

На правах рукописи



ПОТАПОВА Дарья Юрьевна

**Методы прогноза динамики изменения и построения прогностической
оценки основных показателей деятельности авиакомпании**

Специальность 05.02.22 – Организация производства (транспорт)

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Москва – 2021г.

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА).

Научный руководитель:

доктор технических наук, доцент,
заведующая кафедрой вычислительных машин,
комплексов, систем и сетей ФГБОУ ВО «Московского
государственного технического университета
гражданской авиации» (МГТУ ГА),

Феоктистова Оксана Геннадьевна

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор, Заслуженный
работник транспорта РФ, Лауреат премии Правительства
РФ, академик Российской академии естественных
наук, первый заместитель генерального директора ФГБУ
«НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского»,

Шапкин Василий Сергеевич

доктор технических наук, ведущий научный сотрудник
Федерального государственного учреждения
"Федеральный исследовательский центр Институт
прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской
академии наук" (ИПМ им. М.В. Келдыша РАН),

Судаков Владимир Анатольевич

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет
гражданской авиации» (ФГБОУ ВО СПбГУ ГА), г. Санкт-
Петербург

Защита состоится 23 марта 2022 г. в 14:00 на заседании диссертационного совета Д 223.011.01 при Московском государственном техническом университете гражданской авиации по адресу: 125493, г. Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте МГТУ ГА <http://mstuca.ru>

Автореферат разослан « ____ » _____ 2022 г.

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 223.011.01

доктор технических наук, профессор
Самойленко Василий Михайлович

Общая характеристика работы

Актуальность избранной темы.

На показателях деятельности гражданской авиации можно очень наглядно увидеть влияние динамики социально-экономического состояния в стране с ее спадами и подъемами на итоговые показатели ее деятельности авиакомпаний. Рисунок 1 на примере пассажирооборота ярко демонстрирует наличие трех этапов: спад, переходный этап и подъем.

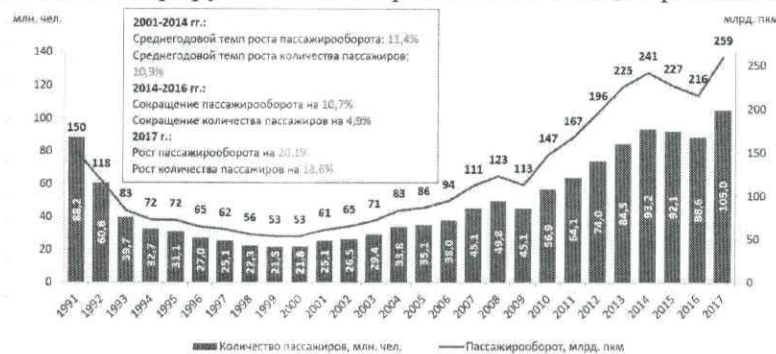


Рис. 1. Пассажирооборот российских авиакомпаний за 1991-2017 гг.

Лучшей иллюстрацией сказанного является стремительный рост числа авиакомпаний и такое же стремительное их разорение и гибель.

Ушли в небытие такие общеизвестные авиакомпании, долгое время олицетворявшие собой устойчивость. Среди них «Трансаэро», «Пулково», «Аэрофлот Карго», «Внуковские Авиалинии», «КрасЭйр». Общее же число «исчезнувших» авиакомпаний превысило 50.

Причин такого катастрофического развития событий очень много, но, в конечном счете, они сводятся к неумению предвидеть результаты своих действий и прогнозировать итоговые узловые показатели такие, как число перевозимых авиапассажиров и грузов, спрос на авиаперевозки, доходы и расходы и ряд других. В условиях наличия цикла спад-переходный период-подъем говорить о возможности разработки некоего универсального метода построения прогноза, пригодного «на все случаи» и для всех авиакомпаний, конечно, не приходится. Тем не менее, даже, несмотря на разнообразие случайных факторов, как свидетельствуют фактические данные, можно говорить о наличии небольшого числа достаточно устойчивых статистических закономерностей, опираясь на знание которых можно успешно проводить прогностические оценки исследуемых показателей.

