

# Парадигма стратегии управления воздушным транспортом



**Ю. В. Нестеров,**  
Заслуженный работник  
транспорта Российской  
Федерации,  
вице-президент –  
директор Центра  
расписания и тарифов  
ЗАО «Транспортная  
клиринговая палата»



**А. Б. Фрайман,**  
докт. инж. наук,  
лауреат премии Совета  
Министров СССР,  
президент «Global Aviation  
Services & Travel»

Выбор стратегии развития авиационной отрасли отражается на всех ее компонентах: от сети авиалиний до финансовых результатов. Анализ мировой практики управления воздушным транспортом показал преимущества и недостатки двух основных стратегий: централизованного регулирования авиаиндустрии и рыночного дерегулирования, и позволил сделать выводы о целесообразности их применения при организации авиаперевозок.

В каждой стране существует государственная стратегия управления воздушным транспортом (ВТ). Известны два типа стратегий: государственное регулирование и рыночное дерегулирование.

Стратегия государственного регулирования определяет централизованную систему управления отраслью, целью которой является максимальное удовлетворение потребностей населения в авиаперевозках. Этот критерий определяет всю философию формирования сети авиалиний и расписания движения самолетов, а также механизмы взаимодействия участников перевозочного процесса: авиакомпаний, аэропортов, агентств.

Стратегия дерегулирования определяет другую цель функционирования отрасли в виде максимизации прибыли авиакомпаний. Данная цель отменяет централизованное управление и формирует рыночную систему организации перевозок. В результате создается совершенно иная сеть авиалиний и расписания движения самолетов (РДС).

В разных странах накоплен большой опыт работы ВТ в условиях регулирования и дерегулирования. Такой путь проделали в США, когда в 1938 г. перешли на государственное регулирование, а в 1978 г. – на дерегулирование. Аналогичные процессы произошли в Европе в 1990-х годах. В Советском Союзе до 1991 г. действовала централизованная система управления Министерства гражданской авиации (МГА), а с 1992 г. в РФ были запущены рыночные механизмы дерегулирования.

Мировой опыт функционирования отрасли показывает общие законо-

мерности (рис. 1). Исследования перевозочного процесса разных стран достаточно схожи [1–6]. Причина – в одинаковости инфраструктуры (самолеты, аэропорты) и моделей поведения пассажиров, о чем свидетельствуют многочисленные исследования в СССР [1, 3, 7, 8], США [5, 9] и Европе [5, 10–12].

Важнейшее место в системе перевозок занимает сеть авиалиний (network structure), которая определяет географию полетов авиакомпаний и обслуживаемые О&Н рынки, а далее – маршрутизацию и тарификацию пассажиропотоков, расстановку самолетов по авиалиниям и местам базирования, финансовые результаты. На этой основе разрабатывается РДС, которое обеспечивает стыковки рейсов и синхронизирует загрузку в аэропортах и в пространстве.

Далее на примере микрофрагмента сети авиалиний проследим различные аспекты [12, 13].

## Характеристики сети авиалиний и пассажиропотоков

Сеть авиалиний определяет структуру авиатранспортной системы (АТС) на внутренних линиях (ВВЛ) и характеризуется:

- системой аэропортов;
- самолетным парком и его технико-экономическими характеристиками;
- спросом на авиаперевозки между парами городов;
- авиакомпаниями, которые организуют перевозочный процесс по расписанию;
- системой продажи (дистрибуции) авиаперевозок.

Аэропорты характеризуются географическим положением, возможностями принимать разные типы самолетов и про-



Рис. 1. Общая схема функционирования отрасли авиаперевозок

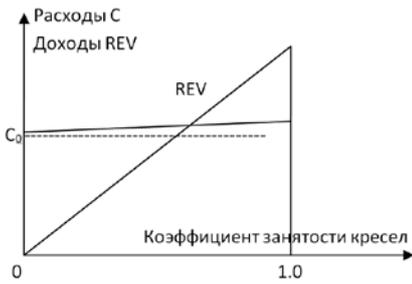


Рис. 2. Зависимость эксплуатационных расходов от коэффициента занятости кресел

пускной способностью. Матрица расстояний между аэропортами  $L = (L_{ij})$  рассчитывается на основе кратчайших расстояний по карте трасс или по ортодромии.

Воздушные суда (ВС) характеризуются вместимостью (емкостью) и эксплуатационными расходами исходя из дальности полета:  $C = C_0 + MC$ , состоящими из постоянной  $C_0$  и переменной  $MC$  части [5, 10] в зависимости от типа ВС (рис. 2).

