

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ ЖИВОТНОВОДСТВА В РОССИИ

УДК 311

**Екатерина Сергеевна Дарда**,  
к.э.н., доцент, профессор кафедры  
теории статистики и прогнозирования  
ФГБОУ ВПО МЭСИ  
Эл. почта: EDarda@mesi.ru

**Наталья Алексеевна Садовникова**,  
д.э.н., профессор, заведующая кафедрой  
теории статистики и прогнозирования  
ФГБОУ ВПО МЭСИ  
Эл. почта: NSadovnikova@mesi.ru

Рассмотрена роль животноводства в обеспечении продовольственной безопасности страны. Проведен анализ динамики показателей производства основных видов продукции животноводства. Рассмотрены вопросы прогнозирования показателей развития животноводства Российской Федерации на основе моделей аналитического выравнивания и связанных рядов динамики.

**Ключевые слова:** животноводство, продукция животноводства, аналитическое выравнивание, связанные ряды динамики, прогнозирование.

**Ekaterina S. Darda**,  
PhD in Economics, Associate Professor,  
the Department of Theory of Statistics  
and Forecasting of the Moscow State  
University of Economics, Statistics and  
Informatics (MESI)

**Nataliy A. Sadovnikova**,  
Doctorate of Economic Sciences, Head  
of the Department of Theory of Statistics  
and Forecasting of the Moscow State  
University of Economics,  
Statistics and Informatics (MESI)  
E-mail: NSadovnikova@mesi.ru

## MODELING OF INDICATORS OF LIVESTOCK IN RUSSIA

The role of livestock in food without dangerous country. The analysis of the dynamics of production indicators wasps mainly livestock products. The problems of forecasting-ing performance of Livestock Development of the Russian Federation on the basis of the a-analytical models of alignment and connected series.

**Keywords:** livestock, livestock products, the analyst-matic alignment, coherent time series forecasting.

Животноводство – один из видов экономической деятельности, обеспечивающих продовольственную безопасность страны. Оно занимается разведением сельскохозяйственных животных с целью производства продуктов (молоко, мясо, яйца, меда т.д.) и сырья для перерабатывающей промышленности (шерсть, пух, натуральный шелк и другие). [1]

Животноводство имеет большое значение для экономики страны, так как играет важную роль в обеспечении населения высококалорийными продуктами питания, а также одеждой. Кроме того, животноводство обеспечивает растениеводство органическими удобрениями, текстильные и кожевенные предприятия – сырьем, а также является основным поставщиком сырья для маслосыроваренной, консервной, мясной и других отраслей пищевого производства. [2]

Именно поэтому получение прогнозных оценок основных показателей продукции животноводства является крайне важным для оценки перспектив развития экономики страны в целом.

Информационной базой для построения прогноза будут ряды динамики производства основных видов продукции животноводства за период с 2002 г. по 2013 г. Выбор 2002 г. в качестве начальной точки обусловлен тем фактом, что к этому моменту прекратился период падения объемов производства рассматриваемых видов продукции животноводства и произошло изменение направления тенденции.

На первом этапе проведен априорный анализ на основе расчета и анализа аналитических и средних показателей временных рядов [5]. Полученные показатели указывают на наличие крайне нестабильной динамики, когда периоды спада сменяются периодами роста. В среднем за рассматриваемый период сокращение производства молока составило 0,2 процентных пункта или 46,1 тыс. т в год. Несомненно, общая негативная тенденция обусловлена продолжающимся сокращением поголовья крупного рогатого скота. Максимальное падение валового надоя молока наблюдалось в 2006 г. и составило 4,4 процентных пункта.

Анализ динамики производства скота и птицы на убой в убойном весе указывает на наличие более стабильной положительной тенденции. За период с 2002 г. по 2013 г. объемы производства выросли на 68,3 процентных пункта или 3035 тыс. т. Наибольший прирост наблюдался в 2009 г. и составил 10 процентных пунктов от предшествующего года. В среднем за год объемы производства скота и птицы возрастали на 4,8 процентных пункта или 276 тыс. т.

В течение всего рассмотренного периода наблюдался стабильный рост объемов производства яиц. В среднем за последние двенадцать лет производство яиц ежегодно возрастало на 632 млн. шт. или на 1,7 процентных пункта.

