

# МОДЕЛИ ПРОДАЖ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ АО «АВТОВАЗ» В РОССИИ В ПОСЛЕДНЕЕ ДЕСЯТИЛЕТИЕ (2010 – 2020 ГГ.)

Макаров В. В.

*Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН,  
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65*

makfone@mail.ru

*Аннотация: В данном исследовании найдены показатели, имеющие высокую статистическую связь с объемами продаж легковых автомобилей АО «АВТОВАЗ». На основе этих показателей построены ряд моделей для оценки годовых объемов продаж. Одной из лучших моделей оказалась многофакторная статическая стационарная по параметрам модель, учитывающая шесть показателей экономического состояния страны.*

Ключевые слова: легковые автомобили АО «АВТОВАЗ», социально-экономические параметры, многофакторная модель, линейная стационарная модель, нелинейная модель, нестационарная модель, рекуррентная идентификация.

## Введение

Анализ рынка легковых автомобилей России показывает, что, несмотря на сравнительно большое количество разнообразных мировых марок автомобилей, продаваемых в России за исследуемый период времени 2010 – 2020гг., продажи легковых автомобилей АО «АвтоВАЗ» в количественном отношении существенно превосходят продажи любой из зарубежных марок легковых автомобилей [1-3]. Эти автомобили в стоимостном отношении можно условно отнести к классу бюджетных. Возможность приобретения легковых автомобилей данного класса определяется платежеспособным спросом населения. Задача данного исследования состоит в выявлении количественных параметров, определяющих этот платежеспособный спрос, определяющий возможность приобретения автомобиля данного класса. Рассматривается вся линейка продукции АО «АвтоВАЗ», выпускаемая за календарный год: LADA Granta, LADA 4x4, LADA Vesta, Lada Niva Chevrolet, Lada Samara, Lada Kalina, Lada Largus, Lada Priora, LADA XRAY, Datsun on-DO, Datsun mi-DO.

Отечественные исследователи делали попытки прогноза рынка автомобилей в разные периоды времени [4-6]. Однако такого рода прогнозы имели, с нашей точки зрения, ряд недостатков. Во-первых, прогнозная модель строилась для общего рынка автомобилей России, а не для одной марки. Делая прогноз по продукции одного производителя, можно дать рациональные рекомендации основному производителю, поставщикам комплектующих и ремонтным предприятиям [4, 5]. Во-вторых, прогноз на следующий период делался на основе анализа поведения временного ряда в предыдущие периоды. При этом неявно делается предположение, что для краткосрочного периода, в нашем случае 1 год, существенных изменений не произойдет и сохранится текущая тенденция, при этом делается оценка нижней и верхней границ объема продаж [5, 6].

## 1 Факторы, определяющие покупательную способность автомобилей АО «АВТОВАЗ»

Выявить абсолютно все факторы, определяющие возможность и желание населения России приобрести легковой автомобиль отечественного производителя, задача, как нам кажется, невыполнимая. Однако вполне реально выявить основные количественные факторы, тесно связанные с объемами продаж. Это даст возможность построить количественные модели объемов продаж от найденных факторов.

Рассмотрим годовые объемы продаж АО «АвтоВАЗ» с 2010 по 2020 гг. Информация доступна в сети Интернет и в разных источниках имеет незначительные вариации [1-3]. Временной ряд явно нелинейная функция. Линейная аппроксимация со средним квадратичным отклонением  $\sigma = 73133,53$  и коэффициентом детерминации  $R^2 = 0,56$ :

$$Y(x) = 5.05 \cdot 10^7 - 24841,6x \quad (1)$$

где  $Y$  – объем продаж в штуках,  $x$  – годы продаж, представлена на рисунке 1.

Объем продаж бюджетного ценового сегмента легковых автомобилей в России связан с возможностью и желанием приобрести отечественный легковой автомобиль самой обширной группы населения со средним годовым доходом.