В постоянную часть расходов  $C_0$  входят расходы на самолетный парк, топливо, услуги аэропортов, управление воздушным движением, страхование, экипажи и т. д. Маржинальные расходы на перевозку одного пассажира (marginal cost  $MC$ ) включают расходы на борТПитание, дополнительный расход топлива и т. д. Маржинальные расходы малы: они составляют до 10 % от  $C_0$  при полной загрузке самолета, и ими можно пренебречь. Этот факт является теоретическим основанием экономики радиальных сетей, так как добавление трансферных потоков происходит по сниженным тарифам (прорейт), которые, однако, всегда выше маржинальной стоимости.

Спрос на авиаперевозки между парами городов  $ij$  представляет матрицу  $(S_{ij})$ . Элемент  $S_{ij}$  определяет количество потенциальных пассажиров на паре городов  $ij$  в заданный период при заданной транспортной ситуации [1–3, 5, 14] и тарифах. Пара городов  $ij$  представляет начальный и конечный пункты полета пассажира (market), поэтому матрица  $(S_{ij})$  еще обозначается как O&N «отправление & назначение» (O&D «origin & destination»).

В статистической отчетности пассажиры  $ij$  учитывались в аэропортах первоначального вылета как первоначальные отправки  $(PO_{ij})$ . Если билет имеет один купон в одну сторону, значит, пассажир летит без пересадки. Если пассажир летит до пункта назначения с пересадкой, то он приобретает многокупонный билет — по одному купону на каждый

а) Матрица спроса, пасс.

	$S_{ij}$		
Города	A	B	C
A	0	100	100
B	100	0	100
C	100	100	0

Рис. 3. Матрицы спроса (а) и расстояний (б)

б) Матрица расстояний, км

	$L_{ij}$		
Города	A	B	C
A	0	1000	1000
B	1000	0	1000
C	1000	1000	0

стыковочный рейс, неважно, одной или разных авиакомпаний. В матрице  $(S_{ij})$  и  $(PO_{ij})$  заполнены все элементы  $ij$ , кроме диагональных, независимо от наличия рейсов между этими парами городов. Разница между ними  $(NS_{ij}) = (S_{ij}) - (PO_{ij})$  составляет неудовлетворенный спрос.

Пассажиры с пересадками формируют матрицу трансфера  $(TF_{ij})$  из аэропортов пересадок. Если раньше трансфер не превышал 10 %, то в настоящее время трансферные потоки составляют основу перевозочного процесса: до 60 % в крупных авиаузлах-хабах. Отметим, что модели спроса и маршрутизации пассажиров на ВТ в разных странах достаточно схожи [1–3, 13, 15].

Существует также матрица перевозок  $(Q_{ij})$ , в которой указывается количество перевезенных авиакомпаниями пассажиров. Матрица  $(Q_{ij})$  формируется на основе учета пассажирских купонов по парам  $ij$  городов (связей), между которыми выполняются рейсы. Перечень связей  $ij$  в матрице перевозок  $Q$  всегда указывается в оглавлениях расписаний. Матрица  $Q$  менее заполнена, чем матрица  $S$ . Например, в 1990 г. в матрице  $(PO_{ij})$  было 6400 элементов O&N, а в  $(Q_{ij})$  – 2100 связей на магистральных линиях [12]. В США постоянно отслеживаются 5000 пар городов [6] O&N на ВВЛ.

В одном билете может быть несколько купонов, поэтому общее количество купонов ВВЛ  $\sum Q_{ij}$  всегда больше числа билетов (пассажиров)  $\sum PO_{ij}$ , где суммирование происходит по всем элементам  $(Q_{ij})$  и  $(PO_{ij})$ . В замкнутом перевозочном пространстве, которое представляют в целом перевозки на ВВЛ в любой стране, между показателями отправок  $OTP$  и пе-

ревозок  $Q$  суммарно существует фундаментальное уравнение баланса:

$$\sum Q_{ij} = \sum OTP_{ij} = \sum (PO_{ij} + TF_{ij}) > \sum PO_{ij}.$$

Это равенство означает, что число купонов по всем рейсам ВВЛ всех авиакомпаний страны на собственном парке (перевозки ВВЛ,  $\sum Q_{ij}$ ) равно числу купонов по всем отправлениям пассажиров из всех аэропортов страны за тот же период (отправки ВВЛ,  $\sum OTP_{ij}$ ). Подчеркнем, что равенство обеспечивается не по числу пассажиров, а именно по числу купонов билетов [4].

Рассмотрим микрофрагмент сети авиалиний в разных условиях: регулирования и дерегулирования.