Построение прогнозов показателей развития сельского хозяйства предполагает проверку наличия тенденции в уровнях основных показателей вида экономической деятельности. В настоящее время известно множество критериев для проверки наличия тенденции, различающихся по мощности и по сложности математического аппарата. Эти методы позволяют установить как общую тенденцию развития основных показателей продукции сельского хозяйства во времени, так и тенденцию по видам: средней и дисперсии.

Для проверки рядов динамики на наличие тенденции в уровнях используют кумулятивный Т-критерий. В основе данного критерия лежит гипотеза о том, что во временном ряду отсутствует тенденция. На основе полученных данных по рядам динамики производства продукции животноводства (таблица 1) гипотеза об отсутствии тренда при  $\alpha = 0,05$  отвергается, следовательно, тенденция существует.

Таблица 1

**Результаты реализации кумулятивного Т-критерия в оценке тенденции в объемах производства продукции животноводства в Российской Федерации**

Показатели	Единица измерения	Расчетное значение критерия, $t_p$	Наличие тенденции
Валовой надой молока	тыс. т	5,56	существует
Производство скота и птицы на убой в убойном весе	тыс. т	11,11	существует
Производство яиц	млн. шт.	13,27	существует

Таблица 2

**Результаты реализации метода сравнения средних уровней объемов производства продукции животноводства в Российской Федерации**

Показатели	Тенденция средней		Тенденция дисперсии	
	$t_p$	Результат	$F_p$	Результат
Валовой надой молока	2,66	существует	2,33	отсутствует
Производство скота и птицы на убой в убойном весе	5,13	существует	10,83	существует
Производство яиц	5,27	существует	1,43	отсутствует

Таблица 3

**Уравнения тренда объемов производства продукции животноводства в Российской Федерации в период 2002–2013 гг.**

Показатель	Единицы измерения	Уравнение тренда
Валовой надой молока	тыс. т	$\bar{Y}_t = 32797,3 - 88,0t$
		$\bar{Y}_t = 32788,8 \cdot \exp(-0,003 \cdot t)$
		$\bar{Y}_t = 32897,5 - 403,7 \ln t$
Производство скота и птицы на убой в убойном весе	тыс. т	$\bar{Y}_t = 4496,7 - 22,4t + 23,3t^2$
		$\bar{Y}_t = 4404,4 \cdot 1,01^t \cdot 1,003^{t^2}$
		$\bar{Y}_t = 5853,5 + 703,5t - 1973,6\sqrt{t}$
Производство яиц	млн. шт.	$\bar{Y}_t = 33912,4 + 563,7t$
		$\bar{Y}_t = 34221,8 \cdot 1,01^t \cdot 1,00^{t^2}$
		$\bar{Y}_t = 34039,4 \cdot \exp(+0,015 \cdot t)$

Таблица 4

**Основные характеристики адекватности уравнений трендов основных показателей производства продукции животноводства в Российской Федерации за период 2002–2013 гг.**

Показатель	Уравнение тренда	Средний модуль остатков	Средняя ошибка аппроксимации, %	Критерий Дарбина-Уотсона	Критерий Фишера-Снедекора
Валовой надой молока	$\bar{Y}_t = 32797,3 - 88,0t$	514,3	1,51	1,78	2571,9
	$\bar{Y}_t = 32788,8 \cdot \exp(-0,003 \cdot t)$	515,1	1,60	0,97	2573,3
	$\bar{Y}_t = 32897,5 - 403,7 \ln t$	527,4	2,2	0,96	2600,2
Производство скота и птицы на убой в убойном весе	$\bar{Y}_t = 4496,7 - 22,4t + 23,3t^2$	111,6	2,06	1,88	2001,4
	$\bar{Y}_t = 4404,4 \cdot 1,01^t \cdot 1,003^{t^2}$	113,1	2,11	1,23	1871,1
	$\bar{Y}_t = 5853,5 + 703,5t - 1973,6\sqrt{t}$	129,3	2,43	0,87	1264,5
Производство яиц	$\bar{Y}_t = 33912,4 + 563,7t$	419,8	1,14	1,67	5423,9
	$\bar{Y}_t = 34221,8 \cdot 1,01^t \cdot 1,00^{t^2}$	425,2	1,19	1,74	5807,5
	$\bar{Y}_t = 34039,4 \cdot \exp(+0,015 \cdot t)$	426,8	1,15	1,67	5626,6

Поскольку, на практике выделяют тенденцию трех видов: среднего, дисперсии и автокорреляции, следует проверить исходный ряд динамики на существование каждого вида.

