

УДК 330.43

*Р.А. Панфилова*

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва,  
email: reginapanfilova@mail.ru

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КУРСА ДОЛЛАРА США НА СТОИМОСТЬ АКЦИЙ ПАО «АЭРОФЛОТ»**

**Ключевые слова:** экономико-математическое моделирование, эконометрическая модель, акции, прогнозирование, стоимость акций, методы планирования и прогнозирования, объяснение стоимости акций.

В данной статье исследуются особенности экономико-математического моделирования как метода математически формализованного описания экономических объектов, процессов и явлений, а также проводится построение модели расчета стоимости акции и проверка качества данной модели на возможность применения ее на практике. Целью работы является подробное рассмотрение экономико-математического моделирования как одного из методов планирования и прогнозирования, а также его практического применения на реальных данных фондового рынка. В результате исследования была построена адекватная эконометрическая модель, в которой оценивается влияние курса доллара США и предыдущего значения стоимости одной акции публичного акционерного общества «Аэрофлот» на ее текущую стоимость. Полученная модель позволяет прогнозировать будущее значение стоимости одной акции компании «Аэрофлот» и может применяться на практике при построении инвестиционной стратегии.

*R.A. Panfilova*

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow,  
email: reginapanfilova@mail.ru

## **ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING OF THE VALUE OF SHARES OF PJSC AEROFLOT**

**Keywords:** economic and mathematical modeling, econometric model, shares, forecasting, share price, planning and forecasting methods, explanation of share price.

This article explores the features of economic and mathematical modeling as a method of mathematical formalized description of economic objects, and also builds a model for calculating the value of a share and checks this model for the possibility of application. PJSC Aeroflot was taken as object of investigation, especially shares of this company. The purpose of the work is a detailed consideration of economic and mathematical modeling as one of the planning and forecasting methods, as well as its practical application on real stock market data. Main points of economic and mathematical modeling were considered during the research. The basic points of econometrics were studied for the building the model. As a result of the study, an adequate economic and mathematical model was built, in which the value of one share of PJSC Aeroflot is explained using the value of the US dollar in ruble terms and the value of the share value in the previous period. This model is qualitative and ready to be used for the development of the investing strategy.

Одним из актуальных вопросов является исследование фондового рынка. Не так давно именно этот предмет стал наиболее обсуждаемой темой, так как различные влияющие на него факторы, волатильность и ее последствия стали одной из важнейших проблем, как для исследователей, так и для инвесторов. Данная тенденция была вызвана ростом популярности фондового рынка в связи со снижением ключевой ставки ЦБ РФ во второй половине 2010-х, а также с распространением мобильных приложений по инвестированию, что упростило выход на биржу. Фондовый рынок представляет собой «со-

вокупность экономических взаимоотношений по поводу выпуска и обращения финансовых инструментов – ценных бумаг» [1]. Рынок ценных бумаг в данном ключе становится основным механизмом для перераспределения денежных накоплений экономическими субъектами. Одними из таких экономических субъектов являются компании, чьи акции котируются на биржах. От стоимости одной акции зависит рыночная стоимость компании, так как последняя рассчитывается исходя из текущей цены одной ценной бумаги. Поэтому величина стоимости одной акции, а также ее изменчивость, вызывает

особый интерес как у эмитента (стремится к максимизации для повышения инвестиционной привлекательности), так и для потенциального покупателя акции (желает получить прибыль).

Прогнозирование в данном случае является основополагающим процессом оценки стоимости, так как позволяет понять дальнейшее развитие тех или иных показателей и оценить ожидаемую стоимость акций и, соответственно, рыночную стоимость компании при заданных параметрах. В свою очередь наличие подобных ожиданий становится преимуществом для тех компаний, кто применяет прогнозирование, так как дает возможность заранее предвидеть различные варианты событий и действия в соответствии с каждым. В качестве инструмента прогнозирования одним из наиболее качественных, с точки зрения соотношения точности, понимания и сферы применения является экономико-математическое моделирование.

