

УДК 338.5

© А. Н. Сунтеев, 2017

Самарский государственный технический
университет (СамГТУ), Россия
E-mail: SunteevAN@yandex.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ ARIMA ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

В настоящей статье описана модель ARIMA и методика ее применения для краткосрочного прогнозирования себестоимости продукции машиностроительных предприятий. Представлена процедура проверки модели на точность прогнозирования с помощью данных из специальной тестовой выборки. Построен график изменения себестоимости с учетом прогнозных данных об изменении себестоимости машиностроительной продукции.

Ключевые слова: себестоимость, прогнозирование, временной ряд, ARIMA, методы статистического прогнозирования, средняя относительная ошибка прогноза (MAPE).

Введение

Наиболее перспективной методикой анализа различных структур региональной экономики, в том числе промышленности, является комплексная оценка, включающая выбор системы абсолютных и относительных показателей, корреляционный и регрессионный анализ, позволяющие определить взаимосвязи между показателями и проанализировать динамику их развития.

В научной литературе существует достаточно много методов, позволяющих учесть влияние и взаимодействие между собой различных факторов, но наиболее эффективным является прогнозирование, так как оно позволяет выявить не только влияние показателей, но и определенную зависимость, на основе которой можно предсказать поведение хозяйственной системы в целом [2].

Прогнозирование является важным связующим звеном между теорией и практикой во всех сферах деятельности.

Прогноз развития хозяйственной системы выступает как фактор, ориентирующий существующую практику на возможности раз-

вития в будущем, а прогнозирование — как инструмент разработки и принятия управленческих решений. Целью прогнозирования является обеспечение информацией процесса принятия управленческих решений [1].

Цель данного исследования заключается в построении прогноза себестоимости машиностроительной продукции и определение динамики ее изменения в краткосрочном периоде. Для достижения цели исследования поставлены следующие задачи:

- сделать прогноз себестоимости машиностроительной продукции;
- осуществить проверку полученных результатов на точность прогноза;
- построить график динамики изменения с учетом прогнозных значений.

В качестве предмета исследования выступила себестоимость продукции — один из основных экономических показателей, отражающий затраты предприятия на производство продукции и влияющий на эффективность его результатов. Объектом исследования является машиностроительный комплекс (с целью отразить состояние данного показателя в целом по отрасли).

При проведении исследования были использованы методы экономического и статистического анализа, а также графические методы отображения информации.

Результаты исследования

В настоящее время существует большое количество методов и приемов, используемых в прогнозировании, каждый из которых имеет свои особенности в зависимости от цели его использования и уровня проводимых исследований. Наиболее распространены методы статистического прогнозирования, основанные на статистическом моделировании.

Методы статистического прогнозирования могут быть разбиты на две большие группы: прогнозирование на основе единичных уравнений регрессии, описывающих взаимосвязи признаков-факторов и результативных признаков, и прогнозирование на основе системы уравнений взаимосвязанных рядов динамики.

Анализ временных рядов дает возможность проследить развитие явления, показать его основные тенденции [6].

Анализ временных рядов основан на сравнении каждой статьи отчетности за определенный период времени и определении тренда. Определение тренда означает определение основной тенденции динамики показателя без учета случайных влияний и индивиду-

альных особенностей отдельных периодов. Назначение анализа — это формирование возможных значений показателей в будущем.

Для прогнозирования себестоимости продукции машиностроительного комплекса (краткосрочный прогноз 1-5 лет) будем использовать модель авторегрессии и скользящего среднего (ARIMA). Этот метод обязан, в первую очередь, работам Бокса и Дженкинса (BoksDzh., Dzhenkins G.), предложившим и развившим обобщенную модель ARIMA.

Спрогнозируем себестоимость продукции отрасли машиностроения по приведенным данным [3, 4, 5] при помощи модели авторегрессии и скользящего среднего (ARIMA).

На основе представленных данных проведем анализ временного ряда (с целью выявления тренд-циклических и сезонных составляющих), определение характера модели и т.д.

Проанализируем временной ряд зависимой переменной при помощи графика (рис. 1).

