

## **АНАЛИЗ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ ИГРОКОВ РЫНКА АВИАПЕРЕЛЕТОВ КАК АГЕНТОВ РЕФЛЕКСИВНОЙ ИГРЫ**

**Нечволода Е.А., Кореева Е.Б.**

*Российская Федерация, г. Самара,  
Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева*

**Аннотация:** Рассмотрены основные понятия, применимые в рамках анализа и оптимизации рынка авиаперелетов. В рамках теории игр проанализирован рынок авиаперелетов российского сегмента мирового рынка и дана оценка классической ситуации на рынке, ходам агентов и их эффективности. Представлена математическая модель выбора стратегии игроками при классической ситуации на рынке авиаперелетов Российской Федерации.

**Ключевые слова:** теория игр, игра, рефлексия, классическое равновесие Нэша, индекс Херфиндаля-Хиршмана, олигополия, дерево ситуаций, сбалансированная стратегия.

Пандемия вируса COVID-19 за несколько месяцев привела к необратимым изменениям в российской экономике, что не могло не затронуть такую отрасль, как рынок авиаперелетов. Очевидно, что в связи с закрытием границ наибольший удар пришелся по международным авиаперелетам, однако в связи с мерами предупреждения распространения инфекции пострадали и местные, междугородние перелеты[1]. В целях нахождения наиболее эффективного способа регулирования цен для восстановления рынка авиаперелетов в Российской Федерации авиакомпании могут воспользоваться приложениями теории игр, благодаря которой игроки смогут продумать сбалансированную стратегию кооперативной игры.

**Предметом** изучения **теории игр** является математический анализ ситуаций, при которых интересы нескольких игроков могут не совпадать. При этом формализованное описание описываемых ситуаций представляется в виде математической модели, называемой **игрой**. [2]

При описании игры задаются некоторые параметры, информированность о которых является ключевым фактором успеха игры агента[3]. К таким параметрам относятся:

- Число игроков – множество задействованных агентов;
- Предпочтения игроков;

- Область допустимых действий в игре;
- Информированность игроков;
- Порядок (последовательность) ходов и др.

Следует учитывать, что в любой игре также присутствует фактор **неопределенности**. К ней относят параметры, значения которых не определены изначально. Влияние неопределенности зависит от объема информации, которой владеют игроки, и именно на ней строится формирование стратегии в **рефлексивных** играх[4].

**Рефлексивная игра** – это тип игры, в котором информированность агентов не является общим знанием, в связи с чем игроки вынуждены принимать решения на основании иерархии. В рефлексивных играх выделяют 3 подтипа в зависимости от заданных параметров [5]:

1) **Рефлексия нулевого ранга** – полное отсутствие изначальной информации о состоянии природы;

2) **Рефлексия первого ранга** – задана информация о состоянии природы, остальные параметры не заданы;

3) **Рефлексия второго ранга** – задана информация о состоянии природы, игрокам известны объемы информации других игроков.

Далее наращивание рефлексии не имело бы смысла, так как переходя к более сложным схемам обмена информацией, описание игры все равно сводилось бы либо к первому рангу, либо ко второму [6].

Теперь обратимся к рынку авиаперелетов Российской Федерации и рассмотрим его на местном уровне.

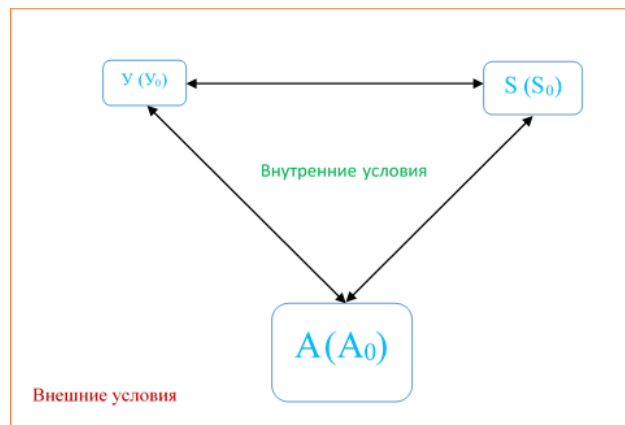


Рисунок 1. Модель рынка авиаперелетов в российском сегменте (1 уровень)

На рисунке 1 представлена модель структуры верхнего уровня. Представлены три основных игрока рынка – группа компаний Аэрофлот (А), S7 Airlines (S) и Уральские авиалинии (У). Между игровыми уровнями образована двусторонняя связь, что отвечает условиям иерархических игр [7].