Экономико-математическое моделирование является сложным инструментом. Изучение данных особенностей является ключевым шагом в понимании данного инструмента и оптимизации его использования.

В данной работе будет изучено экономико-математическое моделирование, его особенности, методы и этапы. В том числе будет построена эконометрическая модель, объясняющая уровень стоимости акций компании на примере компании ПАО «Аэрофлот».

### **1. Экономико-математическое моделирование как часть прогнозирования**

В настоящее время в теории финансового планирования и прогнозирования существует множество различных инструментов, применяемых для построения прогнозов, среди них: балансовый, нормативный, расчетно-аналитический, метод бюджетирования [2], и одним из них также является экономико-математическое моделирование, которое с некоторой точки зрения недостаточно используется на практике для планирования и управления результатами деятельности предприятия [3].

Неоправданное недоверие к экономико-математическому моделированию может быть связано с трудоемкостью

его использования, сложностями расчета и отсутствием полного понимания в последовательности и методике расчетов.

Экономико-математическое моделирование представляет собой разновидность метода моделирования, основывающуюся на описании процессов и явлений с помощью создания экономико-математических моделей. Модель же является условным или абстрактным отображением того или иного в действительности существующего процесса или концепции, принимающего физическую, графическую, математическую или дескриптивную форму [4].

По своей сути данный метод прогнозирования нацелен на формализованное описание экономических систем, объектов, процессов и их взаимосвязей математическим языком, то есть с использованием различных формул, уравнений и неравенств и их производных. Так или иначе большая часть экономических явлений в теории представлена в виде моделей, так как в ряде случаев исследование без использования модели процесса стремиться к невозможному в силу сложности и довольно часто противоречивости отдельных составляющих.

Использование рассматриваемого метода при планировании и прогнозировании деятельности организации предполагает построение такой модели взаимосвязи финансовых показателей, которая является наиболее подходящей для организации в зависимости от различных факторов. Так, в зависимости от учета или упущения такой переменной, как время, выделяют статические и динамические модели. В первых моделях время не учитывается и само явление принимается неизменным во временном рассмотрении, то есть с течением времени исследуемый процесс не подвержен изменению, либо влияние времени на него столь мало, что им можно пренебречь. Динамические же модели, наоборот, учитывают время как влияющий фактор.

### **2. Построение эконометрической модели для стоимости акций ПАО «Аэрофлот»**

Одной из крупнейших авиакомпаний в России является ПАО «Аэрофлот» (доля на российском рынке пассажирских авиаперевозок – 41,3% (на конец

2019 года)), она входит в топ-20 авиационных групп мира, а также в топ-100 крупнейших российских компаний [5]. В связи с этим рассмотрение стоимости ценных бумаг данной компании и наличия зависимости ее от различных факторов является достаточно интересным вопросом. В связи с последними событиями особое внимание хочется уделить определению степени влияния внешних факторов на стоимость акций столь крупной группы компаний, что будет возможно вследствие выявления степени влияния выбранных регрессоров на объясняемую переменную.

Для построения подходящей спецификации в качестве объясняющей переменной возьмем стоимость акции в предыдущий период. Причиной выбора данного регрессора является понимание того, что стоимость акции в предыдущий период дает примерный ориентир на стоимость в текущем.

Сейчас очень большое влияние на различные объекты оказывает курс доллара. От него зависит как стоимость некоторых продуктов, так и обстановка на рынке ценных бумаг.