### Анализ микрофрагмента сети авиалиний

Для примера возьмем минимальный фрагмент сети, состоящий из  $N = 3$  пунктов [12, 13]. Пусть расстояния между пунктами равны 1000 км (матрица  $L_{ij}$ ) (рис. 3б), а спрос между всеми пунктами равен  $S_{ij} = 100$  (рис. 3а) пассажиров в день в одну сторону, при тарифе в одну сторону 5 000 руб.

Вариант «а» полностью связанной сети авиалиний (point to point) (рис. 4) представляет пассажирам на каждой паре городов  $ij$  наилучшие условия транспортировки (минимум времени) и, следовательно, максимизирует общее количество перевезенных пассажиров –  $\max \sum Q_{ij} = \sum S_{ij}$ .

В варианте «а» (рис. 4) расписание предусматривает выполнение одного рейса в день в обе стороны, итого в сети выполняются  $N(N - 1) = 6$  рейсов ежедневно. При емкости самолетов 200 кресел перевозки  $Q_{ij}$  на каждой



Рис. 4. Варианты сети авиалиний: полностью связанная сеть (point to point) (а), радиальная сеть с хабом в пункте «В» (б)

а)

Матрица перевозок, пасс.			
	$Q_{ij}$		
Города	А	В	С
А	0	100	100
В	100	0	100
С	100	100	0

б)

Матрица трансфера, пасс.			
	$TF_{ij}$		
Города	А	В	С
А	0	0	0
В	0	0	0
С	0	0	0

Рис. 5. Матрицы перевозок (а) и трансфера (б)

паре городов равны спросу  $S_{ij}$  и составляют 100 пассажиров в каждую сторону в каждой паре городов  $ij$ , всего  $\sum Q_{ij} = 100 \times 6 =$  по 600 пассажиров в день (рис. 5а).

Коэффициент занятости равен 50 %, неудовлетворенного спроса нет.

Пассажирооборот:  $PKMa = \sum Q_{ij} \times L_{ij} = 100 \text{ пасс} \times 1000 \text{ км} \times 6 \text{ рейсов} = 600\,000 \text{ пкм}$ .

Выручка  $REVa = \sum Q_{ij} \times P_{ij} = 100 \text{ пасс} \times 5\,000 \text{ руб.} \times 6 \text{ рейсов} = 3\,000\,000 \text{ руб.}$

Доходная ставка  $Ya = REVa / PKMa = 3\,000\,000 / 600\,000 = 5 \text{ руб./пкм}$ .

Расходы на авиарейсы  $Ca = \sum C_{ij} = 500\,000 \text{ руб./рейс} \times 6 \text{ рейсов} = 3\,000\,000 \text{ руб.}$ , где расходы  $C_{ij}$  на один рейс в одну сторону составляют  $C_{ij} = UC \times KP_{ij} \times L_{ij} = 2,5 \times 200 \times 1000 = 500\,000 \text{ руб.}$ , где  $UC = 2,5 \text{ руб./кр} \times \text{км}$  – расходная ставка (unit cost) перевозки одного кресла  $KP$  на 1 км. Тогда прибыль  $PRa$  равна выручке минус расходы:

$$PRa = REVa - Ca =$$

$$3\,000\,000 - 3\,000\,000 = 0 \text{ руб.}$$

Итак, в полностью связанной сети «а» (рис. 4) созданы наилучшие условия транспортировки для всех пассажиров на беспосадочных рейсах. В этом варианте, согласно уравнению баланса, матрица перевозок совпадает с матрицей спроса ( $Q_{ij} = S_{ij}$ ), а трансфер  $TF = 0$  (рис. 5б), т. е. все пассажиры являются первоначальными и двигаются без пересадок.

В варианте «б» радиальной сети авиалиний («звезда») (рис. 4) реализована стратегия дерегулирования, когда целью авиакомпаний провозглашается максимум прибыли. В этом случае сетевые авиакомпании меняют свое расписание и переходят на радиальную сеть авиалиний «б» с хабом в пункте В, сохраняя два парных рейса АВ и ВС и отменяя рейс АС. В результате для пассажиров АС меняется транспортная ситуация – и они вынуждены двигаться с пересадкой в хабе. Перевозки пассажиров зависят от эластичности спроса по отношению к тарифам и затратам времени [5].

Чтобы свести к минимуму неудобства в передвижении, авиакомпании создают условия «быстрой» пересадки,

которые соответствуют одной промежуточной посадке рейса:

- тарифы, интерлайны;
- расписание;
- условия в аэропорту пересадки;
- продажа перевозок.