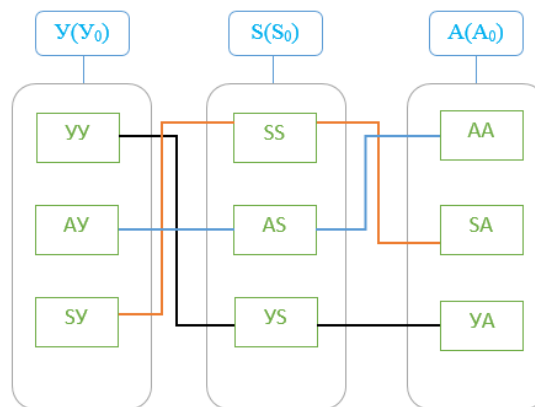


Рисунок 2. Модель рынка авиаперелетов в Российской Федерации (2 уровень)

На рисунке 2 представлена модель структуры игры нижнего уровня. Здесь каждый из игроков 2 уровня разбит на 3 элемента – представления о самом себе и представлениях о себе со стороны других игроков. Например, УУ – это представление игрока У о самом себе, а SY и АУ – представления игроков S и А об игроке У. Таким образом, данная структура отвечает условиям рефлексивных игр. [8]

Теперь определим последовательность ходов игроков, основываясь на монополизации рынка. Для этого нам потребуется информация о долях рынка и индекс НИ.

На рынке авиакомпаний основные позиции занимают 5 компаний (по состоянию на 2019 год) – «Аэрофлот», «Россия», «Сибирь» (S7), «Уральские авиалинии» и «Utair». В силу того, что «Россия» является дочерней компанией «Аэрофлота», мы будем рассматривать обе эти компании как одну («Аэрофлот»)[9]. Utair находится в неконкурентоспособном состоянии по финансовым показателям на 2018-2020 гг., поэтому исключается из анализа [10]. Доли игроков указаны в таблице 1.

**Таблица 1. Доли игроков (с учетом пассажиропотока)**

Игрок\Доля, %	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Аэрофлот	42,6	42,5	41,7	41,3
S7 (Сибирь)	13,8	24,4	28,9	32,7
Уральские авиалинии	8,4	9,1	9,8	7,6

Вычислим индекс ННІ по годам (табл. 2)

**Таблица 2. Индекс ННІ для рынка авиаперелетов РФ**

	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
ННІ	2075,76	2484,42	2670,14	2832,74

Таким образом, рынок действительно является олигополией. Соответственно, 1 ход совершает Аэрофлот, далее – S7 и Уральские авиалинии соответственно.

Рассмотрим основные принципы ценообразования на современном рынке авиаперелетов.

По прогнозам экспертов, в 2020 году ожидается снижение объемов авиаперевозок российскими авиакомпаниями составит как минимум 30% (до 89,8 млн пассажиров), а также прогнозируется снижение средней цены на топливо для самолетов почти на 5% (при том, что цена на топливо является одной из значительных составляющих при расчете цены билета) [11]. С учетом всего вышесказанного компаниям необходимо оптимизировать свою стратегию игры на рынке авиаперелетов таким образом, чтобы потерпеть минимальные потери либо попытаться и вовсе избежать потерь.

Таким образом, стандартная модель формирования цены на билеты такова – компания ставит либо «низкие» цены (0), либо «высокие» цены(1) (табл.3).