Исходя из наличия текущей эндогенной переменной – стоимости одной акции ПАО «Аэрофлот» (обозначим ее  $P_t$ ), и определения предопределенных переменных, в которые входят одна экзогенная – курс доллара в текущий период времени ( $S_t$ ), и одна лаговая эндогенная переменная – стоимость одной акции в предыдущий период ( $P_{t-1}$ ), можно составить следующую спецификацию:

$$\begin{cases} P_t = a_0 + a_1 S_t + a_2 P_{t-1} + u_t \\ E(u_t | S_t, P_{t-1}) = 0 \\ E(u_t^2 | S_t, P_{t-1}) = \sigma_u^2 \end{cases},$$

которая включает модель линейной множественной регрессии, где цена одной акции в текущий момент времени объясняется значением курса доллара в текущий момент времени и стоимостью одной акции компании в предыдущий момент времени. В данную спецификацию также включен свободный член (параметр  $a_0$ ) и случайный остаток.

### 3. Оценка и исследование полученной спецификации эконометрической модели

Следующим шагом после построения спецификации является сбор необходимых для дальнейшей работы данных. В качестве источника подходящих статистических данных будет использован информационный центр, предоставляющий статистическую и актуальную информацию по различным активам, представленным на фондовых рынках. Для получения наиболее точных оценок параметров в работе будет рассмотрена выборка данных в период с декабря 2018 года по декабрь 2021 года включительно с шагом в неделю, таким образом для оценивания будет использовано 156 наборов данных [6].

В результате оценки параметров спецификации в Excel образовывается таблица (табл. 1). Где верхняя строка включает в себя значения параметров  $a_0$ ,  $a_1$  и  $a_2$  (справа налево), ниже вычислены ошибки для каждого из параметров ( $S_{a_i}$ ), значение коэффициента детерминации ( $R$ ), дисперсия случайных остатков ( $S^2(\epsilon)$ ).

**Таблица 1**

Результат оценки параметров линейной множественной регрессии с помощью Excel

0,791590871 ( $a_2$ )	-0,720338442 ( $a_1$ )	67,76075453 ( $a_0$ )
0,036986522 ( $S_{a_2}$ )	0,128206927 ( $S_{a_1}$ )	11,86820386 ( $S_{a_0}$ )
0,959927145 ( $R$ )	3,467287352 ( $S^2(\epsilon)$ )	#Н/Д
1832,522933	153	#Н/Д
44061,48041	1839,378482	#Н/Д

Подставив получившиеся значения в описанную ранее спецификацию, получим следующую оцененную модель:

$$\begin{cases} P_t = 67,761 - 0,720S_t + 0,792P_{t-1} + u_t \\ (11,868) \quad (0,128) \quad (0,037) \quad (3,467) \end{cases}'$$

в которой в скобках под значениями параметров находятся их стандартные ошибки, то есть их среднее отклонение от истинного неизвестного значения, и оценка среднего квадратического отклонения случайного возмущения.

Данная модель характеризуется высоким качеством, так как значение коэф-

фициента детерминации как обычного, так и скорректированного приближено к единице. Скорректированный коэффициент детерминации равен 0,959, что говорит о высокой объясняющей способности взятых регрессоров. В то же время случайный характер коэффициента детерминации исключен, так как по результатам F-теста на уровне значимости 5%, то есть с 95% вероятностью, мы можем доверять объясняющей способности коэффициента. Это позволяет дальше исследовать качество построенной модели, так как выбранные параметры оказывают наибольшее влияние на стоимость акции.

Модель принято проверять на ряд ошибок для большей уверенности в ее качестве. Существуют ошибки 4 типов: ошибка выбора типа уравнения, включение в спецификацию незначимой переменной, пропуск в модели значимой переменной и непостоянство параметров линейной регрессионной модели.

Ошибка первого типа проверяется на ряд симптомов графиком функций, ранжированием значений случайных остатков и вычислением значений параметров для двух одинаковых по количеству наборов данных частей. Последнее проводится путем ранжирования набора данных, который остался после проверки второго симптома, деления его на две равные части, в данном случае в каждой части получается по 78 наборам. После оценки параметров для каждой из частей имеют место следующие две модели:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_t = 65,567 - 0,680S_t + 0,778P_{t-1} + u_t \\ (16,709) (0,182) (0,078) (2,925) \end{array} \right\}$$

для первой части данных и

$$\left\{ \begin{array}{l} P_t = 76,784 - 0,773S_t + 0,738P_{t-1} + u_t \\ (18,956) (0,188) (0,076) (3,972) \end{array} \right\}$$

для второй части соответственно.