Сказанное свидетельствует об **актуальности** исследований, представленных в диссертации, посвященной построению прогностических оценок основных показателей деятельности авиакомпании.

Для достижения поставленной цели были решены следующие **задачи**:

1. Обоснование и разработка методов прогнозирования основных показателей авиакомпании для стабильного периода экономики.
2. Обоснование и разработка методов прогнозирования основных показателей авиакомпании для нестабильного периода экономики.
3. Обоснование и разработка методов прогнозирования основных показателей авиакомпании для переходного периода экономики.
4. Обоснование и синтез аппроксимирующих функциональных зависимостей, описывающих прогнозные показатели, для различных периодов экономического состояния.
5. Проверка разработанных прогностических показателей с фактическими результатами деятельности 8 российских авиакомпаний, имевших место в период 1991-2017 гг.

Прогноз осуществлялся по следующим показателям деятельности авиакомпаний: годовой объем авиаперевозок (пассажиров, грузов, почты), число перевозимых авиапассажиров, процент использования парка ВС и некоторым другим.

Степень разработанности вопроса.

Главная цель прогнозирования – это построение фундамента для будущих управленческих решений, оно включает в себя:

- анализ динамики изменения основных итоговых показателей объекта прогнозирования;
- разработку будущих итоговых показателей объекта прогнозирования;
- оценку влияния управленческих решений на будущие итоговые показатели деятельности объекта прогнозирования.

Важность задачи прогнозирования объясняется наличием большого числа отечественных и зарубежных монографий и научных статей, посвященных различным аспектам проблемы прогнозирования. Однако, обзор имеющейся литературы показывает, что разработка соответствующих методов и методик проводится, как правило, на объектах, крайне далеких от транспортных предприятий, не говоря уж о предприятиях гражданской авиации и авиакомпаний. В подавляющем большинстве случаев речь идет о предприятиях торговли, строительства, финансовых организациях, предприятиях, осуществляющих грузовые перевозки автомобильным транспортом и др. Здесь следует отметить работы таких отечественных ученых и специалистов как Антохова И.В., Дедилова Т.В., Катунь А.В., Кузык Б.Н., Орлов А.И., Петриченко Г.С., Писаренко В.Ф., Сажин Ю.В., Сарайкин Ю.В., Светуных И.С., Светуных С.Г. и ряд других. Большую значимость в рассматриваемой проблеме играет монография американских специалистов Бокса Дж. и Дженкинса Г., посвященную проблемам построения прогнозов и управления.

Проблемам прогнозирования для решения различных аспектов проблем, связанных с вопросами прогнозирования в рамках потребностей гражданской авиации, посвящен ряд работ отечественных ученых Б.В. Артамонова, А.А. Горяшко, Е.И. Пинаева, О.В. Репиной, О.Г. Феоктистовой, А.А. Фридлянда, А.А. Червонного.

Объектом исследований являются основные показатели организации производства на авиапредприятиях.

Предметом исследований является динамика изменения основных итоговых показателей деятельности авиапредприятия.

Научная новизна состоит в том, что в ней впервые:

1. Разработаны методы построения прогностических аппроксимирующих функциональных зависимостей, опирающиеся на знание трех или четырех фактических результатов.

2. Обосновано при построении прогноза основных показателей работы авиакомпании, находящейся в условиях подъема или спада ее экономических показателей, для обеспечения наивысшей (а рамках используемых на практике моделей прогноза) точности прогноза использование в качестве базовых полиномиальные функциональные зависимости, а на переходном этапе развития – гиперболические и логарифмические.

3. Разработан метод прогнозирования применительно к прогнозу основных показателей работы авиакомпании, опирающийся на знание взаимных корреляционных связей предшествующих периодов.