Условие по тарифам заключается в том, что сетевые авиакомпании стараются сохранить тарифы прямой связи (или – при конкуренции – даже уменьшить их), хотя расстояние перелетов  $L_{AB} + L_{BC}$  может значительно превышать кратчайшее  $L_{AC}$ . При пересадках пассажиров с рейса одной авиакомпании на рейс другого перевозчика требуется интерлайн-соглашение (лоукост-компания в интерлайнах не участвуют). Наихудший случай для трансферных пассажиров может быть тогда, когда тарифы по участкам АВ и ВС складываются [5]. В результате прорейсовых расчетов добавление трансферных пассажиров происходит по сниженным тарифам, которые всегда выше маржинальной стоимости.

Требования к расписанию заключаются в стыковке рейсов в хабах. Для этого в хабах создают «волны» прилетов и вылетов, чтобы стыковки происходили в течение часа. «Быстрые» пересадки создают значительные кратковременные пики загрузок в хабах.

Обслуживание трансферных пассажиров в хабах заключается в быстрой регистрации и перевалке багажа между рейсами.

Система продажи должна обеспечивать оформление трансферных маршрутов в одном билете. При использовании нескольких билетов тарифы обычно возрастают, перевалка багажа не обеспечивается, а также нет гарантий продолжения полета при сбоях расписания.

В нашем примере радиальная сеть авиалиний изменила всю систему перевозок и отчетности. Несмотря на перемены в транспортной ситуации для пары АС, влияние на потоки  $S_{AC}$ ,  $S_{CA}$  незначительно, так как в пункте В обеспечены условия «быстрой» пересадки. Если пересадка не «быстрая», то  $S_{AC}$  и  $S_{CA}$  могут уменьшиться [1, 3, 8, 10]. Ма-

трицы  $Q_{ij}$  и  $TF_{ij}$  претерпели изменения (рис. 6).

1) В полностью связанной сети «а» (рис. 4) на 6 рейсах перевозили 600 пассажиров, а в радиальной сети «б» – на 4 рейсах  $\sum Q_{ij} = 800$  пассажиров, рост 33,3 %.

Причина в том, что  $Q = PO + TF$ , дополнительно возник трансферный поток  $\sum TF_{ij} = 200$  пассажиров в хабе В. Из приведенного примера видно, что при отмене прямого рейса АСА перевозки авиакомпаний формально возросли, хотя условия для пассажиров АС ухудшились. Назовем это первым парадоксом.

Секрет в том, что отчетность ( $Q_{ij}$ ) отражает не количество перевезенных пассажиров ( $P_{ij}$ ), которое не изменилось, а число купонов, увеличившееся на 33,3 % за счет трансфера.

2) Матрица перевозок ( $Q_{ij}$ ) в радиальной сети, построенная на учете пассажирских купонов, значительно отличается от матрицы спроса ( $S_{ij}$ ). Если в полностью связанной сети матрицы S и Q заполнены одинаково, то в радиальной сети в матрице Q заполнены только одна строка и один столбец В. При наложении спроса на сеть линий матрица S размером  $N(N - 1)$  трансформируется в столбец и строку размером  $2(N - 1)$ . На каждом рейсе обслуживаются по два рынка (дихотомия).

3) Пассажирооборот также возрос на 33,3 % за счет трансферных пассажиров. Если раньше пассажиры АС летали на прямом рейсе на кратчайшее расстояние  $L_{AC} = 1000 \text{ км}$ , то теперь эти пассажиры летят на расстояние  $L_{AB} + L_{BC} = 2000 \text{ км}$  (лишний пассажирооборот):

$$PKMb = \sum Q_{ij} \times L_{ij} = 200 \text{ пасс} \times 1000 \text{ км} \times 4 \text{ рейса} = 800\,000 \text{ пкм}$$

4) Выручка REV не изменилась при сохранении тарифа 5 000 руб., см. условия «быстрой» пересадки:

$$REvb = 100 \times 5\,000 \times 6 = 3\,000\,000 \text{ руб.}$$

5) В результате доходная ставка Yb уменьшилась на 33,3 % с  $Ya = 5 \text{ руб./пкм}$  до:

$$Yb = REvb / PKMb = 3\,000\,000 / 800\,000 = 3,75 \text{ руб./пкм}$$

В радиальной сети из-за увеличения расстояний при движении пассажиров с пересадками, доходная ставка на 1 пкм уменьшается, в нашем примере – на 33,3 %. Это типично при переходе на систему хабов от полностью связанной сети. Уменьшение Y часто принимается как доказательство эффективности системы хабов. Однако из приведенного примера видна истинная причина изменения Y, которая состоит не в уменьшении тарифов (числитель), а в увеличении пассажирооборота (знаменатель). Это второй парадокс.