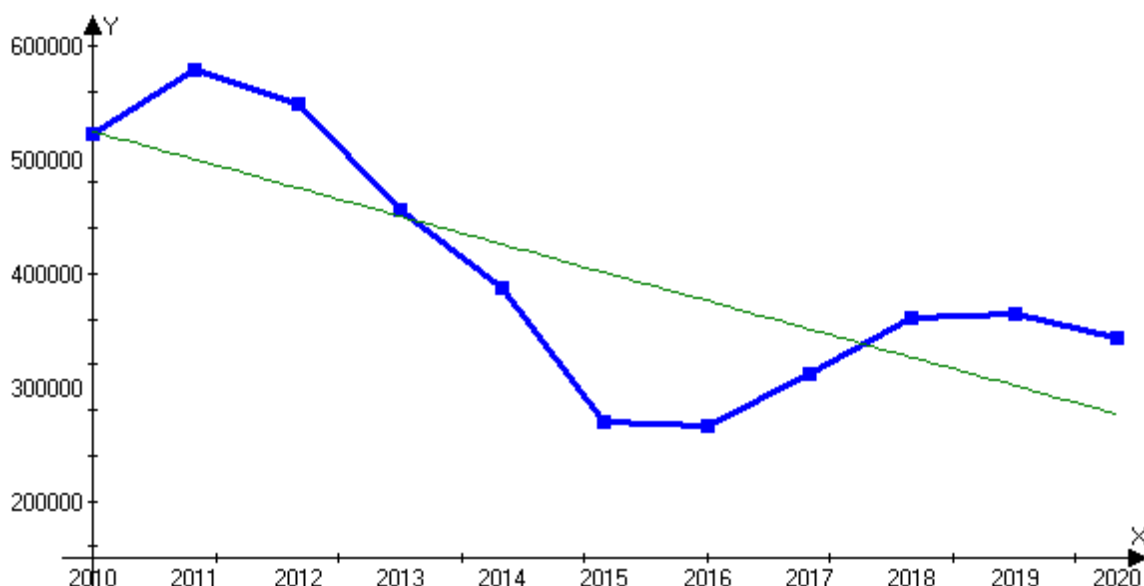


Рис. 1. Ежегодный объем продаж легковых автомобилей АО «АВТОВАЗ» и линейная модель (1).

Покажем, что статистическая связь между объемом продаж и величиной прожиточного минимума существует и она существенная. В таблице 1 приводятся соотношения между годовыми объемами продаж АО «АвтоВАЗ» и величиной прожиточного минимума в России в рассматриваемые годы [7]. Количественная связь между продажами автомобилей АО «АвтоВАЗ» оценивается коэффициентом корреляции. Например, на исследуемом интервале продаж 2010 – 2020гг. коэффициент корреляции между продажами и величиной прожиточного минимума в России  $\rho = -0.85$ , т. е. достаточно высокая обратная зависимость.

Таблица 1. Объем продаж легковых автомобилей АО «АВТОВАЗ» с 2010 г. по 2020г. и величина прожиточного минимума населения России.

Год	Объем продаж автомобилей	Величина прожиточного минимума в руб.
2010	517147	6138,00
2011	569080	6878,00
2012	537625	7049,00
2013	456300	7871,00
2014	387300	8683,00
2015	269096	10455,00
2016	266296	10598,00
2017	311588	10899,25
2018	360204	11125,25
2019	363658	11808,75
2020	343512	12234,5

На рисунке 2 показана нелинейная зависимость объема продаж легковых автомобилей от величины прожиточного минимума. Степень нелинейности этой зависимости можно оценить по качеству линейной аппроксимации. Линейная модель, соответствующая этой нелинейной зависимости, имеет следующий вид:

$$Y(x) = 807337.3 - 24841.1x, \quad (2)$$

где  $Y$  – количество проданных автомобилей за год,  $x$  – величина прожиточного минимума в соответствующий год. Коэффициент детерминации равен  $R^2 = 0.72$ , величина стандартного отклонения  $\sigma = 58349,7$ .