Достоверность научных результатов основана на сравнении прогнозируемых годовых показателей деятельности авиапредприятий с их фактическими показателями на примере 8 авиакомпаний за двадцатилетний период их функционирования.

Методы исследования.

Для решения поставленных задач в работе используются методы и принципы теории вероятностей, математической статистики, корреляционного и экспертного анализов.

Теоретическая значимость работы состоит в том, что в ней проведено и представлено решение задач, направленных на развитие и разработку новых прогностических методов и моделей оценки основных показателей деятельности авиакомпаний на ближнюю и отдаленные перспективы, опираясь на фактические показатели, имевшие место в последние несколько лет.

Практическая значимость работы состоит, что представленные в ней результаты и методики дают возможность строить прогностические кривые для различных периодов состояния экономических показателей авиакомпании и всей структуры гражданской авиации.

Положения, выносимые на защиту:

- Результаты анализа влияния меняющегося спроса на авиационные услуги на основные показатели работы авиакомпаний, к которым относятся использование парка воздушных судов и использование финансовых ресурсов авиакомпании;

- Прогностические модели экономического состояния авиакомпании для стабильного экономического состояния, включающие в себя:

- прогностические модели объема продаж пассажирских авиабилетов;
- прогностические модели отправки авиапассажиров;
- прогностические модели среднего тарифа пассажирской отправки;
- прогностические модели среднего процента комиссионных от продаж авиаперевозок;
- прогностические модели изменения численности работников и уровня оплаты труда;

- Прогностические статистические экономико-математические модели для нестабильного периода экономического состояния авиакомпании, включающие в себя:

- прогностические модели загрузки воздушного судна при повышении тарифов;
- прогностические модели ожидаемой прибыли авиакомпании при повышении тарифов;
- Прогностические оценки изменения основных характеристик деятельности авиакомпаний на основе корреляционных характеристик.

Апробация результатов

Основные результаты работы изложены в опубликованных работах автора. Список публикаций автора по теме диссертации включает 8 научных трудов, в том числе 5 статей в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК (2 по специальности 05.02.22 «Организация производства (транспорт)» (8 стр.); 3 по транспорту (21 стр.)) при Минобрнауки РФ (29 стр.); 3 публикации в трудах международных и всероссийских конференций.

Основные результаты диссертации докладывались, обсуждались и получили положительную оценку на: международной (2021 г.) и общеуниверситетской НТК (2021 г.); а также на научно-технических семинарах кафедры «Организация перевозок на воздушном транспорте» (ОПВТ) МГТУ ГА, проводимых ежегодно в 2016-2021 гг. Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс кафедры «Организация перевозок на воздушном транспорте» (ОПВТ) МГТУ ГА.

В соответствии с паспортом специальности 05.02.22 «Организация производства (по отраслям)» в части «Области исследования» тема диссертации соответствует следующим позициям:

- «п.4. Стратегия развития и планирования организационных структур и производственных процессов»

- «п.11. Разработка методов и средств планирования и управления производственными процессами и их результатами»

Структура диссертации.

Диссертация общим объемом 149 страниц включает в себя: введение, основную часть работы, состоящую из трех глав, заключения, списка используемой литературы из 124 наименований и 1 приложения. Основная часть содержит 51 рисунок и 29 таблиц.

Основное содержание работы

Во введении дается обоснование актуальности темы диссертации, определена практическая значимость полученных результатов.

Первая глава посвящена анализу влияния меняющегося спроса на авиационные услуги на основные показатели работы авиакомпаний. Представленный в работе анализ динамики изменения основных показателей авиакомпаний, к которым относятся «ЮТэйр», «Трансаэро», «Уральские авиалинии», «ВИМ-Авиа», «Сибирь», «Северный ветер», «Таймыр», «КрасАвиа», «Авиационные линии Кубани» за период с 1991 по 2017 гг. Для динамики количества перевозимых авиапассажиров характерен спад в период 1991-1997гг. с 90 до 20 млн. в год и постоянный его рост до прежнего уровня в 2003 г. порядка 90 млн.

