



# Моделирование авиапассажирских перевозок России



*Ольга Петровна Сушко*

*Московский государственный технический университет гражданской авиации  
 Москва, Россия.*

✉ [o.sushko@mstuca.aero](mailto:o.sushko@mstuca.aero).

Ольга СУШКО

## АННОТАЦИЯ

Применение экономико-математических методов прогнозирования результатов деятельности организаций гражданской авиации и, в частности, объемов авиапассажирских перевозок в силу важности оперативного планирования процессов авиатранспорта, разработки стратегических направлений его развития, технологического и технического обновления авиапредприятий достаточно актуально.

Цель исследования состоит в планировании авиапотока пассажиров по регрессионной модели с учётом результатов многофакторного отбора детерминант, среди которых выделяют фундаментальные макропоказатели, а также значимые показатели авиаарынка.

Исследование пассажирских авиаперевозок проводилось с использованием методов системного анализа, методов математической статистики и эконометрики. При модели-

ровании процесса пассажирских перевозок выделены основные детерминанты, положительно или отрицательно влияющие на динамику авиапассажиропотока. Множественная регрессия исследования процессов связанности и синхронности изменений развития пассажиропотока и отобранных макропоказателей в обобщённом виде является суммой векторов влияющих переменных с поправкой на рассчитанные коэффициенты.

В результате разработаны шести-, четырёх- и трёх-факторные регрессионные модели, из которых последняя обладает наибольшей достоверностью с достаточно близкими к фактическим значениям данными. При прогнозировании пассажиропотока по регрессионной модели необходимо учитывать не только теоретические аспекты, данные официальных прогнозов макропоказателей, но и мнение экспертов.

*Ключевые слова:* воздушный транспорт, факторные признаки, моделирование авиапассажиропотока, множественная регрессия, статистическая проверка модели, прогнозирование авиапассажиропотока.

*Для цитирования:* Сушко О. П. Моделирование авиапассажирских перевозок России // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 6 (103). С. 64–71. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-7>.

**Полный текст статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.  
 The full text of the article in English is published in the second part of the issue.**

## ВВЕДЕНИЕ

Значимость и степень развития транспорта, в том числе и воздушного, во многом следуют трендам развития мировой и национальной экономики в целом. При этом современный авиабизнес, не исключая российский, сталкивается с целым комплексом проблем и вызовов социально-экономического и технологического плана, в том числе и принципиально новых<sup>1, 2</sup> [1–5]. Поиск решений возникающих задач в сфере авиаперевозок предполагает комплексный анализ не только долгосрочных фундаментальных, но и установление новых факторов, воздействующих на изменение экономических показателей как авиакомпаний и авиапредприятий, так и отрасли в целом. Для целей моделирования краткосрочного и долгосрочного прогнозирования также актуально определение основных детерминант, положительно или отрицательно влияющих на динамику. В силу этого подтверждается необходимость применения экономико-математических методов прогнозирования результатов деятельности гражданской авиации, в частности объемов авиапассажирских перевозок в силу важности оперативного планирования процессов авиатранспорта, разработки стратегических направлений развития, технологического и технического обновления авиапредприятий.

## Обзор исследований

Ряд работ научного и прикладного назначения связан с моделированием процессов перевозок грузов и пассажиров, различающимся по сложности, возможности реализации, по объективности интерпретации полученных данных [6–8]. Предложены сложные модели, такие как нейронные сети, модели с использованием искусственного интеллекта, цепей Маркова и другие. Безусловно полезными могут быть методики прогнозирования, которые разработаны авиакомпаниями. Авиаком-

церн Boeing<sup>3</sup> применяет модель прогнозирования пассажиропотока ( $Y$ , пасс.-км) на основе учёта одного основного макроэкономического показателя – валового продукта  $X$ :

$$\ln Y = -3,21 + 1,88 \ln X.$$

В авиакомпании «Аэрофлот», по имеющимся данным, используется методика прогнозирования объёма авиаперевозок на основе логарифмирования валового продукта и разницы дохода от авиаперевозок пассажиров:

$$\ln Y = 1,14 + 2,11 \ln X - 0,63 \ln Z,$$

где  $Y$  – авиаперевозка пасс.-км,

$X$  – ВВП,

$Z$  – доход от пассажирских перевозок на пасс.-км.