	$S_{ij} PO_{ij}$		
Города	А	В	С
А	0	100	100
В	100	0	100
С	100	100	0

	$TF_{ij}$		
Города	А	В	С
А	0	0	0
В	100	0	100
С	0	0	0

	$Q_{ij}$		
Города	А	В	С
А	0	200	0
В	200	0	200
С	0	200	0

Рис. 6. Изменения в матрицах спроса (а), трансфера (б) и перевозок (в)

б) Расходы в связи с отменой одного рейса сокращаются, но при этом добавляются расходы на хаб (10 %):

$$Cb = \sum C_{ij} + C_{HUB} = 500\,000 \times 4 + 200\,000 = 2\,200\,000 \text{ руб.}$$

7) Финансовый результат стал положительным:

$$PRb = REVb - Cb = 3\,000\,000 - 2\,200\,000 = 800\,000 \text{ руб.}$$

8) Причина прибыльности в том, что при отмене двух рейсов потоки перераспределились на оставшиеся рейсы и их загрузка возросла до 100 %. Возможен и другой сценарий, когда провозных емкостей радиальных рейсов недостаточно и авиакомпании меняют тип самолета на более емкостный. Эффект достигается за счет более высокой топливной эффективности и производительности широкофюзеляжных самолетов [13, 15].

Сокращение расходов является главной причиной перехода авиакомпаний на радиальные сети. Однако при этом пассажиры вынуждены двигаться с пересадками и «накручивать» лишний километраж. В результате тарифная ставка  $Y$  занижается. Чтобы объективно оценить доходную ставку, предлагается использовать  $SPKM$  – спрямленный (shortcut PKM) пассажирооборот, рассчитанный по кратчайшим расстояниям между начальным и конечным пунктами маршрута. Для этого следует ввести  $SF$  (skewed factor) – коэффициент отклонения маршрутов от кратчайших расстояний, равный отношению фактического  $PKM$  к спрямленному  $SPKM$ ,  $SF = PKM / SPKM > 1,0$ . Тогда для оценивания реальной доходной ставки  $Y^*$  следует скорректировать  $Y$  на коэффициент  $SF$ , что позволит исключить влияние «лишнего» километража. В нашем примере  $SFb = PKMb / SPKMb = 800\,000 / 600\,000 = 1,33$ , т. е. треть расстояний полетов пассажиров оказалась вынужденной. Тогда  $Yb$  следует скорректировать  $Yb^* = Yb \times SFb = 3,75 \times 1,33 = 5,0 \text{ руб./пкм} = Ya$ , т. е. фактически уменьшения доходной ставки для пассажиров нет.

Далее перейдем от микрофрагмента к сети авиалиний ВВЛ в целом.

### Парадигма стратегии управления

Полносвязная сеть (point-to-point) авиалиний ВВЛ может включать рейсы между любыми парами городов О&Н страны. Целью полносвязной сети является максимальное удовлетворение спроса населения на авиаперевозки. Для разработки такой сети требуется информация о спросе в масштабах страны, так как новые авиалинии могут открываться между любыми парами городов с достаточным спросом. Полносвязная сеть может разрабатываться только централизованно в режиме регулирования, причем вместе с тарифами. В Советском Союзе эту функцию выполняло МГА, а в США – САВ (Civil Aeronautics Board) на протяжении 40 лет.

Одним из показателей качества полносвязной сети является низкая доля трансферных потоков, которая в Центральном расписании [16] составляла 8 %. В радиальных сетях, наоборот, основной перевозочного процесса являются трансферные потоки, их доля в хабах – до 60 % [17].

Общепринятой парадигмой (образцом, моделью) управления авиаиндустрией в настоящее время является стратегия дерегулирования на основе конкуренции (см. таблицу). Эта стратегия определяет другую организацию перевозочного процесса, включая сеть авиалиний, тарифы, расписание, финансовую систему, дистрибуцию перевозок, отчетность, загрузку аэропортов.

#### Авиакомпании

В условиях конкуренции главной целью дерегулирования является прибыльность авиакомпаний, причем не суммарно, а каждой в отдельности. Однако результаты работы авиакомпаний более чем за 35 лет свидетельствуют о неустойчивой прибыли [18], большом числе банкротств и слияний [5, 6, 11].

#### Финансовая система

Система регулирования обеспечивает прибыльность всей индустрии в

целом. Если отрасль прибыльна, то и отдельные авиаперевозчики должны быть прибыльными за счет перераспределения общей выручки в виде доходов. Расходы так называемых планово-убыточных перевозчиков должны покрываться за счет начисления доходов. В целом вся отрасль должна обеспечивать максимальное удовлетворение спроса на всех авиалиниях, включая убыточные линии с односторонней загрузкой или на малые расстояния.