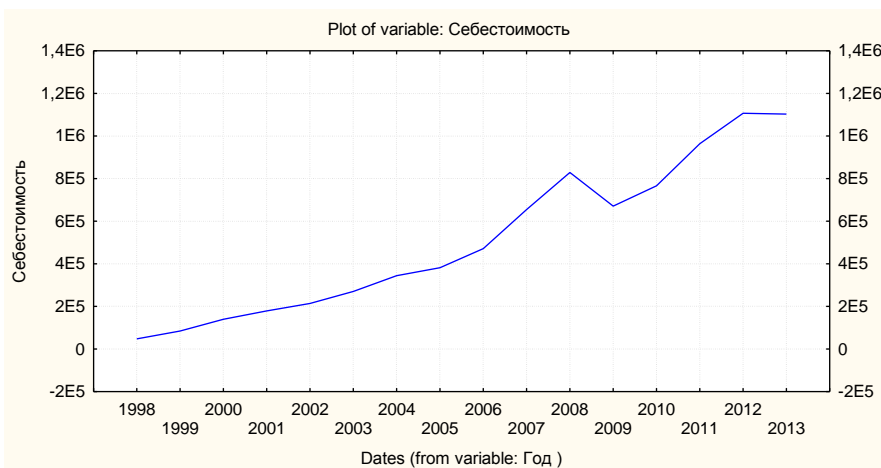


Рис. 1. Анализ временного ряда

По построенному графику можно сделать вывод, что временной ряд имеет линейный тренд и характер модели будет аддитивный, так как пики имеют одинаковую амплитуду. Так же необходимо проанализировать ряд на наличие сезонной составляющей при помощи Фурье-анализа для того, чтобы определить: имеется ли в наших данных какая-либо сезонность.

Проведем Фурье-анализ и построим периодограмму (рис. 2).

На приведенной периодограмме наблюдается наивысший пик на отметке 4, что означает: у представленных данных будет наблюдаться периодичность с периодом 4 года. Сезонная составляющая в себестоимости наблюдается из-за объема произведенной и реализованной продукции собственного производства, а он, в свою очередь, — от потребительского спроса. Основным фактором, влияющим на изменение себестоимости, является объем произведенной и реализованной продукции.

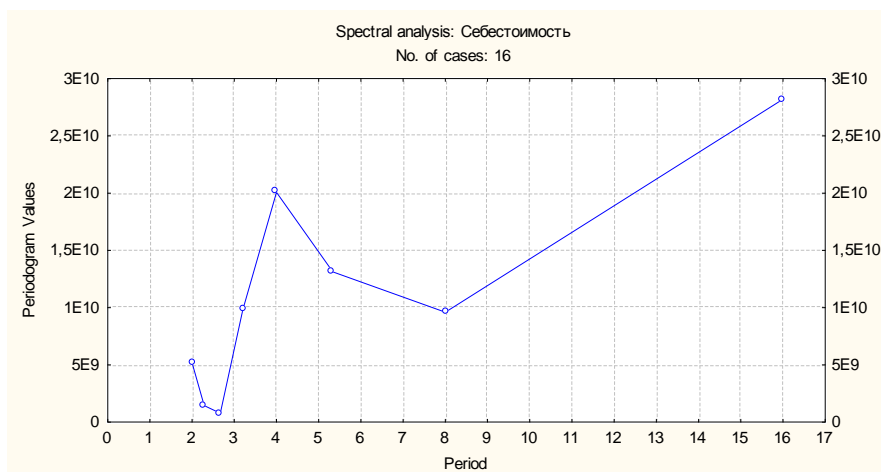


Рис. 2. Периодограмма Фурье-анализа себестоимости продукции

В целях идентификации и подбора порядка модели ARIMA необходимо построить графики функций автокорреляции (АКФ) и частной автокорреляции (ЧАКФ) для нашего ряда. Предварительный вывод о порядке модели на основе анализа графиков АКФ и ЧАКФ можно сделать по числу первых q значимых значений автокорреляционной функции.

Для подбора порядка авторегрессии p большую информацию дает вид частной автокорреляционной функции. Если значим первый коэффициент автокорреляции, то $p = 1$. Если значимы два первых коэффициента, то $p = 2$.

Построим графики АКФ и ЧАКФ и определим параметры модели (рис. 3).