Данные авиакомпаний используются, в том числе, для планирования деятельности аэропортов, выделения авиаперевозчикам слотов<sup>4</sup>.

Таким образом, в авиабизнесе при прогнозировании авиаперевозок пассажиров используются специальные модели на основе зависимости от валового продукта, но полученные прогнозы могут иметь погрешности, так как учитывают только один фактор. Более того, по мнению ряда учёных и аналитиков, занимающихся исследованием экономики транспортной отрасли, существующая связанность прироста пассажирских авиаперевозок на 1 % с ростом валового продукта на 1 % характерна не для всех стран. Например, для развивающихся стран данная пропорция выше. Некоторые исследования по данным за 2008–2021 годов также не содержат однозначного подтверждения указанных пропорций, что обусловлено в частности тем, что динамика пассажирооборота имеет некоторые пределы падения/роста, а также временные лаги от момента движения экономических факторов до их воздействия на показатели авиаперевозок, что отражается на амплитуде колебаний перевозок в кризисные периоды и периоды подъёма экономики.

<sup>3</sup> Boeing Current market outlook 2014–2033. [Электронный ресурс]: [http://www.boeing.com/assets/pdf/commercial/cmo/pdf/Boeing\\_Current\\_Market\\_Outlook\\_2014.pdf](http://www.boeing.com/assets/pdf/commercial/cmo/pdf/Boeing_Current_Market_Outlook_2014.pdf). Airbus Global market forecast 2014–2033. [Электронный ресурс]: [http://www.airbus.com/company/market/forecast/?eID=maglisting\\_push&tx\\_maglisting\\_pi1%5BdocID%5D=40733](http://www.airbus.com/company/market/forecast/?eID=maglisting_push&tx_maglisting_pi1%5BdocID%5D=40733).

<sup>4</sup> IATA. [Электронный ресурс]: <https://www.iata.org/contentassets/4ede2aabfcc14a55919e468054d714fe/wasb-guidance-temporarycapacity-reductions.pdf>. Доступ 20.10.2022.

<sup>1</sup> Международная организация гражданской авиации (International Civil Aviation Organization). [Электронный ресурс]: [www.icao.int](http://www.icao.int). Доступ 20.09.2022.

<sup>2</sup> Деловой авиационный портал АТО.RU. [Электронный ресурс]: <http://www.ato.ru/content/sita-aeroporoty-nuzhno-srochno-cifrovizirovat-chtoby-izbezhatmnogochasovyh-ocheredey>. Доступ 20.09.2022.





Более сложная модель исследования связанности пассажиропотока и тарифов, других факторов основана на нескольких показателях:

$$Y = a_0 X_1^{a_1} X_2^{a_2} e^{a_3 X_3},$$

где  $X_1$  – индекс ВВП;

$X_2$  – средний авиатариф;

$X_3$  – учёт других факторов;

$a_0$ – $a_3$  – коэффициенты.

Представляет научный интерес для дискуссионного обсуждения влияние новых факторных реалий, таких как, например, глобальные изменения на авиарынке, институциональные преобразования авиаинфраструктуры, совершенствование технологической платформы авиабизнеса [9–16]. Но пока получаемые результаты трудно интерпретируемы и трудоёмки для практического использования в целях прогнозирования объёма авиаперевозок.

При этом значимость прогнозирования процессов авиаперевозок на основе эконометрического моделирования остаётся на высоком уровне, в первую очередь благодаря тому, что она позволяет получить достоверные результаты для практического использования по сравнению с выводами, полученными при использовании других методов.

### Постановка задачи исследования

Предметом исследований является экономика авиаотрасли. На данном этапе исследования объектом выступают динамика пассажирских авиаперевозок и экономических показателей в роли основных регрессоров.