Проверка рядов динамики основных показателей продукции животноводства на наличие тенденции средней и дисперсии может быть проведена на основе метода сравнения средних уровней ряда и метода Фостера-Стюарта. Проверка наличия тенденции средней во всех рассматриваемых рядах показателей производства продукции животноводства Российской Федерации (таблица 2), представленных за период 2002–2013 гг. показала, что гипотеза о равенстве средних отвергается для всех рассматриваемых показателей, так как  $t_p > t_{кр}$ , следовательно средние различаются между собой существенно, и тенденция средней в этих рядах существует.

Выявление наличия тенденции дисперсии показало, что гипотеза о равенстве дисперсии отвергается для показателя производства скота и птицы на убой в убойном весе, так как  $F_p > F_{кр}$  (0,05; 6; 6). Это означает, что дисперсии различаются существенно, следовательно существует тенденция дисперсии в уровнях этих показателей. В рядах динамики валового надоя молока и производства яиц  $F_p < F_{кр}$  (0,05; 6; 6). Следовательно гипотеза о равенстве дисперсий принимается и тенденция дисперсий отсутствует.

Моделирование динамики основных показателей продукции животноводства возможно с помощью различных моделей: тренд-сезонных рядов и связанных рядов динамики.

Методом аналитического выравнивания для описания тенденции показателей производства продукции животноводства были построены трендовые модели с использованием полиномов различных степеней, представленные в таблице 3.

Важнейшей проблемой моделирования тенденции основных показателей производства продукции животноводства Российской Федерации, является подбор математической функции, наилучшим образом описывающей реально существующие закономерности изме-

**Прогнозные значения производства продукции животноводства в РФ на 2014–2016 гг., полученные методом экстраполяции тренда**

Показатель	Уравнение тренда	Период упреждения	Прогнозное значение	Нижняя граница прогноза	Верхняя граница прогноза
Валовой надой молока	$\bar{Y}_t = 32797,3 - 88,0t$	2014	31652,8	31063,6	32242,1
		2015	31564,8	30903,8	32225,8
		2016	31476,7	30742,2	32211,2
Производство скота и птицы на убой в убойном весе	$\bar{Y}_t = 4496,7 - 22,4t + 23,3t^2$	2014	8150,9	7939,9	8361,8
		2015	8758,8	8473,8	9043,7
		2016	9413,4	9041,7	9784,9
Производство яиц	$\bar{Y}_t = 33912,4 + 563,7t$	2014	41240,6	40766,8	41714,3
		2015	41804,3	41272,8	42335,7
		2016	42367,9	41777,4	42958,5

нения показателей. От правильности решения этой проблемы зависят выводы о закономерностях показателей продукции животноводства.

Результаты расчетов значений среднего модуля остатков, средней ошибки аппроксимации, критерия Дарбина-Уотсона, критериев точности и адекватности для рядов динамики основных показателей производства продукции животноводства в Российской Федерации представлены в таблице 4.

Анализ представленных в таблице характеристик адекватности и точности трендовых моделей показывает, что динамика валового надоя молока в Российской Федерации наилучшим образом описывается уравнением прямой, которой соответствует наименьшее значение среднего значения модуля отклонения эмпирических значений признака от теоретических, полученных по уравнению тренда. Значение средней ошибки аппроксимации по всем представленным уравнениям тренда не существенно различаются друг от друга, и в пределах до 15%. Однако минимальное значение соответствует уравнению прямой.

Анализ основных показателей точности и адекватности уравнений по показателям производства скота и птицы на убой в убойном весе позволяет сделать вывод, что тенденция изменения показателя наилучшим образом может быть описана уравнением параболы второго порядка, так как ему соответствует наименьшее значение, среднего модуля остатков, а также значения критериев точности.