Основная задача, которая стояла в работе, состояла в разработке методов и методик построения прогностических оценок названных показателей, опираясь на фактические показатели 8 российских авиакомпаний.

Наиболее спокойные, плавные изменения происходили на этапе спада в период 1991-2003 гг. (рисунок 2).

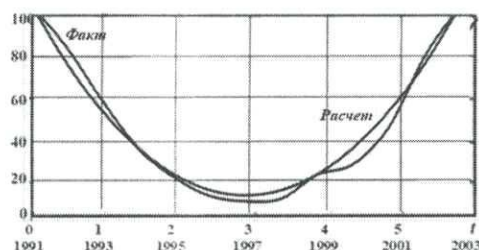


Рис. 2. Динамика изменения пассажиропотока за период 1991-2003 гг.

Эта зависимость хорошо аппроксимируется квадратичной зависимостью $P(t) = 2t^2 - 24t + 90$, где t – порядковый номер года, начиная с 1991 г.

Возможность функциональной аппроксимации говорит о том, что, несмотря на сугубо случайный характер влияния различных факторов, можно говорить о неких закономерностях, присущих такой большой системе. каковой является гражданской авиации в целом. При этом, приведенная аппроксимация строилась на базе фактических результатов 1991, 1993 и 1996 года, а определению подвергались показатели следующего за 1996 г., т.е. 1997 г. В дальнейшем такой подход использовался при построении прогнозов.

Следует обратить внимание, что падение показателей происходит по всем видам отправок пассажиры, грузы, почта. На рисунке 3 хорошо видно, как авиакомпания «Авиационные линии Кубани» ищет выход из складывающейся ситуации. Выручка от основных видов деятельности стремительно уменьшается, зато резко возрастают доходы от непрофильной деятельности.

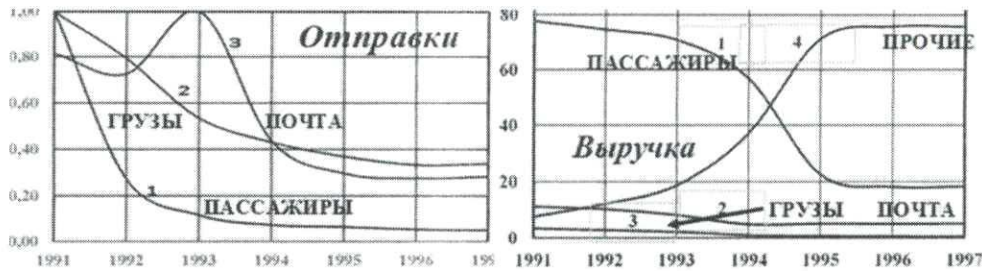


Рис. 3. Нормированные показатели деятельности авиакомпании «Авиационные линии Кубани»

Перелом в создавшейся ситуации приходится на начало 2000-х годов, что начало проявляться в постоянном росте грузо- и пассажирооборотов, которые соответственно за период 2003-2017гг. выросли с 3 до 8 млрд т.-км и с 85 до 260 млрд пасс.-км. Однако, монотонность роста была нарушена в период с 2015 на 2016 г. (спад на 5%). Аналогичный спад в эти же годы имел место и в случае авиационных грузоперевозок (спад на 6%).

Тем не менее, из достаточной устойчивости приводимых показателей, относящихся к суммарным характеристикам по всем российским авиакомпаниям никак не следует такая же устойчивость для каждой из авиакомпаний в отдельности.

Эти вариации скорее отражают крупные социально-политические процессы, оставляющие заметные следы в деятельности отдельной авиакомпании, проявляющиеся в крайней нестабильности ее показателей. Для иллюстрации ниже приведены некоторые фактические зависимости налета парка воздушных судов, имевших место за период 2009-2017гг., для четырех авиакомпаний «ЮТэйр», «Таймыр», «Северный ветер» и «ВИМ-Авиа» (рисунок 4).