Цель данного этапа исследования представляется как выделение основных факторов, влияющих на авиапассажиропоток, и повышение эффективности моделирования авиапассажиропотока на основе множественной регрессии. Моделирование множественной регрессии позволяет включать большое число факторов с установлением связанности рядов и индивидуального влияния каждого факторного показателя на моделируемый ряд авиаперевозок с последующим расчётом суммарного воздействия.

Новизна исследования процессов авиаперевозок пассажиров с разработкой модели множественной регрессии временных рядов авиапассажиров и экономических показателей связана с учётом в полном объёме информации о корреляционной связи между данными моделируемого ряда и временными ряда-

ми факторных показателей. Также полученная модель позволяет проводить мониторинг корреляционной связи временных рядов и возможность ранжировать факторы для обеспечения большей достоверности результатов.

Исследование пассажирских авиаперевозок проводилось с использованием методов системного анализа, методов математической статистики и эконометрики. Для разработки экспериментальной базы исследования использованы информационные и статистические ресурсы международных организаций, государственных органов статистического наблюдения (Федеральной службы государственной статистики (Росстат), ЕМИСС<sup>5</sup>), информационно-аналитических сайтов (Statista<sup>6</sup>), в том числе специализирующихся на отраслевой авиационной тематике («АвиаСтат»<sup>7</sup>, «Авиапорт» и «Авиапро»<sup>8</sup>), а также сведения, содержащиеся в научных изданиях и публикациях, другие статистические и аналитические материалы [12–16].

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Построение теоретических основ модели и алгоритма

Для построения многофакторной модели прогнозирования авиапассажиропотока важной задачей является выбор значимых показателей в качестве факторных переменных, определение числа факторов. Отбор показателей, влияющих на динамику авиапассажиропотока, для включения их в разрабатываемую регрессионную модель производился по результатам качественного и количественного анализа.

Рыночный механизм формирования спроса и предложения зависит от цены и множества неценовых факторов, среди которых основными выступают численность и доходы населения. Соответственно данные факторы включены в модель. Другие факторы ранжировались по результатам опроса учёных, за-

<sup>5</sup> ЕМИСС. [Электронный ресурс]: <https://fedstat.ru>. Доступ 10.09.2022.

<sup>6</sup> Statista [Электронный ресурс]: <https://www.statista.com/>. Доступ 15.10.2022.

<sup>7</sup> AviaStat. Аналитическое агентство «АвиаСтат». [Электронный ресурс]: <https://aviastat.ru>. Доступ 15.09.2022.

<sup>8</sup> AVIA.RU Network – российский авиационный портал. [Электронный ресурс]: <https://aviaru.net>. Доступ 15.10.2022.



Рис. 1. Диаграмма анализа совокупности экономических факторов [разработано автором].

нимающихся исследованием транспортных процессов, специалистов и представителей авиаотрасли. Тем не менее, невозможно учесть и включить в регрессию все факторы, но это и не столь критично, так как в регрессии рассчитывается не только влияние включённых регрессоров, но и влияние не включённых, но при этом связанных с основными объясняющими переменными факторов. Также следует заметить, что перенасыщение модели факторными переменными может привести к статистической незначимости параметров по критерию Стьюдента, что и будет продемонстрировано в результате анализа шести- и более факторной модели.

Далее проводилась оценка целесообразности включения факторов в модель на основе статистических методов. Факторы анализировались на наличие корреляционной зависимости с результирующим фактором. Автором исследована синхронность изменений развития основного показателя развития авиаперевозок (пассажиропоток) и ряда макропоказателей: валовой продукт, валовой продукт на душу населения, численность населения, средняя заработная плата и средний доход населения, курс национальной валюты к доллару, уровень инфляции и уровень безработицы, изменения цены на нефть, цены на авиабилеты и др. (рис. 1) [14–16].

Интерпретация полученных результатов исследования корреляции показала различную связанность и зависимость данных динамики авиапассажиропотока и предполагаемых факторных показателей, что привело к исключению ряда факторов.

Среди оставшихся значимых факторов также было необходимо оставить только те, что имеют сопоставимые единицы измерения, так как разные единицы измерения могут привести к несопоставимым коэффициентам уравнения.