При дерегулировании выручка не перераспределяется, каждая авиакомпания должна быть прибыльной. Убыточные авиакомпании подлежат банкротству, в противном случае их должно субсидировать государство. Поэтому сеть авиалиний значительно преобразуется, многие связи прерываются.

Система управления также значительно упрощается. Исчезает центральный орган, обеспечивающий координацию всех звеньев и эффективность всей отрасли (см. таблицу).

#### Пассажиры

Доказательством преимуществ дерегулирования для населения является экономия затрат пассажиров на авиаперевозки. Анализ основывается на факте уменьшения доходной ставки  $Y$  на треть за последние 30 лет. Об этом свидетельствуют США [19] и ИАТА [20]. Однако анализ на микрофрагменте сети наводит сомнения по поводу этих выводов. Заключение о значимом уменьшении  $Y$  скорее напоминают манипуляции с отчетностью, нежели отражают истинное положение дел, так как снижение  $Y$  может достигаться не только за счет снижения тарифов, но и путем искусственного удлинения расстояний перевозок [5]. Исследования коэффициентов спрямления маршрутов  $SF$  (или его аналогов) не проводятся.

#### Аэропорты

Авиакомпании создают в аэропортах-хабах высокие пиковые нагрузки

Компоненты стратегии управления ВТ

Характеристики	Парадигма стратегии управления ВТ	
Организация воздушного транспорта на ВВЛ	Регулирование	Дерегулирование
Сеть авиалиний АТС	Полносвязная сеть авиалиний	Радиальные сети авиалиний с хабами
Цель	Максимальное удовлетворение потребностей населения в авиaperезовках	Максимальная прибыль авиакомпаний
Критерии	Максимизация доходов от перевозок	Минимизация расходов на авиарейсы
Управление	Централизованный орган управления, МГА	Отсутствие централизованного управления, конкуренция авиакомпаний
Организация перевозок	Перевозки по прямым связям (point-to-point). Максимум беспересадочных маршрутов	Маршруты движения пассажиров с пересадками (трансферы) через хабы
Расписание	Центральное расписание на магистральных авиалиниях МГА СССР	Расписания конкурирующих авиакомпаний. Публикация ЦРТ/ОАГ
Конкуренция, тарифы	Ограниченная конкуренция авиакомпаний	Полная конкуренция авиакомпаний
	Централизованно регулируемые тарифы	Свободные тарифы авиакомпаний
	Конкуренция по уровню обслуживания	Тарифные войны
Пассажиропотоки	Доля трансферных перевозок 8 %, Удлинение маршрутов 4 %	Доля трансферных перевозок до 60 %, Удлинение маршрутов 18 %
Финансовая система	Прибыльность АТС в целом (при наличии убыточных предприятий)	Прибыльность каждой авиакомпании. Банкротство убыточных авиакомпаний
	Централизованное перераспределение выручки между авиапредприятиями	Взаиморасчеты между авиакомпаниями и агентствами
Отчетность	Отчетность авиакомпаний и аэропортов о первоначальных и трансферных перевозках	Учет перевозок (пассажирских купонов) авиакомпаний
Продажа билетов, дистрибуция	Управление многопосадочными рейсами через механизм промежуточных броней	Управление маршрутами движения пассажиров и тарифами по классам
	Продажа билетов через центры резервирования авиакомпаний	Продажа билетов через ГРС на основе пересадочных маршрутов
Сложность	Расписание и отчетность $O(n^2)$	$O(n)$
	Продажа и дистрибуция $O(n)$	$O(n^2)$
Аэропорты	Регулирование загрузки аэропортов, синхронизация рейсов	Пики загрузки в хабах за счет трансфера. Сбои, низкая регулярность в хабах

для «быстрых» пересадок. Например, в аэропорту Атланта авиакомпания Делта за 21 минуту принимает 41 рейс плюс другие авиакомпании за это же время еще выполняют 33 рейса. Поэтому сетевые перевозчики вынуждены иметь по 5-7 хабов на территории страны [17]. Например, в США 16 крупнейших хабов соединяют радиальные сети в общенациональную АТС страны.

Каждая авиакомпания создает монополию на рейсах из хабов. Тарифы при этих связях, как правило, завышены. Система слотов в аэропортах также является тормозом конкуренции.

**Управляемость**

Сети характеризуются числом пунктов  $N$  и связями между ними [9]. Сложность задач оптимизации определяется показателем «большое  $O(f(N))$ ». С ростом  $N$  информационная и алгоритмическая сложность задач управления растет пропорционально  $f(N)$ . Например, в случае  $O(N)$  сложность растет

пропорционально  $N$ , а  $O(N^2)$  – пропорционально  $N^2$ .