По наблюдаемым оценкам параметров и их ошибкам можно сделать вывод, что существенные отличия в соответствующих коэффициентах отсутствуют, так как оценки очень близки друг к другу.

Таким образом, можно утверждать, что данный тип ошибки отсутствует в построенной спецификации, а значит, линейный вид функции регрессии, который был выбран изначально, не является ошибочным.

Наличие ошибки второго типа или ее отсутствие проверяется с помощью t-критерия, который сравнивается с модульным значением отношения значения параметра к его отклонению (табл. 2). Так как каждый из рассчитанных показателей принимает значение больше критического показателя дроби Стьюдента, следует вывод о том, что все выбранные регрессоры важны для модели.

**Таблица 2**

Рассчитанные показатели для проверки ошибки второго типа

Показатель	Значение
tкр	1,975590315
a0	5,709436352
a1	5,61856102
a2	21,40214396

Ошибка третьего типа, а именно пропуск в модели значащей объясняющей переменной, эквивалентна по последствиям и симптомам ошибке I типа, так как это аналогично неверно выбранному типу модели. По проверенным симптомам ошибка первого типа не наблюдалась, что позволяет сделать вывод об отсутствии ошибки третьего типа. Также дополнительно можно проверить случайные остатки на автокорреляцию. Тест Дарбина-Уотсона, который применяется для проверки данного условия, невозможно использовать в построенной спецификации, так как в ней присутствует лаговая переменная. В связи с отсутствием возможности применения теста Дарбина-Уотсона проверку на автокорреляцию случайных остатков можно провести с помощью построения графика (рис. 1) для значений случайных возмущений и визуально используя эмпирический анализ подтвердить или опровергнуть возможную зависимость между соседними  $u_t$ .

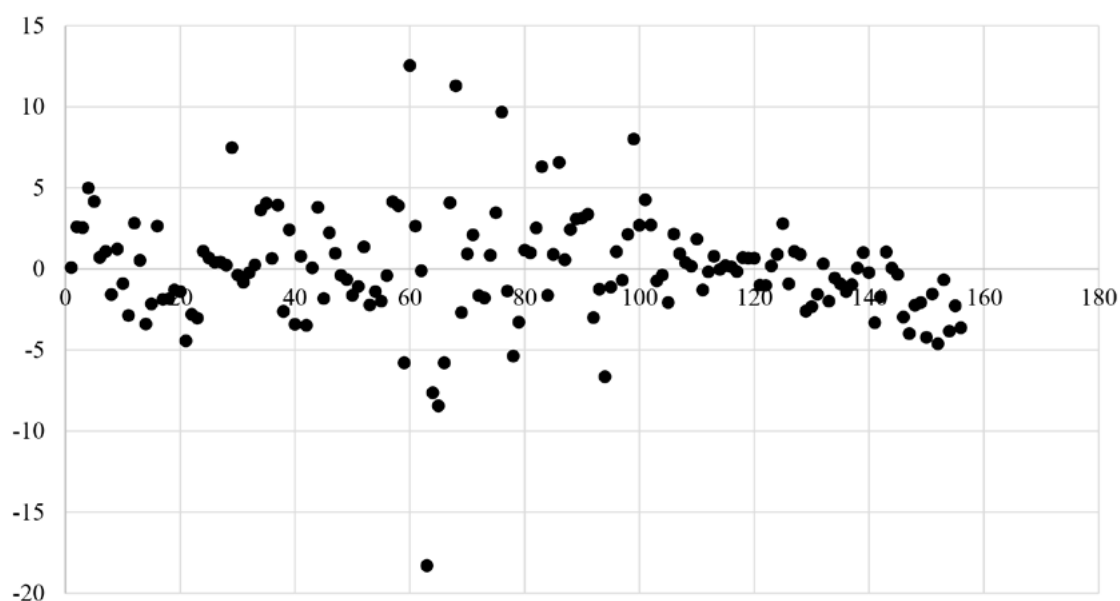


Рис. 1. График рассеивания случайных остатков

По графику можно сделать вывод о том, что соседние значения случайных остатков не коррелируют между собой, так как на графике представлено довольно хаотичное распределение случайных остатков во времени около нулевого значения, соответственно, отсутствуют дополнительные переменные, которые не были учтены для составления модели.