Другой важной процедурой анализа значимости факторных переменных в качестве регрессоров является приведение значений показателей к одному масштабу измерения. Соблюдалось также правило включения меньшего числа факторов по сравнению с числом наблюдений. Поскольку для эмпирической части исследования были выбраны данные с 2008 года по 2021 год, то оптимальным может считаться число регрессоров, равное 4–5.

По предварительным результатам исследования множества экономических факторов для разработки уравнения множественной регрессии были отобраны значимые факторные переменные. Множественная регрессия исследования процессов связанности и синхронности изменений развития авиаперевозок в общем виде является суммой векторов влияющих переменных с поправкой на рассчитанные коэффициенты при условии, что они должны быть состоятельными.

### Формулирование модели

Оценка первоначально полученного регрессионного уравнения для исследуемых временных рядов [17–19] проводится путём составления матрицы (табл. 1) и обратной матрицы.

Первоначальное уравнение регрессии включает шесть объясняющих переменных:

$$Y = -383,08 - 7,496X_1 + 1,093X_2 + 2,293X_3 + 3,687X_4 + 11,498X_5 + 1,091X_6, \quad (1)$$

где  $X_1$  – средняя заработная плата;

$X_2$  – средний доход населения;

$X_3$  – численность населения;

$X_4$  – валовой продукт;

$X_5$  – цена авиабилета;

$X_6$  – средняя стоимость нефти.

Рассчитанное значение постоянной величины в уравнении множественной регрессии





**Матрица парных коэффициентов корреляции анализируемых показателей**  
[разработано автором]

	Пассажиропоток	Средняя заработная плата	Средние доходы	Численность населения РФ	ВВП	Цена авиабилета	Стоимость нефти
–	у	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$
у	1	0,7033 умеренная линейная связь между $x_1$ и у	0,8387 сильная линейная связь между $x_2$ и у	0,7646 сильная линейная связь между $x_2$ и у	0,8403 сильная линейная связь между $x_2$ и у	-0,1154 низкая линейная связь между $x_5$ и у	0,6834 умеренная линейная связь между $x_6$ и у
$x_1$	0,7033	1	0,9791	0,8568	0,9871	0,07357	0,5612
$x_2$	0,8387	0,9791	1	0,891	0,9871	-0,0051	0,5791
$x_3$	0,7646	0,8568	0,891	1	0,849	0,1705	0,3353
$x_4$	0,8403	0,9871	0,9871	0,849	1	-0,04295	0,6392
$x_5$	-0,1154	0,07357	-0,00518	0,1705	-0,04295	1	-0,2984
$x_6$	0,6834	0,5612	0,5791	0,3353	0,6392	-0,2984	1

Таблица 2

**Частные коэффициенты эластичности  
факторных переменных  
в шестифакторной модели**  
[разработано автором]

Частный коэффициент эластичности	Значение коэффициента	Интерпретация значения
$E_1$	3,05	Средняя заработная плата существенно влияет на результивный признак Y
$E_2$	1,36	Средние доходы оказывают умеренное влияние на результивный признак Y
$E_3$	3,95	Численность населения существенно влияет на результивный признак Y
$E_4$	3,50	ВВП существенно влияет на результивный признак Y
$E_5$	1,75	Цена авиабилета оказывает значительное влияние на результивный признак Y
$E_6$	0,05	Стоимость нефти оказывает незначительное влияние на результивный признак Y

(-383,08) является отрицательным и показывает суммарное влияние неучтенных факторов на результат (авиапассажиропоток). А по разнице множественной детерминации ( $1 - R^2$ ) соответствующей остаточной дисперсией можно определить долю влияния неучтенных факторов.