Аналогичная валовому надоя молока наблюдается динамика в производстве яиц. Анализируя основные параметры модели можно отметить, что наиболее точно аппроксимирует уравнение прямой.

Прогноз основных показателей продукции животноводства на 2014–2016 гг. представлен в таблице 5.

Полученные значения прогноза указывают на то, что валовой надой молока в 2014–2016 гг. сохранит тенденцию к снижению и достигнет в 2016 г. 31476,7 тыс. тонн в год.

Прогнозные оценки объемов производства скота и птицы на убой (в убойном весе) указывает на то, что ближайшие три года будет наблюдаться тенденция к увеличению производства и к 2016 г. достигнет уровня начала 90-х годов XX в.

Анализ прогнозных оценок объемов производства яиц позволяет сделать вывод о сохранении положительной тенденции данного показателя в 2014–2016 гг. К 2016 г. ежегодно в Российской Федерации будет производиться около 42,4 млрд. шт. яиц в год.

Следует обратить внимание, что полученные прогнозные значения позволяют оценить перспективу изменения объемов производства основных видов продукции животноводства лишь на три года вперед. Это обусловлено тем, что увеличение числа наблюдений в статистической совокупности позволит получить более точные характеристики этой совокупности. В то же время, аналогичное удлинение ряда динамики не всегда приводит к подобным результатам, особенно в тех случаях, когда ряды динамики используются для прогнозирования основных показателей производства продукции животноводства. Отмеченное обстоятельство связано с тем, что информационная ценность уровней утрачивается по мере их удаления от периода упреждения, то есть значения уровней ряда дина-

мики при прогнозировании неравноценны. Поэтому параметры уравнений аппроксимирующих кривых роста не свободны от погрешностей и могут изменять свои оценки при исключении части имеющихся членов ряда либо добавлении новых членов, что отражается на точности расчетных значений уровней. [4]

Моделирование динамики основных показателей продукции животноводства на основе связанных временных рядов предполагает наличие результативных признаков – валовой надой молока (Y1), производство скота и птицы на убой в убойном весе (Y2), производство яиц (Y3), также факторных признаков: поголовье крупного рогатого скота (X1); поголовье свиней (X2); поголовье птицы (X3); количество кормов, в пересчете на кормовые единицы (X4); среднегодовая численность работающих в сельхозпредприятиях (X5); посевные площади кормовых культур (X6).

Рассмотрим матрицу парных коэффициентов корреляции между валовым надоем молока и основными показателями деятельности животноводства в Российской Федерации, представленных в таблице 6–8.

Анализируя полученные матрицы, можно сделать вывод о том, что на объемы производства молока сильное влияние оказывают все отобранные показатели. Однако в модель невозможно включить все

Таблица 6

**Матрица парных коэффициентов корреляции между валовым надоем молока и основными показателями деятельности животноводства в Российской Федерации**

	$Y_1$	$X_1$	$X_4$	$X_5$	$X_6$
$Y_1$	1,00	0,957	0,982	0,887	0,943
$X_1$	0,957	1,00	0,993	0,975	0,997
$X_4$	0,982	0,993	1,00	0,949	0,987
$X_5$	0,887	0,975	0,949	1,00	0,979
$X_6$	0,943	0,997	0,987	0,979	1,00

Таблица 7

**Матрица парных коэффициентов корреляции между объемами производства скота и птицы на убой в живой массе и основными показателями деятельности животноводства в Российской Федерации**

	$Y_2$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$
$Y_2$	1,00	0,974	0,991	0,988	0,989	0,909	0,962
$X_1$	0,974	1,00	0,980	0,983	0,993	0,975	0,997
$X_2$	0,991	0,980	1,00	0,988	0,993	0,929	0,974
$X_3$	0,988	0,983	0,988	1,00	0,989	0,935	0,975
$X_4$	0,989	0,993	0,993	0,989	1,00	0,949	0,987
$X_5$	0,909	0,975	0,929	0,935	0,949	1,00	0,979
$X_6$	0,962	0,997	0,974	0,975	0,987	0,979	1,00

Таблица 8

**Матрица парных коэффициентов корреляции между объемами производства яиц и основными показателями деятельности животноводства в Российской Федерации**

	$Y_3$	$X_3$	$X_5$
$Y_3$	1,00	0,853	0,668
$X_3$	0,853	1,00	0,935
$X_5$	0,668	0,935	1,00

рассматриваемые признаки, т.к. они мультиколлинеарны. Поэтому в модели связанных рядов мы включим только численность крупного рогатого скота.