Полносвязная сеть содержит рейсы между любыми парами городов  $N(N - 1)$ , сложность ее оптимизации  $O(N^2)$ . Сложность радиальной сети из хаба в  $N$  пунктов, равна  $O(N)$ , т. е. значительно ниже.

В варианте полносвязного расписания центры резервирования могут быть расположены в пунктах по географическому принципу и продавать места на исходящие рейсы, всего  $N$  центров, сложность  $O(N)$ . В варианте же радиальной сети с хабами простоту расписания  $O(N)$  должна компенсировать сложность глобальной распределительной системы (ГРС), которая содержит информацию по всем  $N(N - 1)$  вариантам маршрутов пассажиров, сложность  $O(N^2)$ . Принцип дополняющей сложности заключается в том, что, как минимум, одна из систем (расписания или дистрибуции) должна иметь сложность  $O(N^2)$  для обеспечения связности между пунктами O&N.

Объем перевозок также определяет сложность управления системой. Так, в США система «регулирования» CAB не смогла совладать с отраслью при объемах 270 млн пассажиров в год и наложила мораторий на ввод новых линий на три года. По-видимому, этот объем является пределом управляемости на ВТ. В настоящее время три крупнейшие авиакомпании США достигли объема 150-180 млн пассажиров в год каждая. Их размеры приближаются к предельным. В МГА объемы перевозок составляли около 150 млн, сегодня они значительно ниже.

Благодаря дерегулированию [18, 19] и конкуренции в последние 20 лет появились авиакомпании лоукост (low cost). Их конкурентная ниша – обслуживание прямых связей на однотипных самолетах с пониженным уровнем сервиса. Философия лоукостов – низкотарифные перевозки по отдельным связям (point-to-point) с достаточным спросом. Эти авиакомпании отличаются от сетевых тем, что не ставят глобальных целей покрытия территорий.

Они не занимаются маршрутизацией потоков, не обслуживают трансферных пассажиров и не создают дорогостоящие хабы. В США лоукосты занимают порядка четверти рынка и продолжают развиваться, образуя вместе с сетевыми авиакомпаниями «гибридную» сеть ВВЛ.

## Резюме

Выбор стратегии развития отрасли драматически влияет на основные компоненты: сеть авиалиний, расписание, тарифы, дистрибуцию, использование самолетного парка, перевозки, финансовые результаты. Схожесть инфраструктур и моделей поведения пассажиров в разных странах позволяют использовать международный опыт для анализа различных стратегий управления на ВТ.

При стратегии централизованного регулирования авиаиндустрии главная цель заключалась в максимальном удовлетворении потребностей населения в авиаперевозках, а при – в максимуме прибыли авиакомпаний в условиях рынка. В результате стратегия дерегулирования в разных странах привела к переходу от полносвязной сети авиалиний к радиальным сетям с хабами. Экономика радиальных сетей и трансферных потоков основывается на низкой маржинальной стоимости полетов. Основой АТС стали трансферные потоки, которые с менее чем 10 % возросли до 60 % в хабах. Важной проблемой стало обеспечение «быстрых» пересадок в хабах для пар городов О&Н с достаточным спросом.

Радиальные сети с хабами при  $N$  рейсах охватывают территорию в квадратичной зависимости  $N(N-1)/2$ , при этом уменьшают расходы авиакомпаний и повышают их прибыльность.

Если при регулировании организация перевозок в АТС была сосредоточена в центральном расписании, то при дерегулировании она перешла от расписания в глобальные системы дистрибуции ГРС/GDS и ТКП/ARC/BSP [18]. Без ГРС и интерлайнов сеть авиалиний может распасться на фрагменты, слабо связанные между собой.

Результаты дерегулирования, связанные с ростом объемов перевозок (в три раза) и значительным уменьшением доходной ставки  $Y$  (на 30 %), рассматриваются как доказательство эффективности дерегулирования для общественного благосостояния.

Анализ показал, что рост перевозок во многом связан с ростом трансфера, а не числа первоначально отправленных

пассажиров. Ведомственная отчетность не учитывает фактические отправки пассажиров и маршруты их следования, учет ведется только по пассажирским купонам, а не на основе авиабилетов. Ранее такая отчетность на ВВЛ была, а теперь ликвидирована. Это системная проблема по организации учета и статистики пассажиропотоков между пунктами отправления и назначения О&Н страны [7, 18].