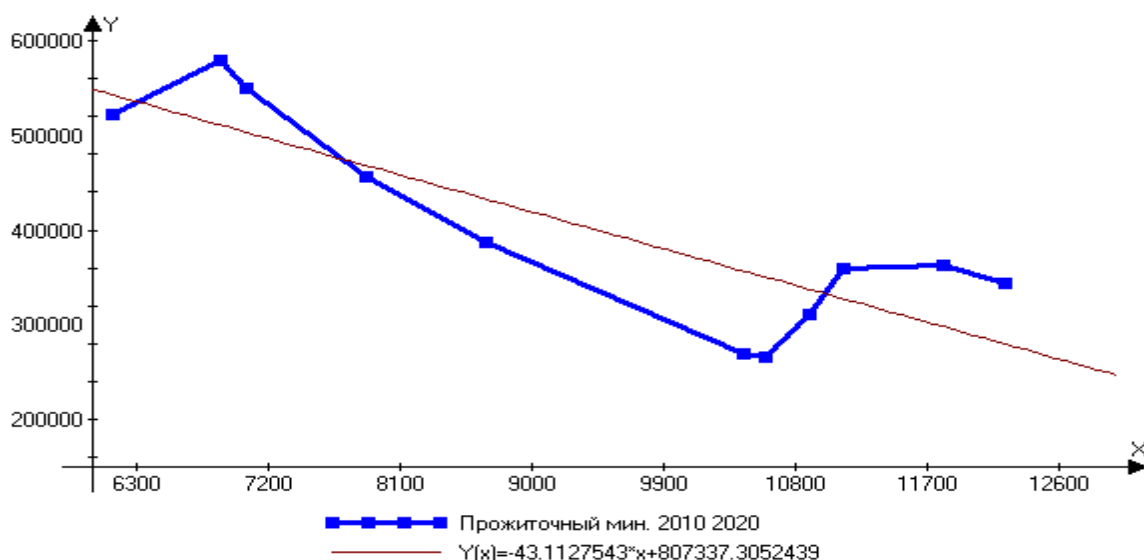


Рис. 2. Зависимость ежегодного объема продаж легковых автомобилей АО «АВТОВАЗ» от величины прожиточного минимума (таб.1) и линейная модель (2).

Эту отрицательную корреляционную связь можно объяснить тем, что чем выше величина прожиточного минимума, тем меньше желание покупателя приобрести бюджетный автомобиль, против более дорогой, но престижной иномарки.

Аналогично показывается статистическая связь между другими факторами, с относительно высокой степенью корреляции с ежегодными продажами автомобилей: средней заработной платой, курсом доллара, ценой литра бензина марки АИ-92 и АИ-95, ценой нефти марки Brent (в долларах или рублях, что никак не сказывается на качестве модели).

Таблица 2. Объем продаж легковых автомобилей АО «АВТОВАЗ» и коррелированные факторы с ним в 2010–2020 гг.

Год	Количество продаж (Y)	Курс доллара к рублю (x1)	Величина прожиточного минимума (x2)	Средняя заработная плата (x3)	Цена бензина АИ95 за литр (x4)	Цена бензина АИ95 за литр (x5)	Среднегодовая цена на нефть марки Brent USD (x6)
2010	522900	30,37	6138	20952	25,40	23,5	79,6
2011	578400	29,39	6878	23369	26,92	24,9	111
2012	548950	31,09	7049	26628	29,07	26,8	111,4
2013	456300	31,85	7871	29792	31,39	28,9	108,8
2014	387300	38,44	8683	32495	35,11	32,2	98,9
2015	269096	60,96	10455	34029	36,13	33,3	52,4
2016	266296	67,03	10598	36709	37,60	34,7	44
2017	311588	58,35	10899	39167	39,74	36,5	54,53
2018	360204	62,71	11125	43724	43,95	39,43	72,93
2019	363658	64,74	11808	47867	45,67	43,13	63,33
2020	343512	72,15	12234	51352	46,20	44,6	58,79

Федеральная служба государственной статистики в докладе о социально-экономическом положении России в разделе уровень жизни населения с 2010 по 2020 гг. к факторам, характеризующим социально-экономическое положение граждан Российской Федерации относит большое число показателей: располагаемые денежные доходы, средний размер назначенных пенсий, индекс потребительских цен, количество трудоспособного населения, величина прожиточного минимума и другие [7]. Таким образом, в нашем исследовании часть показателей, определяющих покупательную способность, совпадает с факторами, характеризующими социально-экономическое положение граждан Российской Федерации в понимании государства, а часть – расширяет эти показатели, например курс доллара к рублю и другие.