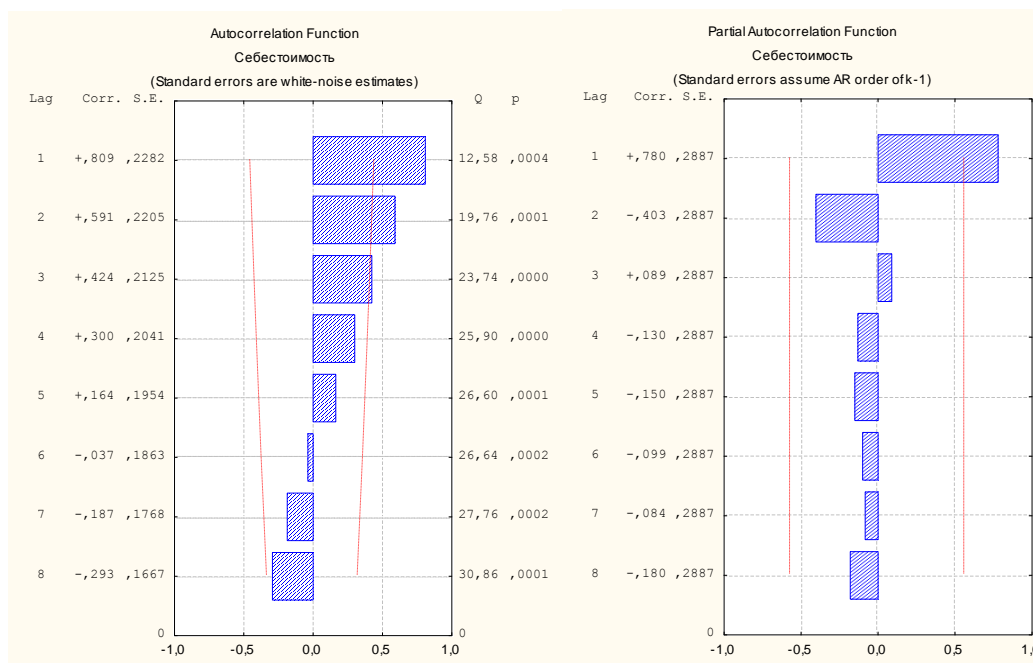


Рис. 3. Графики автокорреляционной и частной автокорреляционной функций

По построенным графикам видно, что автокорреляционная функция имеет форму синусоида – у нее 2 значимых первых коэффициента, а частная автокорреляционная функция имеет резко выделяющиеся значения на лагах 1 и 2. Уравнение авторегрессии будет иметь два слагаемых.

После того как определены параметры для построения модели, задав необходимые значения, строим модель ARIMA. Основные результаты проведенных расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные результаты модели ARIMA

Paramet	Input: Себестоимость (Spreadsheet3)					
	Transformations: none					
Model:(0,0,0)(2,0,0) Seasonal lag: 4 MS Residual= 2703E7						
	Param.	Asympt. Std.Err.	Asympt. t (14)	p	Lower 95% Conf	Upper 95% Conf
Ps(1)	1,85224	0,11423	1,62148	0,00000	1,60724	2,09724
Ps(2)	-0,99982	0,00000	-4,14394	0,00000	-0,99982	-0,99982

Оценка параметров модели дала следующие результаты:

1. Получившиеся параметры выделены красным цветом, что говорит об их значимости. Следовательно, допущенное предположение о том, что в модели будет два сезонных параметра авторегрессии, верно.

2. Коэффициенты уравнения модели устойчивы, так как они более чем в 2 раза превышают свои стандартные ошибки (Asympt.Std.Err.).

3. Модель имеет вид $Model:(0,0,0)(2,0,0)$.

4. Начальное и конечное значения остаточной суммы квадратов (SS) = 3786E8 (6,116%), а средний квадрат остатков (MS) = 2703E7.

Перед тем как начать использование данной модели ARIMA для прогнозирования себестоимости продукции, необходимо провести кросс-проверку, то есть оценить точность ее прогнозирования с помощью данных из специальной тестовой выборки путем сравнения точности прогноза с той, по которой строилась модель. В качестве тестовой выборки были выбраны данные по себестоимости продукции за 2012-2015 годы. Результаты проведенной кросс-проверки приведены в таблице (см. табл. 2).

Таблица 2

Данные кросс-проверки используемой модели ARIMA, млн руб.

	Год	Себестоимость	Прогноз	Абс/Отн. ошибка
	2012	1 106 547	1068685	0,049
	2013	1 102 824	1176264	0,076
	2014	1156600	1361651	0,185
	2015	1108000	964292	0,130
MEAN case 1-16				0,110 (11%)

Из представленной таблицы кросс-проверки видно, что отклонения прогнозных значений от исходных данных незначительны. Значения абсолютных и относительных ошибок говорят о том, что прогноз лучше делать на 2 года вперед, так как средняя ошибка прогноза будет составлять 5%. Так, средняя ошибка по всему ряду динамики составляет 11%. Результаты кросс-проверки показали, что данную модель ARIMA можно использовать для прогнозирования себестоимости продукции машиностроения.