Снижение доходной ставки  $Y$  достигается не только за счет уменьшения тарифов, но и путем вынужденного удлинения расстояний перевозок [5]. Радиальные сети вынуждают пассажиров двигаться с пересадками, накручивая лишней пассажирооборот, что якобы приводит к занижению доходной ставки. Расчет  $Y$  предлагается проводить не только по фактическим маршрутам пассажиров, но и по кратчайшим расстояниям  $Y^* = SF \times Y$ , где коэффициент  $SF$  (skewed factor) отклонения маршрутов от кратчайших расстояний равен отношению фактического  $PKM$  к спрямленному  $SPKM$ :  $SF = PKM / SPKM$  для всех пар О&Н.

Стратегия дерегулирования в США и Европе за 35 лет накопила значительные проблемы. Концентрация перевозок в хабах привела к монополизации рынков, а также к пикам загрузок в аэропортах и низкой регулярности полетов. Цель авиакомпаний – максимум прибыли – явно не достигнута. Многие авиакомпании убыточны, объявляют банкротства или сливаются друг с другом. В США зафиксирована олигополия, когда четыре авиакомпании держат более 80 % рынка. Сетевые авиакомпании приближаются к пределам управляемости. Значительные ограничения для открытой конкуренции представляет система слотов в аэропортах. Между тем, несмотря на проблемы дерегулирования, авиакомпании не хотят возвращаться к регулированию, при котором они чувствовали себя более защищенными.

Благодаря дерегулированию и конкуренции в последние годы на рынок ворвались перевозчики-лоукост [18], которые используют прямые рейсы (point-to-point) и не занимаются маршрутизацией потоков и хабами. Лоукосты заняли нишу низкотарифных перевозок на однотипных самолетах. Появление лоукостов – прекрасная иллюстрация свободной конкуренции на ВТ. В результате образовались гибридные сети линий, состоящие из сетевых авиакомпаний (74 %) и лоукостов (26 %).

## Литература

1. Парамонов Ю. М. Моделирование поведения потенциального пассажира. Математические методы планирования производственной деятельности ГА // Тр. РКИИГА. Вып. 167. Рига, 1970.
2. Фрайман А. Б. Моделирование поведения пассажира при выборе маршрута движения // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. 1972. № 5.
3. Дрозд Е. Г. Исследование и разработка автоматизированной системы маршрутизации авиационных пассажирских потоков: дис. М., 1982.
4. Бачинский В. В. Модели и алгоритмы оптимизации параметров пассажирских авиалиний: дис. Л., 1986.
5. Holloway S. Straight and Level, Practical Airline Economics. UK: Ashgate, 2008.
6. Rose N. After Airline Deregulation and Alfred E. Kahn. US: Cambridge, 2012.
7. Фрайман А. Б. Матрица пассажиро-потоков между истинными пунктами отправления и назначения пассажиров. www.ato.ru.
8. Фрайман А. Б. Авиаперевозки советского периода. URL: <http://www.iatv.ru/index.cgi?doc=11>.
9. [http://en.wikipedia.org/wiki/Spoke-hub\\_distributi\\_on\\_paradigm](http://en.wikipedia.org/wiki/Spoke-hub_distributi_on_paradigm).
10. Bazargan M. Airline operations and scheduling / 2nd ed. US: Ashgate, 2010.
11. Brenner M., Leet J., Schott E. Airline Deregulation. US: Connecticut, 1985.
12. Schipper Y., Rietveld P. Economic and Environmental Effects of Airline Deregulation. Amsterdam Univ.
13. Morrison S., Winston C. The Economic Effects of Airline Deregulation. Washington, 1986.
14. Fruhan W. The flight for competitive advantage: A study of the US domestic trunk air carriers. Boston: Harvard Univ., 1972.
15. Belobaba P., Odoni A., Barnhart C. The Global Airline Industry. UK: Willey & Sons, 2009.
16. Расписание движения воздушных судов на магистральных линиях ГА / под ред. Ю. Михина, Ю. Павловского, А. Фраймана. М.: МГА СССР, 1991.
17. Kahn A. Surprises from Deregulation // The Am. Econ. Rev. 1988.
18. Ильичев С. В. Система взаиморасчетов на воздушном транспорте: новые возможности // Транспорт РФ. 2014. № 1.
19. Kahn A. Airline deregulation. URL: [www.econlib.org](http://www.econlib.org).
20. Tyler T. The Power of Flight. IATA, 2013.
21. Веневцев В. М., Герцбах И. Б. и др. Эвристический метод составления пассажирского расписания движения самолетов с помощью ЭВМ. М.: Наука, 1969.
22. Mutzabaugh B., United Airlines axing its hub in Cleveland / USA Today. 2014. Feb.
23. GAO-08-845. Airline Industry, Potential Mergers and Acquisitions driven by Financial and Competitive Pressures. 2008. July.