \quad (2)$$

где  $T$  – уравнение тренда;  $S$  – сезонная компонента;  $\varepsilon t$  – ошибка прогноза.

Последующая классификация происходит уже в рамках данных моделей по уравнению тренда. Наиболее часто при составлении прогнозирующих моделей используются:

$$y = a \cdot x + b \text{ – линейный тренд,} \quad (3)$$

$$y = a \cdot \ln|x| + b \text{ – логарифмический тренд,} \quad (4)$$

$$y = b \cdot e^{a \cdot x} \text{ – экспоненциальный тренд,} \quad (5)$$

$$y = a \cdot x^b \text{ – степенной тренд.} \quad (6)$$

В статье приведен сравнительный анализ аддитивных и мультипликативных моделей с использованием линейных, логарифмических и экспоненциальных трендов для прогнозирования объема потребления электрической энергии промышленными предприятиями на территории РСО-Алания по данным, полученным от гарантирующего поставщика ОАО «Севкавказэнерго» (рис. 1). При анализе моделей были использованы следующие критерии оценки:

а) показатель адекватности по критерию Фишера;

б) средний модуль относительных ошибок прогнозных значений;

в) точность модели, на основе среднеквадратического отклонения ошибок прогноза.

Процедура прогнозирования на основе однофакторных регрессионных моделей осуществляется по следующему алгоритму (рис. 2).

По результатам прогнозирования были получены следующие уравнения:

а) для аддитивных моделей с линейным, логарифмическим, экспоненциальным трендом:

$$F_{ij} = 19,51 \cdot x_{ij} + 12712,41 + S_i; \quad (7)$$

$$F_{ij} = 217,98 \ln|x_{ij}| + 12493,75 + S_i; \quad (8)$$

$$F_{ij} = 12511,5 e^{1,00157x_{ij}} + S_i; \quad (9)$$

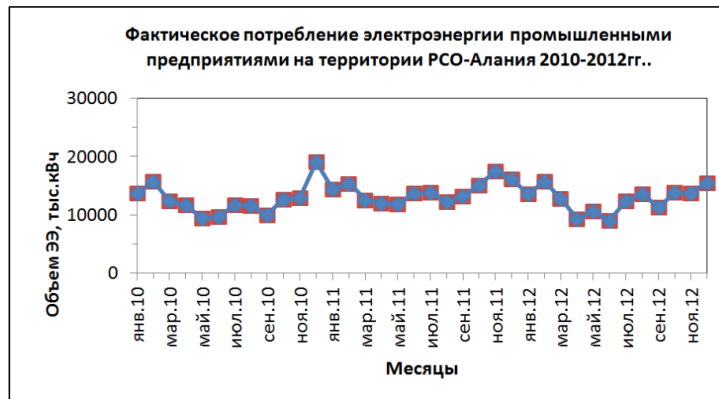


Рис. 1. Потребление электроэнергии промышленными предприятиями на территории РСО-Алания

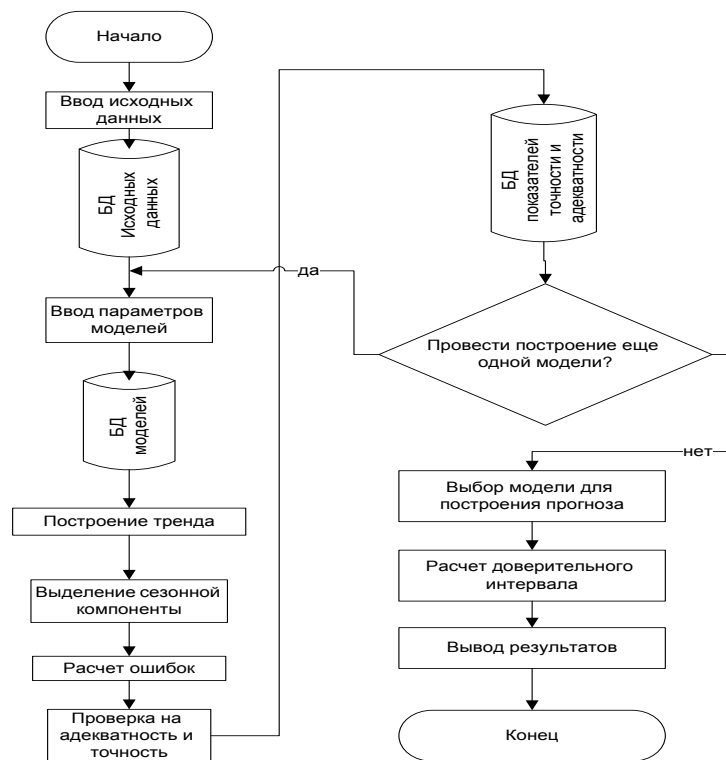


Рис. 2. Алгоритм процедуры прогнозирования

б) для мультипликативных моделей с линейным, логарифмическим, экспоненциальным трендом:

$$F_{ij} = 19,51 \cdot x_{ij} + 12712,41 \cdot S_i; \quad (10)$$

$$F_{ij} = 217,98 \ln|x_{ij}| + 12493,75 \cdot S_i; \quad (11)$$

$$F_{ij} = 12511,5 e^{1,00157x_{ij}} \cdot S_i, \quad (12)$$

где  $F_{ij}$  – прогнозируемое значение потребления для  $i$  месяца  $j$  года, тыс. кВтч;  $x_{ij}$  – порядковый номер  $i$  месяца  $j$  года;  $S_i$  – сезонная компонента соответствующая  $i$  месяцу, тыс. кВтч.

Значения сезонных компонент приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения сезонной компоненты для различных прогнозных моделей

$S_i$						
№ месяца	АДДИТИВНАЯ			МУЛЬТИПЛИКАТИВНАЯ		
	ЛИН	ЛГРФ	ЭКСП	ЛИН	ЛГРФ	ЭКСП
1	867,84	923,29	1046,83	1,00	1,01	1,00
2	2577,18	2593,54	2755,61	1,12	1,13	1,12
3	-498,29	-499,64	-320,45	0,90	0,91	0,90
4	-2073,32	-2083,40	-1896,11	0,79	0,79	0,79
5	-2472,77	-2486,51	-2296,22	0,76	0,76	0,76
6	-2311,77	-2325,86	-2135,90	0,77	0,77	0,77
7	-478,37	-490,46	-303,22	0,90	0,91	0,90
8	-678,42	-686,74	-504,02	0,89	0,89	0,89
9	-1680,42	-1683,57	-1506,80	0,82	0,82	0,82
10	658,98	662,14	831,78	0,98	0,99	0,98
11	1505,78	1516,19	1677,74	1,04	1,05	1,04
12	3642,49	3660,94	3813,57	1,20	1,20	1,20

Данные по адекватности и точности моделей сведены в таблицу (табл. 2). Основным параметром оценки выступает средневзвешенное отклонение ошибок прогноза, по которому рассчитывается точность модели. Как видно из таблицы: аддитивная модель с логарифмическим трендом является наиболее точной и адекватной для составления прогноза на 12 месяцев вперед.

Таблица 2

Сводные значения критериев адекватности и точности моделей

Вид модели	Используемый тренд	Точность мод.	Средний модуль относ. ошибок	Кэф. апрокс. $R^2$	Критерий Фишера Грач	Критерий Фишера $F_{табл}$	Адекватность по критерию Фишера
Аддитивная модель	Линейный тренд	99,05%	7,33%	0,71	34,28	4,13	Адеkv.
	Логарифмический тренд	99,07%	7,28%	0,72	35,88		Адеkv.
	Экспоненциальный тренд	99,04%	7,32%	0,71	34,14		Адеkv.
Мультипликативная модель	Линейный тренд	96,81%	8,48%	0,71	33,79		Адеkv.
	Логарифмический тренд	96,85%	8,31%	0,71	35,46		Адеkv.
	Экспоненциальный тренд	96,81%	9,18%	0,70	33,59		Адеkv.

Для выбранной модели были рассчитаны нижние и верхние границы доверительного интервала по правилу  $3\sigma$  (табл. 3).

Таблица 3

Значение нижних и верхних границ доверительного интервала

Месяц	Доверительный интервал	
	Верхняя граница	Нижняя граница
январь 13	14000,65	14407,67
февраль 13	15742,86	16017,58
март 13	12754,67	12830,74
апрель 13	10569,81	11859,13
май 13	10438,58	11194,91
июнь 13	10038,04	11927,25
июль 13	12447,52	13198,82
август 13	12301,84	12961,98
сентябрь 13	11091,18	12188,77
октябрь 13	13619,91	14361,03
ноябрь 13	13920,16	15778,25
декабрь 13	16215,44	17781,66

Критерий Дарбина–Уотсона прогнозирующей модели составил  $DW=1,38$ . Нижняя и верхняя границы со статистической значимостью  $\alpha=0,05$  для моделей с 2 параметрами и для 36 значений обучающей выборки составляют  $d_l=1,35$  и  $d_u=1,59$  соответственно. Так как расчетный коэффициент находится между статистическими значениями, то гипотеза об отсутствии автокорреляции принимается. Полученные результаты представлены в виде графика помесячного прогноза потребления на год вперед по упреждающим данным за три года (рис. 3):