Сделаем прогноз при помощи этой модели на 3 года вперед (2017-2019 гг.). Полученные данные представлены в таблице 3.

Таблица 3

Прогноз себестоимости продукции на 2017-2019 гг.

CaseNo.	<i>Forecasts; Model:(0,0,0)(2,0,0) Seasonal lag: 4 (Spreadsheet3)</i> <i>Input: Себестоимость</i> <i>Start of origin: 1 End of origin: 16</i>			
	Forecast	Lower 90,0000%	Upper 90,0000%	Std.Err.
2017 г.	1131680	842069	1421291	164429,3
2018 г.	1221125	931514	1510736	164429,3
2019 г.	1371873	1082262	1661484	164429,3

Заключение

По приведенным прогнозным данным о себестоимости продукции на 2017-2019 годы, с вероятностью ошибки в 11%, можно сказать, что наблюдается увеличение затрат на производство продукции машиностроения. Также прогнозные данные можно посмотреть на графике (рис. 4), в котором данные прогноза себестоимости

мости машиностроительной продукции за 3 года приведены в доверительном интервале.

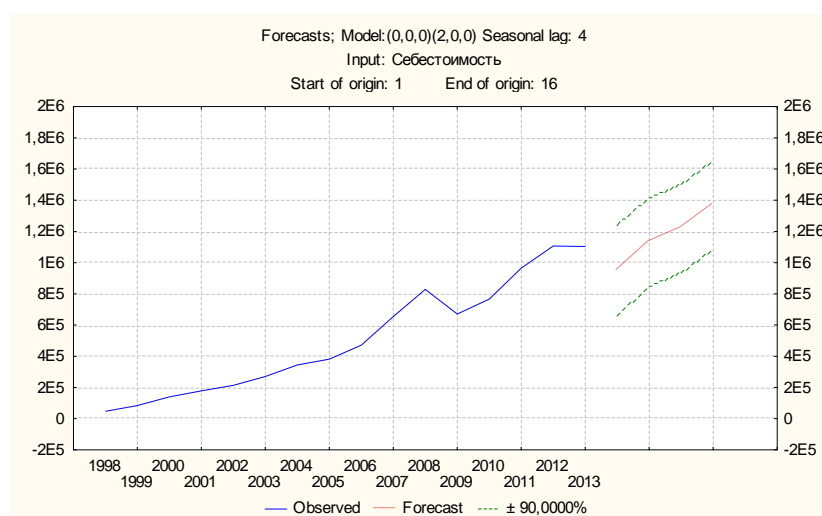


Рис. 4. График прогноза себестоимости с учетом доверительных интервалов

Далее данную модель ARIMA необходимо проверить на распределение остатков, построив гистограмму распределения остатков (см. рис. 5).

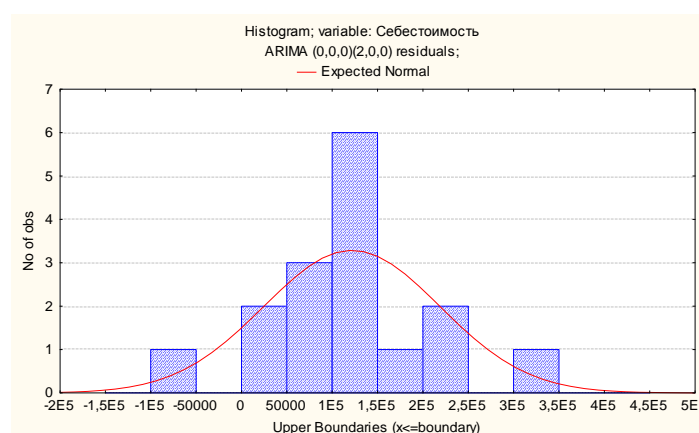


Рис. 5. Гистограмма распределения остатков

Из представленной гистограммы видно, что остатки распределены нормально, т.е. построенная модель качественна и хорошо описывает данные.

Рассмотрим в динамике изменения себестоимости продукции машиностроения с учетом прогнозных значений и сравним ее с динамикой объема произведенной продукции предприятиями машиностроительной отрасли в целом (с учетом прогнозных значений). Динамика данных показателей представлена на полученной диаграмме (см. рис. 6).