## 2 Многофакторная модель продаж

Построим многофакторную модель, включающую одновременно, все факторы, имеющие статистическую связь с объемами продаж. Сначала оценим величину множественного коэффициента корреляции:  $R_{Y|x_1x_2\dots x_6} = 0,94$ . Он показывает на наличие сильной линейной статистической связи, поэтому будем строить многофакторную линейную модель.

Линейная модель выглядит следующим образом:

$$Y_{\text{mod}}(N) = 684229,26 + 3588,92x_1(N) - 105,12x_2(N) + 11,40x_3(N) - 9718,16x_4(N) + 10336,87x_5(N) + 1725,90x_6(N), \quad (3)$$

где  $x_i$  – соответствующий фактор, который учитывался при определении платежеспособного спроса на автомобили АО «АвтоВАЗ»,  $N$  – время, когда производились соответствующие измерения (для модели (3) это один год). Высокое качество многофакторной модели показывает коэффициент детерминации  $R^2 = 0,89$ .

Таблица 3. Объем продаж легковых автомобилей АО «АВТОВАЗ» в 2010–2020 гг. и рассчитанные значения по модели (3).

Год ( $N$ )	Объем продаж автомобилей $Y(N)$	Рассчитанные значения продаж $Y_{\text{mod}}(N)$ по (3)
2010	517147	520389
2011	569080	520550
2012	537625	545268
2013	456300	492355
2014	387300	442327
2015	269096	275578
2016	266296	298602
2017	311588	279787
2018	360204	344761
2019	363658	332395
2020	343512	356186

Средняя ошибка прогноза по всем годам менее 7%, т. е. точность прогноза в сравнении с однофакторным прогнозом, например (2) возросла в несколько раз и соответственно для объема продаж в 2015 году (середина интервала) ошибка прогноза в натуральном выражении составляет примерно 6482 штук. При существенно нелинейных изменениях каждого из факторов  $x_i(N)$  во времени (по годам, а если анализировать по месяцам тем более) модель (3) показывает удивительную точность при относительной простоте.

Рисунок 3 показывает, согласно таблице (3), объемы продаж по годам  $Y(N)$  и расчётные значения  $Y_{\text{mod}}(N)$  по модели (3). Небольшое расхождение между реальными объемами продаж  $Y(N)$  и расчетными значениями  $Y_{\text{mod}}(N)$  могут быть обусловлены вероятным не учётом каких-либо иных факторов кроме присутствующих в модели (3), либо иным характером модели. Один из возможных вариантов предположить, что модель прогноза должна быть нестационарной.

Есть мнение ряда уважаемых ученых экономистов, что многие экономические процессы в современной российской экономике носят нестационарный характер [8, 9]. С этой гипотезой они связывают неработоспособность моделей западной экономики в приложении к российской.

Модель (3) построена в предположении, что зависимость между объемами продаж  $Y(N)$  и шестью факторами стационарна, т. е. коэффициенты модели (3) не изменяются на протяжении достаточно большого отрезка времени в одиннадцать лет.



Рис. 3. Ежегодный объем продаж легковых автомобилей АО «АВТОВАЗ (синий график) и его линейная модель (3) (красный график).

На рис.3 мы видим, что продажи, рассчитанные по линейной стационарной модели (3) и реальные продажи  $Y(N)$  немного не совпадают. Предположим, что это обусловлено изменением всех или только некоторых параметров (коэффициентов) в уравнении (3). Посмотрим, насколько большими являются эти изменения.

Проверим эту гипотезу о не стационарности модели (3). Структуру модели (3) оставим неизменной, так как линейная модель дает достаточно хороший прогноз.