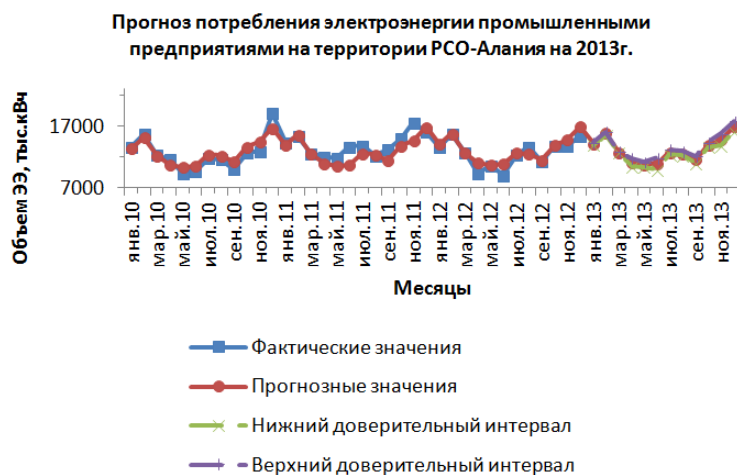


Рис. 3. График прогнозирующей модели потребления электрической энергии

Преимущество однофакторных моделей заключается в относительной простоте процедуры прогнозирования, однако они имеют существенный недостаток, который заключается в непредсказуемости параметров, влияющих на фактические значения. Например, для потребления электроэнергии это могут быть среднемесячная температура, количество потребителей, экономическая среда и т.д. Возникновение любых резких изменений, которых не было в упреждающем интервале, влияющих на модель, приведет к нарушению достоверности прогноза и, как следствие, к снижению эффективности принимаемых тактических и стратегических решений.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Алкацев М.И., Дзгоев А.Э., Бетров М.С.* Исследование и разработка метода прогнозирования потребления электроэнергии в системе управления электроснабжением региона // Казанский государственный энергетический университет: Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. Отдельный выпуск 5-6. – 2012. – С. 30-37.
2. *Бреслав Е.* Финансовое прогнозирование // Финансовый директор. – 2005. – № 3
3. *Кошечкин С.А.* Алгоритм прогнозирования объема продаж в MS Excel // Маркетинг в России и за рубежом. – 2001. – № 5.
4. Методика прогнозирования графиков электропотребления для технологий краткосрочного планирования ОАО «СО-ЦДУ ЕЭС» – 2007.
5. Методы прогнозирования в условиях рынка. НТК. – Ставрополь: СевКав ГТУ. Невинномысск. – 2006. – 221 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.А. Петраков.

**Георгий Сергеевич Лапинский** – Северо-Кавказский Горно-Металлургический Институт (Государственный Технологический Университет) г. Владикавказ; e-mail: Stagedim@mail.ru; 362021, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44; тел.: 89188267509; кафедра информационных систем в экономике; ассистент.

**Зураб Русланович Майрансаев** – e-mail: Sarmat007@inbox.ru; тел.: 89188210025; кафедра строительного производства; аспирант; ассистент.

**Georgy Sergeevich Lapinsky** – North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University) town Vladicaucas; e-mail: Stagedim@mail.ru; 44, Nikolaeva street, Vladikavkaz, Alaniya, 362021; тел.: +79188267509; the department of communicatory systems in economics; assistant.

**Zurab Ruslanovich Mirantsaev** – e-mail: Sarmat007@inbox.ru; phone: +79188210025; the department of construction production; postgraduate student; assistant.

УДК 004.353:159.952

**А.В. Скринникова**

#### **ИЗМЕНЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ МАНИПУЛЯЦИЙ УСТРОЙСТВАМИ УПРАВЛЕНИЯ КУРСОРОМ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭМОЦИЙ СТРАХА И РАДОСТИ**

*Эмоции играют важную роль в формировании человеко-машинного взаимодействия. Однако современные человеко-машинные системы не предусматривают оценки и реагирования даже на существенные изменения состояний пользователей. Устройства управления курсором (УУК) типа мышь и клавиатура наиболее экономически выгодны для диагностики эмоций. Проведенное исследование изменения индивидуальной динамики манипуляций УУК под влиянием эмоций страха и радости осуществлялось по специально разработанной методике и показало следующие статистически значимые по сравнению с нейтральным*