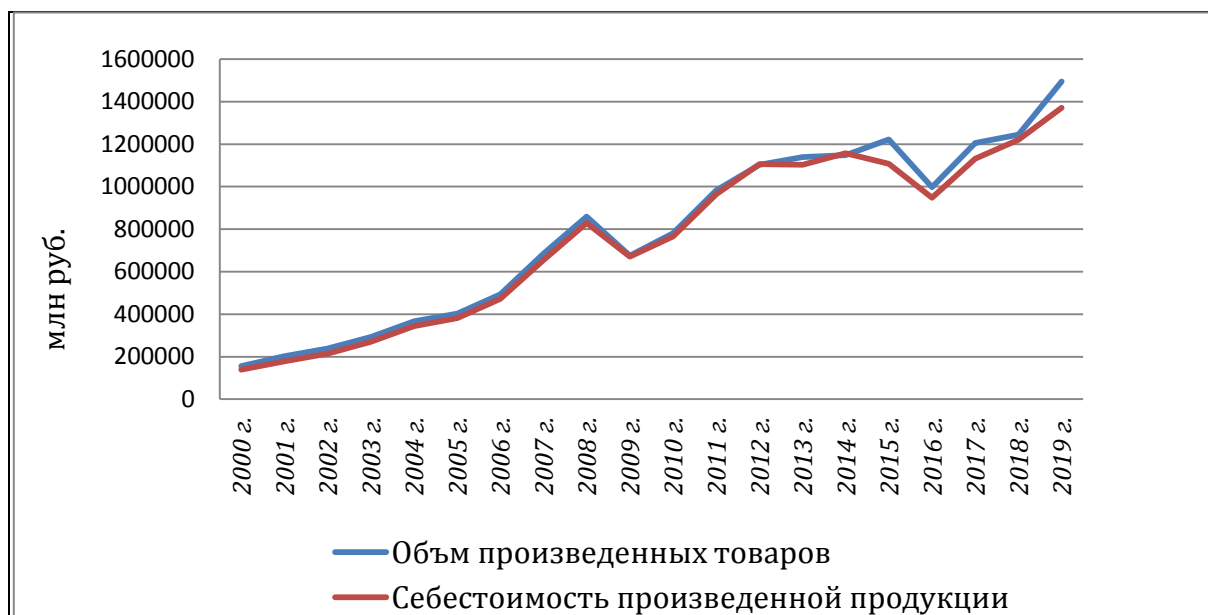


Рис. 6. Динамика показателей с учетом прогнозных значений

По приведенной динамике показателей (с учетом прогноза, представленного на диаграмме) можно сделать вывод, что себестоимость продукции изменяется пропорционально изменению объема производства. Это подтверждает тот факт, что себестоимость зависит от объема произведенной и реализованной продукции. С 2014 года по 2015 год, несмотря на рост объема производства, произошло снижение себестоимости продукции. Такая динамика говорит о предпринятой машиностроительными предприятиями попытке снижения затрат на производство продукции. С 2015 года по 2016 год наблюдается резкое снижение затрат, вызванное спадом производства. В 2016 году ситуация меняется в положительную сторону, и, по результатам прогноза, в период с 2017 года по 2019 год будет наблюдаться увеличение себестоимости продукции пропорционально увеличению объема производства. Стоит подчеркнуть, что прогноз себестоимости продукции на 2017-2019 годы сделан с вероятностью ошибки 11%.

Литература

1. Maddison A. The World Economy: A Millennial Perspective. P., respective country tables, 2001. P. 81.
2. Калинина А. Э., Калинина В. В. Многофакторная оценка состояния промышленности регионов южного федерального округа (ЮФО) // Современные проблемы науки и образования: электронный журнал. 2012. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=6821>.
3. Промышленное производство в России. 2016: стат. сб. П81. М.: Росстат, 2016. 347 с.

4. Промышленность России. 2005: стат. сб. М.: Росстат, 2006. 460 с.
5. Промышленность России. 2010: стат. сб. М.: Росстат, 2010. 453 с.
6. Садовникова Н. А., Шмойлова Р. А. Анализ временных рядов и прогнозирование. Вып. 3: учебно-методический комплекс. М.: Изд. центр ЕАОИ, 2009. 264 с.

*Статья поступила в редакцию 12.11.17 г.
Рекомендуется к опубликованию членом Экспертного совета
канд. экон. наук, доцентом Е. С. Поротькиным*