Коэффициенты перед переменными означают уменьшение или увеличение авиапассажиропотока при воздействии анализируемого фактора, а значимость их влияния определяется величиной коэффициента перед факто-

ром. Наибольшее влияние на результирующий показатель (пассажиропоток) оказывает фактор цены на авиабилет, что показывает в полученной регрессионной модели максимальный коэффициент 11,498. Наименьшее влияние в данной шестифакторной модели множественной регрессии оказывают показатели с минимальными значениями коэффициентов: средний доход населения и средняя стоимость нефти. Но перед обоснованием и исключением незначимых факторов из модели множественной регрессии следует рассчитать коэффициенты парной корреляции с составлением матрицы с размерностью  $14 \times 6$  с учётом числа наблюдений 14 и с 6 независимыми переменными и с учётом признака (табл. 1 и 2). Значимость определения коэффициентов парной корреляции состоит в том, что полученные значения показывают силу корреляции влияния отдельного фактора на авиапассажиропоток, при этом влияние остальных факторов ликвидировано. Малые значения коэффициентов корреляции означают, что связь факторов и авиапассажиропотока слабая, и, соответственно, с учётом вышеуказанного признака, такие факторы можно исключить из модели.

Следующей процедурой исследования стала проверка функциональной связи анализируемых факторов между собой с помощью расчётов парной корреляции для устранения интеркоррелированности. Высокая интеркорреляция факторов в модели множественной регрессии приводит к искажению полученных результатов. Поэтому по результатам парной корреляции в модели установлены коллинеарные переменные с высокой линейной зави-

Расчётные значения коэффициентов и их статистическая значимость  
[разработано автором]

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	p-значение
Y-пересечение	-80,510	40,30838	-1,99736	0,073712
Переменная X <sub>1</sub>	-7,4466	2,051966	-3,62904	0,00462
Переменная X <sub>2</sub>	6,1588	1,387849	4,437653	0,001259
Переменная X <sub>3</sub>	14,689	5,286494	2,776724	0,041571

Таблица 4

Регрессионная статистика уравнения  
[разработано автором]

Показатель	Значение
Множественный R	0,935201
R-квадрат	0,8746
Нормированный R-квадрат	0,83698
Стандартная ошибка	10,29697

симостью (значение коэффициента выше 0,7 по модулю) (табл. 1). Но в силу значимости влияния на авиапассажиропоток таких макропоказателей, как валовый продукт и численность населения, их исключение из регрессионной модели нецелесообразно, поэтому данные факторы интегрированы в одну переменную – валовый продукт на душу населения.

С целью расширения возможностей содержательного анализа модели регрессии были рассчитаны частные коэффициенты эластичности (табл. 2).

После расчёта частных коэффициентов эластичности были исключены факторы, имеющие наименьшее и незначительное влияние.

После данной процедуры разработана новая модель множественной регрессии с тремя объясняющими переменными:

$$Y = -80,510 - 7,445X_1 + 6,159X_2 + 14,689X_3, \quad (2)$$

где X<sub>1</sub> – средняя заработная плата;

X<sub>2</sub> – валовый продукт на душу населения;

X<sub>3</sub> – цена авиабилета.

Статистический анализ уравнения регрессии подвергался стандартной проверке на значимость уравнения и его коэффициентов, исследованию абсолютных и относительных ошибок аппроксимации.

Статистический анализ полученного уравнения регрессии показал небольшую среднюю ошибку аппроксимации 9,49 % и оценку среднеквадратичного отклонения, равную 10,3 %. Часть ошибок полученного уравнения моделирования может объясняться различием единиц измерения показателей, масштабностью и размерностью.

Таблица 5

Значения параметров уравнений  
однофакторной зависимости  
и коэффициентов устойчивости связи  
[разработано автором]

Фактор	Параметры уравнений однофакторной зависимости	Коэффициент устойчивости связи
1	$Y_{x_1} = 128,1(1 - 0,85231 \cdot d_{1-x/\text{min}})$	0,746
2	$Y_{x_2} = 128,1(1 - 1,09607 \cdot d_{1-x/\text{min}})$	0,769
3	$Y_{x_3} = 128,1(1 - 24,21201 \cdot d_{1-x/\text{min}})$	0,732

Статистическая значимость коэффициентов регрессии при факторных переменных подтверждается t-статистикой, так как все они меньше табличного t-критерия Стьюдента (табл. 3). Сравнение p-value всех переменных факторов меньше принятого нами уровня значимости (0,05) показало, что полученные коэффициенты регрессоров значимы и в ряде случаев они значительно меньше, и, соответственно, выше значимость альтернативной гипотезы и отвержение нулевой.