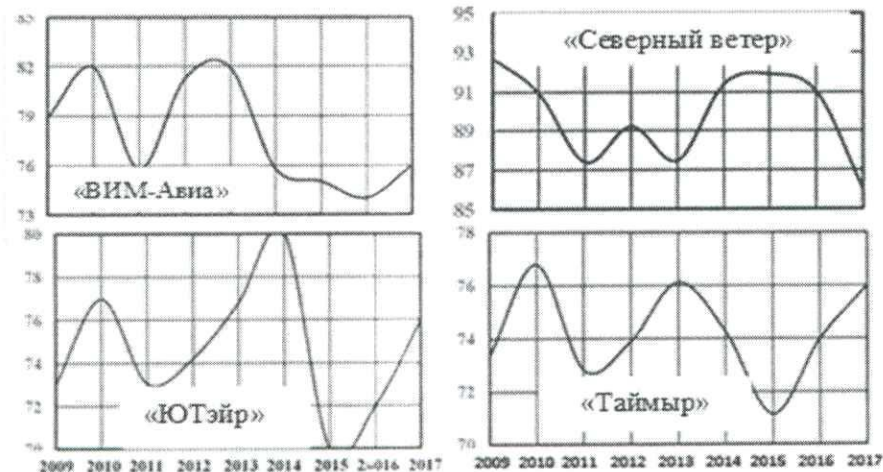


Рис. 4. Динамика налета парка ВС авиакомпаний «ЮТэйр», «Таймыр», «Северный ветер» и «ВИМ-Авиа» за период 2009-2017 гг. (млн. км.)

В то же время для других авиакомпаний такой «лихорадочной» смены показателей не было, как это видно на примере авиакомпаний «КрасАвиа» и «Уральские Авиалинии» (рисунок 5).

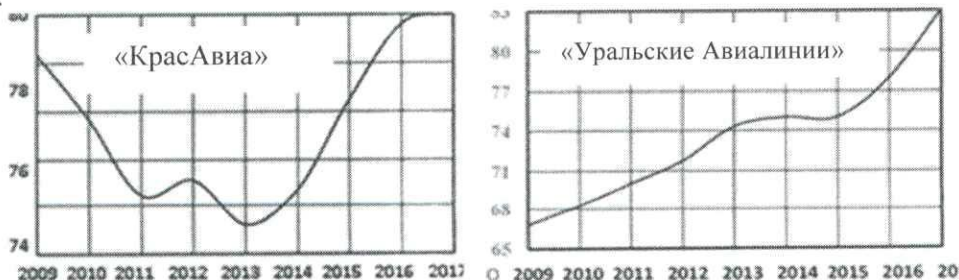


Рис.5. Динамика налета парка ВС авиакомпаний «КрасАвиа» и «Уральские Авиалинии» за период 2009-2017 гг. (млн. км.)

В дальнейшем проводится анализ динамики изменения таких показателей деятельности авиакомпании как использование парка воздушных судов и ее финансовых ресурсов.

Для оценки эффективности использования авиакомпанией парка воздушных судов абсолютные значения таких показателей как налет и процент использования воздушного судна и количество перевезенных пассажиров не дают возможности проводить сравнительный анализ таких разнородных и разноразмерных величин.

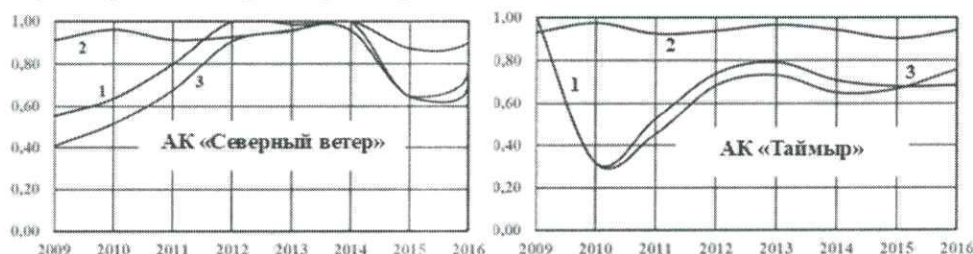


Рис. 6. Нормированные показатели, характеризующие использование парка ВС, авиакомпаний «Северный ветер» и «Таймыр» за период 2009-2016 гг.