Таблица 3. Модель формирования цены на билеты

Месяц\Компания	A	S	У
Январь	$X_1$	$Y_1$	$Z_1$
Февраль	$X_2$	$Y_2$	$Z_2$
Март	$X_3$	$Y_3$	$Z_3$
...	...	...	...

Где цена билета варьируется в пределах вариантов  $X_i, Y_i, Z_i = \{0, 1\}$ .

Рассмотрим ситуацию, которая может возникнуть на представленном рынке при попытке выхода из кризисной ситуации. Игрок А как игрок с самой большой долей на рынке устанавливает цену первым, за ним следует игрок S и игрок У соответственно[12].

Пусть игрок А, исходя из того, что рынок переживает падение, хочет создать равновесное состояние, при котором он, возможно, не получит максимальной прибыли, но тем не менее выведет рынок из кризиса. Для этого он устанавливает «низкие» цены (0).

У игрока S теперь есть выбор:

- 1) Также установить низкие цены на билеты;
- 2) Установить высокие цены.

В первом случае создается **равновесное условие** между игроками А и S. **Докажем**, что условие действительно равновесное.

Пусть оба игрока установят высокие цены  $p_{max}$ . В таком случае условие максимизации прибыли  $Pr \rightarrow max$  не выполняется, и оба игрока даже уйдут в убыток, т.к. на рынке наблюдается кризисная ситуация. В случае, если один из игроков установит высокую цену  $p_{max}$ , а другой – низкую цену  $p_{min}$ , для игрока с высокой ценой выполняется условие  $Pr \rightarrow max$ , однако такое действие может привести к усугублению кризисной ситуации. В случае же установления низких цен обоими игроками  $Pr \rightarrow min$ , однако игроки смогут вывести рынок к более сбалансированному состоянию

$$H(p_{min}) \geq H(p_{max}, p_{min}),$$

что может привести к выходу из кризиса через определенное время. Таким образом, соблюдаются условия равновесия Нэша, что и требовалось доказать[13].

Во втором случае происходит отклонение от равновесной стратегии. Игрок S может получить большую прибыль, чем ожидалось в первом случае, однако неизвестно последствие для остальных игроков рынка.

После хода S настает очередь игрока У. Таким образом, выбор остается тем же:

- 1) Установить низкие цены на билеты;
- 2) Установить высокие цены.

В первом случае создается равновесное условие между всеми игроками рынка. Во втором случае происходит отклонение от равновесной стратегии. Игрок У также может получить большую прибыль, чем ожидалось в первом случае, однако это зависит от предыдущего хода S.

Смоделируем дерево ситуаций (рисунок 4) [14].

	A	S	У	
<b>Ход 1</b>	0	-	-	A ставит низкие цены на билеты
<b>Ход 2</b>	0	0	-	S ставит низкие цены на билеты
<b>либо</b>	0	1	-	S ставит высокие цены на билеты
<b>Ход 3</b>	0	0	0	S поставил низкие цены, У поставил низкие цены
<b>либо</b>	0	0	1	S поставил низкие цены, У поставил высокие цены
<b>либо</b>	1	1	0	S поставил высокие цены, У поставил низкие цены
<b>либо</b>	1	1	1	S поставил высокие цены, У поставил высокие цены
<b>Круг завершен</b>				

Рисунок 4. Дерево общей ситуации при выходе из кризиса

Таким образом, наиболее равновесной и эффективной ситуацией для рынка является классическое равновесие Нэша, предполагающее следующее ветвление (рисунок 5)

	A	S	У	
<b>Ход 1</b>	0	-	-	A ставит низкие цены на билеты
<b>Ход 2</b>	0	0	-	S ставит низкие цены на билеты
<b>Ход 3</b>	0	0	0	S поставил низкие цены, У поставил низкие цены
<b>Круг завершен</b>				

Рисунок 5. Благоприятная ситуация для рынка

Все игроки ставят низкие цены, и игра сведена к равновесному состоянию. Все получили относительную прибыль, никто не отошел от равновесной стратегии[15].

Таким образом, была разработана математическая модель российского сегмента рынка авиаперелетов, а также проанализирована ситуация выхода из кризиса, основанная на классическом равновесии Нэша.