Рассмотрим матрицу парных коэффициентов корреляции между показателем производства скота и птицы на убой в убойном весе и основными показателями животноводства.

Анализируя матрицу парных коэффициентов корреляции между показателем производства скота и птицы на убой в убойном весе и основными показателями животноводства, можно сделать вывод о том, что на объемы производства скота и птицы на убой в убойном весе сильное влияние оказывают все отобранные показатели. Однако в модель невозможно включить все рассматриваемые признаки, т.к. они мультиколлинеарны. Поэтому целесообразно построение нескольких

моделей связанных рядов, в каждую из которых включим по отдельности численность крупного рогатого скота, свиней, птицы.

Рассмотрим матрицу парных коэффициентов корреляции между показателем производства яиц и основными показателями животноводства. Анализируя полученную матрицу, можно сделать вывод о том, что на объемы производства яиц наиболее сильное влияние оказывают поголовье птицы.

В качестве метода, исключаящего автокорреляцию, использован метод Фриша-Воу. При построении данной модели производства продукции животноводства учитывались основные тенденции и закономерности изменения самих показателей и влияющих на них факторов. В таблице 9 приведены уравнения трендов для рассмотренных показателей.

В результате были получены следующие модели зависимости показателей производства продукции животноводства от различных показателей с учетом фактора времени.

В модель производства молока в качестве факторных признаков были введены: поголовье крупного рогатого скота ( $X_1$ ) и фактор времени:

$$\bar{y}_{x,t} = 17920,2 + 0,53x_1 + 315,62t.$$

Модель регрессии статистически значима ( $Fp = 26239$ ). Изменение производства молока на 99,7% объясняется изменением поголовья крупного рогатого скота. Уровень остаточной вариации объясняющийся воздействием случайных и неслучайных факторов в модели, составляет 26,7%. При изменении поголовья крупного рогатого скота на 1%, объем производства молока возрастет на 0,4%.

Анализируя параметры модели регрессии можно отметить, что при увеличении размера поголовья скота на 1 тыс. голов, объем произведенного молока увеличится на 532 тыс. т.

В результате моделирования зависимости объемов производства молока от факторов, характеризующих поголовье крупного рогатого скота, полученная модель удовлетворительно аппроксимирует факти-

Таблица 9

**Уравнения тренда основных показателей деятельности животноводства за период 2002–2013 гг.**

Показатель	Обозначение	Уравнение тренда
Валовой надой молока	$Y_1$	$\bar{Y}_t = 32797,3 - 88,0t$
Производство скота и птицы на убой в убойном весе	$Y_2$	$\bar{Y}_t = 4496,7 - 22,4t + 23,3t^2$
Производство яиц	$Y_3$	$\bar{Y}_t = 33912,4 + 563,7t$
Поголовье крупного рогатого скота	$X_1$	$\bar{Y}_t = 62380,01 - 4437,88t + 117,50t^2$
Поголовье птицы	$X_3$	$\bar{Y}_t = 355535,2 + 9269,5t + 1423,1t^2$

ческие значения показателя производства молока, т.к. относительная ошибка аппроксимации составляет 3,11%.

При построении модели производства мяса в качестве факторных признаков были введены поголовье крупного рогатого скота ( $X_1$ ), поголовье свиней ( $X_2$ ), поголовье птицы ( $X_3$ ) и фактор времени. В результате была получена следующая модель производства скота и птицы на убой в живой массе и поголовья крупного рогатого скота:

$$\bar{y}_{x,t} = -3573,44 + 0,26x_1 + 480,87t.$$

Модель регрессии статистически значима ( $Fp = 6784,0$ ). Изменение производства скота и птицы на убой в убойном весе на 99% объясняется изменением поголовья крупного рогатого скота.

Модель зависимости производства скота и птицы на убой в убойном весе и свиней имеет следующий вид:

$$\bar{y}_{x,t} = 1513,92 + 0,15x_2 + 264,29t.$$

Изменение производства скота и птицы на убой в убойном весе на 98% объясняется изменением поголовья свиней.