В этой связи в работе представляется целесообразным вести нормировку этих величин к максимальному их значению за период 2009-2016 гг. В качестве иллюстрации на рисунке 6 приведены соответствующие графики (для авиакомпаний «Северный ветер» и «Таймыр»), где 1 - налет воздушных судов, 2 – процент использования воздушного парка, 3 – число перевезенных пассажиров.

Интегрально оценивая деятельность авиакомпании, на первый план выходит «показатель» - прибыль. Большую информативность при оценке деятельности авиакомпании несет безразмерная величина - отношение полученной прибыли к суммарным затратам.

В работе, опираясь на фактические данные деятельности 8 авиакомпаний за 2009-2017 гг., проведен их анализ с целью выявления неких статистических закономерностей, которые в дальнейшем использовались для разработки соответствующих прогнозов.

На рисунке 7 показано отношение прибыли, полученной авиакомпаниями, к их расходам.

Как видно, среди 8 авиакомпаний только 2 («ВИМ-Авиа» и «Сибирь») за период анализа (7 лет) имели превышение доходов над расходами (положительное сальдо). Сюда практически можно отнести также авиакомпанию «Уральские Авиалинии», у которой только в 2010 г. картина была обратной.

Для авиакомпании «ВИМ-Авиа» характерна крайняя неустойчивость в организации работ. Что касается авиакомпании «Сибирь», то здесь, напротив, в течение последних 6 лет наблюдается достаточно высокая стабильность (практически не меняющееся отношение прибыль/расходы).

Характер изменения искомого отношения для авиакомпании «Уральские Авиалинии» - это непрерывный рост практически с нулевого значения до величины, равной 5. Такой стабильности нет ни одной из других компаний.