Модель (3) в предположении не стационарности параметров, т. е. в предположении изменения параметров во времени, выглядит следующим образом:

$$Y_{\text{mod}}(N) = b_0(N) + b_1(N)x_1(N) + b_2(N)x_2(N) + b_3(N)x_3(N) + b_4(N)x_4(N) + b_5(N)x_5(N) + b_6(N)x_6(N). \quad (4)$$

Так как мы предполагаем, что параметры в модели (4) могут изменяться в любой момент времени (напомним, что дискретность изменений один год), следует воспользоваться алгоритмом рекуррентного оценивания неизвестных параметров  $b_i(N)$ . Для нашей задачи алгоритм Качмажа оказывается вполне приемлемым [10, 11]:

$$b_i(N) = b_i(N - 1) + \frac{Y(N) - Y_{\text{mod}}(N)}{\sum_{i=1}^6 x_i^2(N)} x_i(N), \quad (5)$$

где  $i$  – номер фактора (таблица 2), влияющего на продажи  $Y(N)$ .

Есть одна особенность алгоритма Качмажа, важная для нашей задачи. Для модели (4) алгоритм (5) обращает в ноль ошибку прогноза на каждом шаге:

$$Y_{\text{mod}}(N) - Y(N) = 0.$$

Таким образом, можно получить абсолютно точную модель в смысле прогноза  $Y(N)$  продаж по годам (смотри таб.2) и значения оцениваемых коэффициентов  $b_i(N)$ . В качестве начальных значений  $b_i(0)$  оцениваемых параметров для модели (4) возьмем оценки для стационарной модели (3):

Таблица 4. Значения коэффициентов  $b_i(0)$  для учитываемых факторов  $x_i$

$x_i$	$b_i(0)$
$x_0$	684229,26
$x_1$	3588,92
$x_2$	-105,12
$x_3$	11,40
$x_4$	-9718,16

$x_i$	$b_i(0)$
$x_5$	10336,87
$x_6$	1725,90

Рассчитаем по алгоритму (5) значения параметров  $b_i(N)$  для каждого года:  $N = 2010, \dots, 2020$ .

Таблица 5. Значения коэффициентов  $b_i(N)$  для учитываемых факторов  $x_i$

$x_i$	$b_i(2010)$	$b_i(2011)$	$b_i(2012)$	$b_i(2013)$	$b_i(2014)$	$b_i(2015)$	$b_i(2016)$	$b_i(2017)$
$x_0$	684229,3	684229,26	684229,26	684229,26	684229,26	684229,26	684229,26	684229,26
$x_1$	3588,92	3588,92	3588,92	3588,92	3588,92	3588,92	3588,92	3588,92
$x_2$	-105,12	-104,45	-105,02	-105,36	-105,48	-105,05	-105,23	-104,80
$x_3$	11,40	13,68	11,52	10,26	9,81	11,19	10,56	12,13
$x_4$	-9718,16	-9718,16	-9718,16	-9718,16	-9718,16	-9718,16	-9718,16	-9718,16
$x_5$	10336,87	10336,87	10336,87	10336,87	10336,87	10336,87	10336,87	10336,87
$x_6$	1725,90	1725,91	1725,90	1725,90	1725,90	1725,90	1725,90	1725,90

Таблица 5. Продолжение.

$x_i$	$b_i(2018)$	$b_i(2019)$	$b_i(2020)$
$x_0$	684229,26	684229,26	684229,26
$x_1$	3588,92	3588,92	3588,92
$x_2$	-104,90	-104,83	-105,04
$x_3$	11,70	11,99	11,14
$x_4$	-9718,16	-9718,16	-9718,16
$x_5$	10336,87	10336,87	10336,87
$x_6$	1725,90	1725,90	1725,90

Анализируя таблицу 5, можем заметить, что присутствует незначительная флуктуация параметров  $b_2(N)$  и  $b_3(N)$  для соответствующих факторов  $x_2$  и  $x_3$ . Напомню, что модель (4) с коэффициентами из таблицы 5 дает точные значения  $Y(N)$  для всех рассматриваемых годов  $N = 2010, \dots, 2020$ .