Последним типом ошибки является непостоянство параметров линейной регрессионной модели, для проверки которого необходимо разделить выборку на две части до и после предполагаемого структурного сдвига. В качестве даты предполагаемого структурного сдвига возможно использовать 1 марта 2020 года, так как примерно в этот период начался так называемый процесс «закрытия» внешних и внутренних границ России в связи с пандемией, и также наблюдалось падение стоимости акций ПАО «Аэрофлот». Таким образом выборка делится на две части, для каждой из которых вычисляются оценки параметров. Найденное критическое значение  $F$  больше значения  $z$  критерия, вследствие чего можно утверждать об отсутствии структурного сдвига.

Таким образом, в результате проверки полученной спецификации на все 4 типа ошибки, можно говорить

о безошибочности построенной модели и целесообразности ее дальнейшего использования.

Также данная модель имеет гомоскедастичные случайные остатки, то есть остатки с равной дисперсией, согласно тесту Голдфилда-Квандта, с нулевой ковариацией между ними, что было доказано ранее. Следовательно, полученные параметра в результате МНК-оценки являются наилучшими, так как выполняются предпосылки Гаусса-Маркова.

Эконометрические модели используются в первую очередь для прогнозирования объясняемых переменных через известные значения предопределенных. Для того чтобы прогнозирование было возможным модель должна быть адекватной, что определяется путем проведения определённого тестирования. При проведении интервального прогноза подтверждается адекватность модели, если значения эндогенной переменной из контролирующей выборки входят в построенный интервал, определенный с помощью оцененного значения  $P_t$  и критического значения модуля дроби Стьюдента.

В качестве контрольной выборки были случайно выбраны наборы данных под номерами 20, 60, 100 и 140, что соответствовало выгруженным

данным за 29.04.2019, 03.02.2020, 16.11.2020 и 30.08.2021 соответственно. Общая выборка состоит из 156 наборов наблюдений, таким образом обучающая выборка составляет 97,4%, а контрольная 2,6% от всего количества наборов, что соответствует требованию к их доле (контрольная выборка не более 5%).

После проведенных вычислений по подбору новых параметров, а также вычислению интервалов для значения текущего уровня стоимости акций контрольной выборки (табл. 3), можно на 5% уровне значимости утверждать о том, что исследуемая модель подходит под условие адекватности и может быть применена для построения прогноза по известным значениям предопределенных переменных, а именно курса доллара и стоимости акции ПАО «Аэрофлот» в предыдущий период, так как исходной значение текущей эндогенной переменной для каждого конкретного наблюдения попало в оцененный интервал.

**Таблица 3**

Результаты проверки теоремы об оптимальном прогнозе

№ наблюдения	Интервал	Оцененное значение
20	104,596 – 91,256	97,926
60	113,525 – 100,169	106,847
100	72,949 – 59,611	66,280
140	76,268 – 62,943	69,605

По данной таблице видно, что исходной значение текущей эндогенной переменной для каждого конкретного наблюдения попало в оцененный интервал. Вследствие этого мы на 5% уровне значимости можем утверждать о том, что исследуемая эконометрическая модель подходит под условие адекватности и может быть применена для построения прогноза по известным значениям предопределенных переменных, а именно курса доллара и стоимости акции ПАО «Аэрофлот» в предыдущий период.

Таким образом, данную модель можно использовать в целях оценки будущей возможной капитализации компании для ее менеджмента, а также для игроков фондового рынка в целях повышения финансового результата от купли-продажи акций.