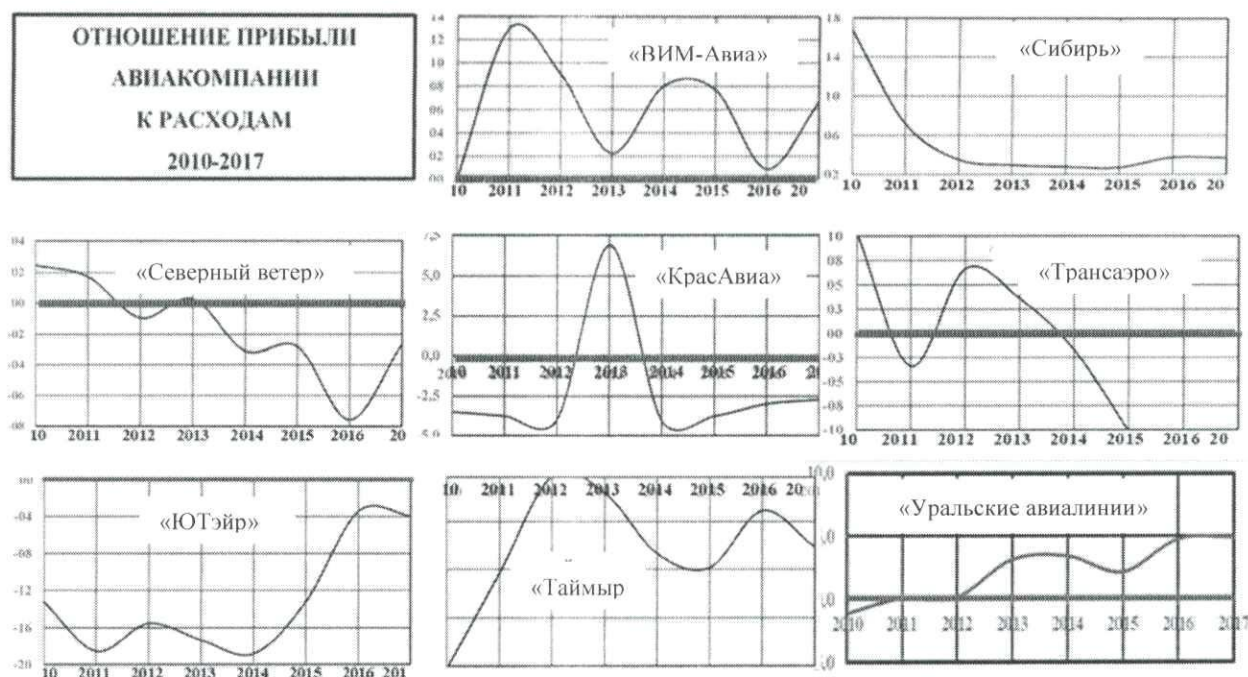


Рис. 7. Отношение прибыли, полученной авиакомпаниями «ЮТэйр», «Трансаэро», «ВИМ-Авиа», «Сибирь», «Северный ветер», «Таймыр», «КрасАвиа» и «Уральские авиалинии», к их расходам

Следующую группу авиакомпаний должны были бы образовать те из них, которые вышли из зоны убыточности (отрицательное сальдо) и стали бы доходными компаниями. Однако таких авиакомпаний из рассматриваемых, к сожалению, в работе нет.

Напротив, 3 авиакомпании, имевшие в отдельные годы положительное сальдо, перешли в разряд чисто убыточных структур. Это «Северный ветер», «КрасАвиа» и «Трансаэро».

Последнюю группу образуют 2 авиакомпании «ЮТэйр» и «Таймыр», которые все 8 лет находятся в зоне, где их прибыль отрицательна, т.е. их доходы оказываются меньше затрачиваемых расходов. Из представленного графика наглядно видно их стремление выйти из отрицательной зоны. Авиакомпании в течение 8 лет являются чисто убыточной структурой, у которых в отдельные годы убыток доходил до 20%.

Следующий шаг состоял в проведении сравнительного анализа показателей использования финансовых возможностей авиакомпаний. В работе проводится построение годовой зависимости основных характеристик – расходов (1), доходов (2) и прибыли (3).

На графиках на рисунке 8 представлены соответствующие зависимости, позволяющие производить синхронную оценку эффективности используемых финансов авиакомпаний.

Приведенные сведения свидетельствуют о резких флуктуациях основных показателей, что крайне затрудняет построение прогноза динамики их изменения.

Разнообразие представленных зависимостей порождает естественный вопрос: «Такой разброс в характере зависимостей – это, что случайные независимые действия руководителей авиакомпаний? Или это отражение каких-то общих общегосударственных факторов, влияющих на принятие управленческих решений?».