Полученный индекс множественной корреляции 0,929 и коэффициент детерминации 0,862 показывают хорошее качество проектирования результатов по сравнению с фактическими (табл. 4).

Для ранжирования факторных переменных по силе влияния на результат рассчитана модель регрессии в стандартном масштабе со стандартизованными значениями коэффициентов:

$$T_y = -3,648x_1 + 4,457x_2 + 0,399x_3. \quad (3)$$

Более сильное влияние на авиапассажиропоток будут оказывать такие факторы, как средняя заработная плата и валовый продукт на душу населения. По коэффициентам раздельной детерминации выделили долю каждого фактора в общей вариации результативного признака:

$$d_1^2 = 0,77 \cdot (-3,648) = -2,821;$$

$$d_2^2 = 0,84 \cdot 4,457 = 3,741;$$

$$d_3^2 = -0,12 \cdot 0,399 = -0,046.$$

В заключение проведена проверка параметров уравнения на устойчивость связи (табл. 5).



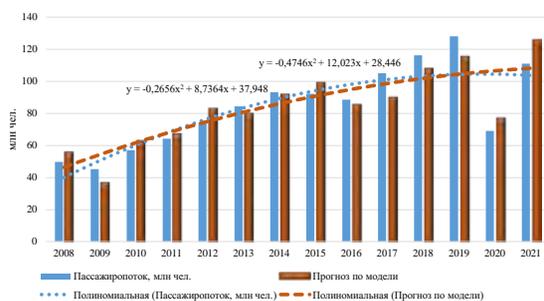


Рис. 2. Модель множественной регрессии пассажиропотока [разработано автором].

Проверка полученной модели за длительный период показала достаточно близкие значения с фактическими данными (рис. 2), что говорит о качестве и достоверности полученной модели.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В исследованиях подтверждена синхронность изменений развития основного показателя оценки авиаперевозок (пассажиропоток) и ряда макропоказателей: валовой продукт, валовый продукт на душу населения, численность населения, средняя заработанная плата и средний доход населения, курс национальной валюты к доллару, уровень инфляции и уровень безработицы, изменения цены на нефть и др.

Выявленные с применением разных методов корреляционные зависимости временных рядов пассажирских авиаперевозок и экономических параметров с 2008 по 2021 годы показали прямую и тесную связь с ВВП, ВВП на душу населения, средним доходом и средней зарплатой, численностью населения и курсом валюты. Для ряда экономических факторов выявлена обратная зависимость разной силы корреляция в динамиках за анализируемый период. Но в связи с тем, что включение в регрессионную модель большого числа факторов обуславливает снижение интерпретируемости результатов и более сложное выделение причинно-следственных связей, необходимо производить качественный многоэтапный отбор факторов. С учётом интеркорреляции факторов и мультиколлинеарного влияния на результат целесообразно исключение ряда факторов и замена их на интегрированный фактор. В результате исследования разработаны шести-четырёх- и трёхфакторные регрессионные модели, из которых последняя обладает наибольшей достоверно-

стью с достаточно близкими значениями с фактическими данными.

В дальнейших планах исследования планируется разработка модели авторегрессии скользящего среднего (autoregressive integrated moving average, ARIMA), авторегрессионной и интегрированной составляющих на аналитических платформах (Форсайт), с помощью языка программирования Python, в статистических программах.

Разработка различных аспектов применения регрессионной модели для прогнозирования будущего авиапассажиропотока, также являющаяся дальнейшей задачей исследования, сопряжена со сложным процессом учёта не только теоретических аспектов, данных официальных прогнозов макропоказателей, факторов их стабильности и волатильности, но и мнения экспертов. Получаемые результаты прогнозирования должны подвергаться корректировке после дискуссий с экспертами, после обновления статических данных, планируемых или прогнозируемых показателей социально-экономического развития.