Оценим величину флуктуации параметров  $b_2(N)$  и  $b_3(N)$ . Вычислим вариацию для этих параметров на всем интервале анализа  $N = 2010, \dots, 2020$ :

$$\text{var}\{b_2\} = 0,0027$$

$$\text{var}\{b_3\} = 0,091$$

Это означает, что  $b_2(N)$  практически не изменяется, а  $b_3(N)$  слабо изменяется, менее чем на 10%. Следовательно, не приходится говорить о не стационарности модели (3). Это доказывает, что модель продаж (3) описывает стационарный экономический процесс на длительном интервале исследования в 11 лет.

## Заключение

В 2019 году была предпринята первая попытка исследования объемов продаж автомобилей марки LADA [13]. Исследование ограничилось 2018 годом. Новые данные и изменившаяся экономическая ситуация (например, возникновение и распространение пандемии коронавируса), подтвердили, что при нелинейных изменениях факторов, влияющих на продажи на рассматриваемом интервале времени, можно построить линейные модели зависимостей продаж от этих факторов с высокой степенью адекватности. Более того, в настоящем исследовании показано, что модель продаж является стационарной и линейной. Это явилось определенной неожиданностью. В начале исследования предполагалось, что для рассматриваемой задачи аппроксимирующие модели должны быть нелинейными.

В модели (3)  $x_6$  – среднегодовая цена на нефть Brent в долларовом измерении. Использование в качестве единицы измерения российский рубль никак не влияет на качество модели.

Применение простейших линейных многофакторных моделей прогноза продаж легковых автомобилей «АО АвтоВАЗ» как функции от показателей уровня жизни, выбранных в работе, позволило получить точность прогноза гораздо выше, чем в работах [4-6].

## Литература

1. Компания «АвтоВАЗ». Досье [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.aif.ru/dontknows/file/kompaniya\\_avtovaz\\_dos](http://www.aif.ru/dontknows/file/kompaniya_avtovaz_dos) (дата обращения: 28.06.2021).
2. Статистика российского авторынка: итоги 2021 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://autoreview.ru/news/statistika-rossiyskogo-avtorynka-itogi-2021-goda> (дата обращения: 28.05.2021).
3. VERcity: автомобильный портал. Статистика продаж автомобилей в мире. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://auto.vercity.ru/statistics/sales/> (дата обращения: 28.05.2021).
4. *Щукина Н. А., Тарасова И. А.* Моделирование динамики продаж новых легковых автомобилей в России // *Фундаментальные исследования*. Т. 1, № 10, 2016. - с.673-677.
5. *Шапкина Ю. В., Кузьмин Н. А., Шапкин В. А.* Прогнозирование спроса на услуги станции технического обслуживания автомобилей. Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева. № 4(91), 2011. - с.157-164.
6. *Хугаева Е.А., Коротков А. В.* Экономико-статистический анализ и прогнозирование развития рынка автомобилей // *Вестник современных исследований*. № 10.2 (25), 2018. - с.267-271.
7. *Социально-экономическое положение России [Электронный ресурс]* // Федеральная служба государственной статистики. – Режим доступа: // URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 28.05.2021)
8. *Лившиц В. Н., Лившиц С. В.* Системный анализ нестационарной экономики России (1992–2009): рыночные реформы, кризис, инвестиционная политика. - М.: Поли Принт Сервис, 2010. - 452 с.
9. *Костюк В.Н.* Нестационарные экономические процессы. - М.: ИСА РАН, УРСС, 2004. - 238 с.
10. *Райбман Н. С., Чадеев В. М.* Построение моделей процессов производства. М: Энергия, 1975. - 376 с.
11. *Kaczmarz S.* Angenaherte auflosung von systemen linearer gleichungen. Bull.Acad. Polon. Science at Letters, ser. A, 1937. - p. 355–357.
12. *Freund, John T.* Modern elementary statistics, 11th ed. – Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey 07458, 2004. - 546p.
13. *Макаров В. В.* Российский рынок автомобилей Lada и факторы его определяющие / Труды 12-й Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2019, Москва) , под общей редакцией С.Н.Васильева, А.Д.Цвиркуна, М.: ИПУ РАН, 2019. - с. 79–84.