### **Список литературы**

- 1) <https://rosinfra.ru/digest/documents/one/vlianie-pandemii-koronavirusa-na-aviaperevozki-analiz-rynka> - The Impact of COVID-19 on Airports: An Analysis// International Finance Corporation. Rosinfra.ru, 2020
- 2) А.Г.Кремлев. Основные понятия теории игр: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 144 с.
- 3) Мазалов В. В. Математическая теория игр и приложения. М.: Лань, 2015, 446 с. 6
- 4) Vertakova Y., Izmalkova I., Leontyev E. Game Theory for the formation of a cluster risk management strategy. 2019 International Scientific Conference on construction and architecture: theory and practice for the innovation development, SATPID 2019
- 5) Д.А.Новиков, А.Г.Чхартишвили. Рефлексивные игры. М.:Синтег, 2003. 149 с.
- 6) Гермейер Ю.Б. Игры с противоположными интересами. М.: Наука, 1976. – 327 с.
- 7) Petrikeeveva N., Kopytina Y., Martynenko G., Kozlova V. APPLICATION OF GAME THEORY WHEN TAKING DECISIONS AND CHOOSING THE BEST VARIANT // В сборнике: E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TRACEE 2019. 2020. С. 08027.
- 8) Горшкова А.А. Применение теории рефлексивных игр в деятельности телекоммуникационных предприятий.Естественные и технические науки. 2016. № 10 (100). С. 178-181.
- 9) <https://www.aeroflot.ru/ru-ru/news/59928> - компания «Аэрофлот» объявляет о начале полетов компании «Россия» (дата обращения 12.10.2020)
- 10) <https://www.utair.ru/about/corporate/investors/inform/rsbu> - отчетность компании Utair по РСБУ (дата обращения 12.10.2020)
- 11) <https://www.finam.ru/analysis/marketnews/aviaperevozki-passazhirov-po-itogam-2020-goda-mogut-upast-na-30-20200424-15150> - прогноз по авиаперевозкам пассажиров в РФ главным аналитиков «Промсвязьбанк» (дата обращения 12.10.2020)
- 12) Рыщанова С.М., Молдабаев А. ПРИЛОЖЕНИЕ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ В ТЕОРИИ ИГР // В сборнике: ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ: ПОТЕНЦИАЛ НАУКИ И СОВРЕМЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ. сборник статей Международной научно-практической конференции: в 3 частях. 2018. С. 17-19.

13) Mazalov V.V., Perol T., Tokareva J. GAME-THEORETIC CENTRALITY MEASURES FOR ANALYSIS OF ACADEMIC WEB SPACE // В сборнике: GAME THEORY AND MANAGEMENT. Abstracts of the Tenth International Conference. 2016. С. 101.

14) Нечволода Е.А., Кореева Е.Б. Использование теории игр для разрешения неопределенностей на российском рынке банковских услуг// Проблемы экономики современных промышленных комплексов. Финансирование и кредитование в экономике России: методологические и практические аспекты. Сборник статей XIII Всероссийской научно-практической конференции. гл. ред. Д. А. Новиков. 2019. С. 129-135

15) Matiyshina E.D. Game theory as a basic element of cooperation. ВЕСТНИК НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЙ. 3-3 (7). Тамбов. 2016. С. 6-7

**ANALYSIS OF AIR TRAVEL MARKET PLAYERS' COOPERATION  
AS REFLECTIVE GAME AGENTS**

**E.A. Nechvoloda, E.B. Koreeva**

*Samara National Research University,  
Samara, Russian Federation*

**Abstract.** The main components of air travel market's analysis and optimization are discussed. The air travel market is reviewed in terms of game theory, and classic market situation is assessed as well as players' turns and their effectiveness. As a result, a mathematical model of players' strategy choices in classic Russian air travel market situation is represented.

**Keywords:** Game theory, game, reflection, Nash equilibrium, Herfindahl-Hirschman index, oligopoly, tree of situation, balanced strategy