## Выводы

В данной работе были рассмотрены различные аспекты экономико-математического моделирования, в рамках которых имеют место особенности, характеризующие данный инструмент планирования и прогнозирования.

Само по себе экономико-математическое моделирование предполагает создание моделей, то есть упрощенного математического описания исследуемого явления. Из этого вытекает исключение из модели факторов, оказывающих слабое влияние на исследуемый показатель, даже несмотря на их наличие в действительности. Моделирование предполагает сложные математические расчеты, что предполагает высокую внимательность и точность в отношении вычислений. Для проведения наиболее точного исследования требуется большой набор первичных данных, от величины которого зависит корректность окончательных результатов.

Также в данной работе была подробно рассмотрена модель, описывающая текущую стоимость одной акции ПАО «Аэрофлот» через текущее значение курса доллара и стоимость той же акции в предыдущий период времени. По итогам оценки качества полученной модели, соответствия ее предпосылкам теоремы Гауса-Маркова и теореме об оптимальном прогнозе может быть сделан вывод об оптимальности полученных оценок и безошибочности выбранной модели. Полученная оцененная модель:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_t = 95,616 - 0,965S_t + 0,675P_{t-1} + u_t \\ (16,322) \quad (0,169) \quad (0,056) \quad (3,978) \end{array} \right\}$$

соответствует всем требуемым параметрам, в связи с чем может применяться на практике для прогнозирования стоимости цен акций ПАО «Аэрофлот». По известным значениям курса доллара и стоимости акции в предыдущий момент времени можно с 95% вероятностью определить точное текущее значение цены.

Данная модель может быть использована только в рамках исследуемой компании, а именно ПАО «Аэрофлот», так как акции других компаний, несомненно, будут по-другому реагировать

на изменение курса доллара либо вообще никак не коррелировать с ним. Конкретно для данной компании была выявлена отрицательная зависимость между курсом доллара США и ценой одной акции компании и положительная между ее текущим и предшествующим значениями. Эта взаимосвязь свидетельствует о том, что цена акции в каждом периоде растет относительно своего прошлого значения, что является положительным моментом особенно для акционеров и инвесторов.

Таким образом, экономико-математическое моделирование имеет неограниченные перспективы по развитию и применению во многих сферах, а также важное значение для прогнозирования деятельности различных компаний.

*Научный руководитель: Платонова Наталья Александровна, кандидат экономических наук, доцент департамента корпоративных финансов и корпоративного управления, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации.*

*Библиографический список*

1. Лошаков А.Ю. Фондовый рынок как составная часть экономической безопасности государства // Финансы и учетная политика. 2020. № 1 (16). С. 11-15.
2. Мартынов В.С. Финансовое планирование в организации // Инновационная наука. 2021. № 5. С. 110-112.
3. Халидова М.А., Якубов Т.В. Экономико-математическое моделирование как инструмент обоснования управленческих решений в хозяйственной практике предприятия // Kant. 2020. № 1 (34). С. 106-111.
4. Гункин Е.М. Применение экономико-математического моделирования в планировании производственной деятельности предприятий оборонно-промышленного комплекса // Известия ТулГУ. Экономические и юридические науки. 2019. № 2. С. 33-38.
5. Годовой отчет 2019 ПАО «Аэрофлот». [Электронный ресурс] URL: [https://ir.aeroflot.ru/fileadmin/user\\_upload/files/rus/common\\_info/gosa\\_doc\\_2020/AFLT-ar19-ru\\_\\_1\\_.pdf](https://ir.aeroflot.ru/fileadmin/user_upload/files/rus/common_info/gosa_doc_2020/AFLT-ar19-ru__1_.pdf). – (дата обращения: 10.04.2022).
6. Mfd.ru – Финансовый портал. [Электронный ресурс] URL: <https://mfd.ru/>. – (дата обращения: 11.04.2022).