Более того, сложные трансформационные процессы современного мира предполагают поиск новых методов прогнозирования, о чём свидетельствует большое количество научных публикаций последних лет (напр.: [20–25]), поэтому важное значение имеет продолжение научной дискуссии по этому вопросу.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Холопов К. В., Соколова О. В., Ахтанина М. О. Состояние мирового и российского рынков международных грузовых авиаперевозок // Российский внешнеэкономический вестник. – 2019. – № 8. – С. 64–76. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41045892&ysclid=lc6bvvgke7257279721>. Доступ 17.11.2022.
2. Русс А. А., Смулов М. Ю. Состояние и проблемы рынка авиаперевозок // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. – 2016. – № 1 (10). – С. 5–19. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26087017&ysclid=lc6c171kz444529577>. Доступ 17.11.2022.

3. Рублев В. В. Перспективы развития рынка пассажирских авиаперевозок в рамках евразийского экономического союза в условиях макроэкономической нестабильности // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2020. – № 4 (186). – С. 18–37. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43085853&ysclid=lc6c21bm9j918438433>. Доступ 17.11.2022.
4. Матвеева А. В., Мальцев А. А. Лоукостеры как вектор динамического развития мирового рынка авиаперевозок // Российский внешнеэкономический вестник. – 2017. – № 8. – С. 80–91. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29898630&ysclid=lc6c2sik11103823143>. Доступ 17.11.2022.
5. Губенко А. В., Раствова Ю. И., Панкратова А. Р. Современное состояние и перспективы развития рынка пассажирских авиаперевозок в России // Экономика и экологический менеджмент. – 2019. – № 3. – С. 82–90. DOI: 10.17586/2310-1172-2019-12-2-82-90.
6. Комаристый Е. Н., Информационно-модельный комплекс для исследования рынка гражданских авиаперевозок. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2006. – 144 с. ISBN 5-89665-125-2.
7. Комаристый Е. Н. Математические подходы к анализу спроса на пассажирские авиаперевозки // Маркетинг и маркетинговые исследования. – 2004. – № 3. – С. 10–16. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9270850> [ограниченный доступ].
8. Shchetinin, E. Yu. Study of the impact of the Covid-19 pandemic on international air transportation. Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science, 2021, Vol. 29, Iss. 1, pp. 22–35. DOI: 10.22363/2658-4670-2021-29-1-22-35.
9. Кравцов С. В. Анализ возможностей реализации проектов государственно-частного партнёрства в отдельных сегментах рынка авиаперевозок России // Гуманитарные и социально-экономические науки. – 2021. – № 6 (121). – С. 108–113. DOI: 10.18522/1997-2377-2021-121-6-108-113.
10. Савельева Ю. В. Российский рынок пассажирских авиаперевозок в условиях экономической нестабильности // В сб.: «Дружба без границ: миф или реальность» / Сб. материалов Международной науч.-практ. конф. «Общественная палата РФ; Всероссийское общественное движение «Матери России»; Институт дружбы народов Кавказа». – Ставрополь, 2017. – С. 508–510. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32524718&pf=1>. Доступ 17.11.2022.
11. Москвин Ш. Развитие гражданской авиации обнаруживает новый виток проблематики // Экономика и жизнь. – 2014. – № 11 (9527). [Электронный ресурс]: <https://www.eg-online.ru/article/241708/?ysclid=lc6c2z2te2530028241>. Доступ 17.11.2022.
12. Кулясов В. М., Мухаметжанова А. О. Мировые пассажирские авиапотоки в условиях пандемийного кризиса // Авиационные системы. – 2021. – № 8. – С. 2–43. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47116440> [ограниченный доступ].
13. Круглова Е. Ю. Прогнозирование рынка гражданской авиатехники // Российский внешнеэкономический вестник. – 2015. – № 10. – С. 104–115. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24899635&ysclid=lc6ckn1l62291745324>. Доступ 17.11.2022.