При изменении поголовья крупного рогатого скота на 1%, объем производства мяса возрастет на 1,08%, а при изменении поголовья свиней на 1% объемы производства мяса возрастет на 0,43%.

В результате моделирования зависимости объемов производства скота и птицы на убой в убойном весе от указанных факторов, полученная модель наиболее точно аппроксимирует фактические значения показателя производства, т.к. относительная ошибка аппроксимации составляет соответственно, 3,87 и 4,50%.

Моделируя производство яиц в качестве факторных признаков, введен в модель показатель численности птицы  $X_3$  и фактор времени.

В результате получена следующая модель:

$$\bar{y}_{x,t} = 30517,86 + 0,011x_3 + 429,9t.$$

Изменение производства яиц на 97% объясняется изменением поголовья птицы. Уровень остаточной вариации, объясняющийся воздействием случайных и неслучайных факторов в модели, составляет 2,3%. При изменении поголовья птицы на 1%, объем производства яиц возрастет на 0,11%. Анализируя параметры модели регрессии можно отметить, что при увеличении поголовья птицы на 1 тыс. голов, объем произведенного яиц увеличится на 11 млн. шт. В результате моделирования зависимости объемов производства яиц от указанных факторов, полученная модель наиболее точно аппроксимирует фактические значения показателя производства яиц, т.к. относительная ошибка аппроксимации составляет 3,28%.

Построенные модели позволят получить прогнозные значения основных показателей продукции животноводства с учетом влияния рассмотренных факторов, а также фактора времени. Полученные прогнозные значения представлены в таблице 11. Результаты прогноза указывают на то, что в период 2014–2016 гг. сохранится рост производства. При этом к 2016 г. уровень валового надоя молока достигнет объемов 33,3 млн. т. Аналогичная ситуация наблюдается и по оставшимся показателям, так объемы производства мяса и яиц также постоянно возрастают и к 2016 г. достигнут уровня 9,2 млн. т и 43,6 млрд. шт., соответственно.

#### Литература

1. Дарда Е.С. Статистический анализ и прогнозирование производства основных видов продукции животноводства: Монография. – М.: ИНО, 2011. – 109 с.
2. Дарда Е.С., Макарова А.С., Садовникова Н.А. Анализ и про-

гнозирование развития сельского хозяйства Российской Федерации: Монография. – Эко планет – 2014. – 228 с.

3. Рыбакова Е.С. Статистический анализ и прогнозирование производства основных видов продукции животноводства: дис. канд. эконом. наук. – М., 2005. – 182 с.

4. Садовникова Н.А., Дарда Е.С. Анализ динамики и прогнозирование объемов производства яиц // Экономико-правовые аспекты реализации стратегии модернизации России: глобальное, страновое, региональное измерения: тез. докл. XXVIII междунар. науч.-практ. конф. (25–29 сент. 2013 г., г. Сочи). – С. 201–206.

5. Теория статистики // Минашкин В.Г., Садовникова Н.А., Шмойлова Р.А., Моисейкина Л.Г., Дарда Е.С. – М.: ЕАОИ, 2011. – 398 с.

#### References

1. Darda ES Statistical analysis and forecasting of production of major livestock products: Monograph. – М.: ИНО, 2011. – 109 p.
2. Darda ES, Makarov AS, Sadovnikova NA Analysis and forecasting of Agriculture of the Russian Federation: Monograph. – Eco Planet – 2014. – 228 p.
3. Rybakov ES Statistical analysis and forecasting of production of major livestock products: dis. cand. Economy. Sciences. – М., 2005. – 182 p.
4. Sadovnikova NA, Darda ES Analysis of the dynamics and forecasting production volumes eggs // Economic and legal aspects of the implementation of Stra-Strategy of Russia's modernization: global, national, regional, measurements of: mes. rep. XXVIII Int. Scientific-prac. Conf. (25–29 Sept. 2013, Sochi). – С. 201–206.
5. Theory of Statistics // Minashkin VG, Sadovnikova NA, Shmoilova RA, Moiseykina LG, Darda ES – М.: EOI, 2011. – 398 p.