14. Самойлов И. А., Страдомский О.Ю., Бородин М. А., Лесничий И. В., Самойлов В. И. Тенденции и прогнозы развития рынка авиаперевозок и парка авиакомпаний. Итоги прошедшего десятилетия // Научный вестник ГосНИИ ГА. – 2011. – № 1 (312). – С. 14–19. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20145059&ysclid=lc6cl9qljq150620564>. Доступ 17.11.2022.
15. Andribet, P., Baumgartner, M., Garot, J.-M. Reinventing European air traffic control based on the COVID-19 pandemic experience. Utilities policy, 2022, Vol. 75, 101343. DOI: 10.1016/j.jup.2022.101343.
16. Хачатрян Г. А. Прогнозы объёмов авиаперевозок Армении // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2016. – № 12. – С. 149–161. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27810648&ysclid=lc6cn2uh8f525805944>. Доступ 17.11.2022.
17. Kitov, V. V., Mishustina, M. V., Ustyuzhanin, A. O. Time series prediction survey of statistical, machine learning and deep learning methods: historical aspects. Voprosy Istorii, 2022, Vol. 4 (2), pp. 201–218. DOI: 10.31166/VoprosyIstorii202204Statyi40. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48412303> [ограниченный доступ].
18. Petukhova, A. V., Kovalenko, A. V. Methods for forecasting the development of complex systems using the theory of fuzzy cognitive map. Computational Mathematics and Information Technologies, 2022, Vol. 1, Iss. 2, pp. 81–95. DOI: 10.23947/2587-8999-2022-1-2-81-95.
19. Baykal, T., Ergezer, F., Terzi, S. Airport passenger forecast with time series: case of study Samsun Çarşamba Airport. Journal of Innovative Transportation, 2021, Vol. 2, Iss. 1. DOI: 10.53635/jit.958682.
20. Ghosh, R., Terekhov, I. Future Passenger Air Traffic Modelling: Trend Analysis of the Global Passenger Air Travel Demand Network. AIAA 2015–1642. Session: Systems Engineering I, 2015. DOI: 10.2514/6.2015-1642.
21. Ghosh, R., Kölker, K., Terekhov, I. Future Passenger Air Traffic Modelling: A theoretical Concept to integrate Quality of Travel, Cost of Travel and Capacity Constraints. 19<sup>th</sup> World Conference of the Air Transport Research Society (ATRS), Singapore, 2015. [Электронный ресурс]: [https://www.researchgate.net/publication/285577429\\_Future\\_Passenger\\_Air\\_Traffic\\_Modelling\\_A\\_theoretical\\_Concept\\_to\\_integrate\\_Quality\\_of\\_Travel\\_Cost\\_of\\_Travel\\_and\\_Capacity\\_Constraints](https://www.researchgate.net/publication/285577429_Future_Passenger_Air_Traffic_Modelling_A_theoretical_Concept_to_integrate_Quality_of_Travel_Cost_of_Travel_and_Capacity_Constraints). Доступ 17.11.2022.
22. Chudy-Laskowska, K., Pisula, T. Seasonal Forecasting for Air Passenger Traffic. Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts SGEM, 2017, pp. 681–692. DOI: 10.5593/sgemsocial2017/14/S04.089.
23. Wang, J., Liu, X., Ding, J. Air passenger travel forecasting model based on both dynamical individual behavior and social influence force. Journal of Algorithms & Computational Technology, 2019, Vol. 13. DOI: 10.1177/1748302619881392.
24. Solvoll, G., Mathisen, T., Welde, M. Forecasting air traffic demand for major infrastructure changes. Research in Transportation Economics, 2020, Vol. 82, art. 100873. DOI: 10.1016/j.retrec.2020.100873.
25. Suryan, V. Econometric Forecasting Models for Air Traffic Passenger of Indonesia. Journal of the Civil Engineering Forum, 2017, Vol. 3, Iss. 1. DOI: 10.22146/jcef.26594.

**Информация об авторе:**

**Сушко Ольга Петровна** – кандидат экономических наук, доцент Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), Москва, Россия, o.sushko@mstuca.aero.

Статья поступила в редакцию 18.11.2022, одобрена после рецензирования 27.12.2022, принята к публикации 29.12.2022.