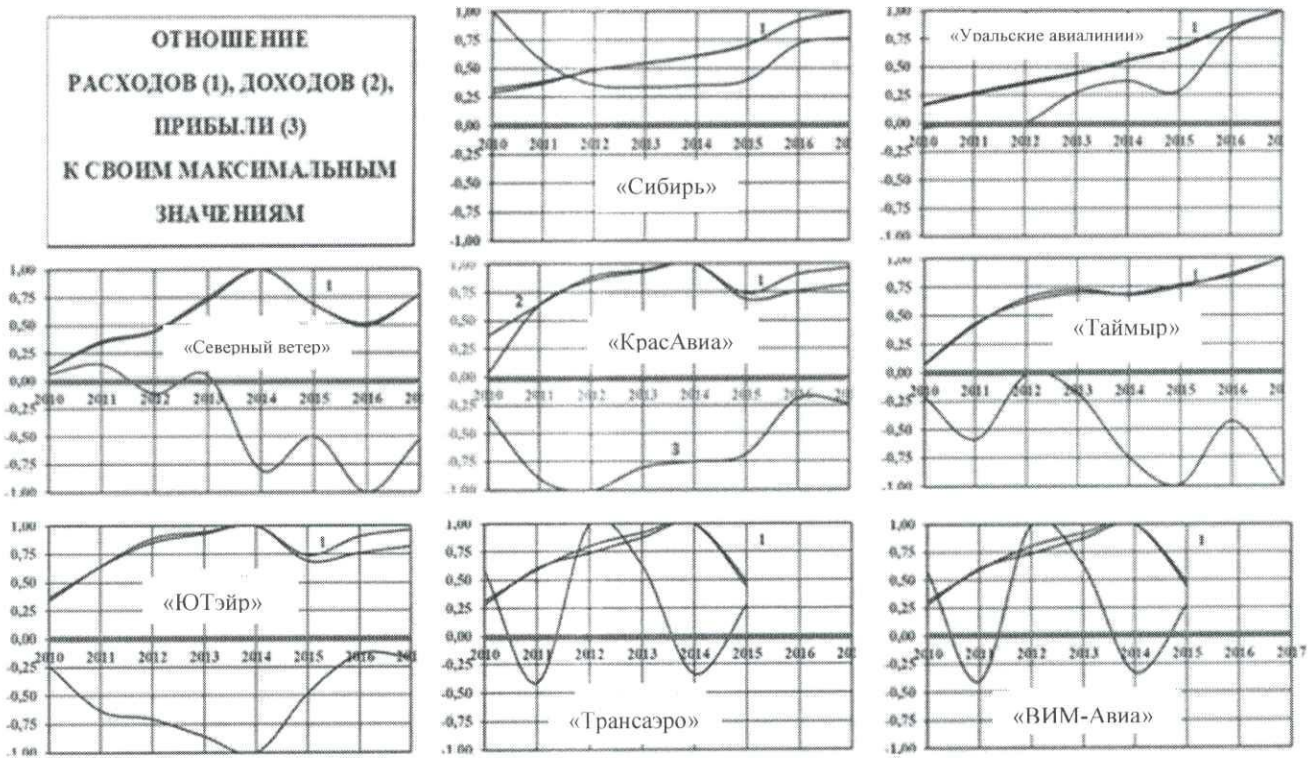


Рис.8. Отношение расходов, доходов и прибыли к своим максимальным значениям авиакомпаний «ЮТэйр», «Трансаэро», «Уральские авиалинии», «Сибирь», «Северный ветер», «Таймыр», «КрасАвиа», «ВИМ-Авиа»

В какой-то степени ответ на этот вопрос могут отразить коэффициенты корреляции (по налету часов) фигурирующих зависимостей.

В качестве примера ниже (рисунок 9) приведены корреляционные матрицы $K_{нал}$ и $K_{пасс}$ построенные на основании фактических данных за 20-летний период 1997-2017 гг., содержащие коэффициенты корреляции между узловыми показателями деятельности 8 авиакомпаний - «Налет воздушных судов» и «Число перевозимых пассажиров»: 1 - «ВИМ-Авиа». 2 - «Сибирь». 3 - «Таймыр». 4 - «Уральские Авиалинии». 5 - «Трансаэро». 6. - «КрасАвиа». 7 - «ЮТэйр». 8 - «Северный ветер».

		1	2	3	4	5	6	7	8			1	2	3	4	5	6	7	8
$K_{нал}$	1	1	0,59	0,26	0,64	0,82	0,85	0,29	0,29	$K_{пасс}$	1	1	0,85	0,21	0,86	0,58	0,83	0,37	0,00
	2	0,59	1	0,13	0,99	0,88	0,61	0,27	0,45		2	0,85	1	0,32	0,99	-0,39	0,58	0,58	0,61
	3	0,26	0,13	1	0,08	0,05	0,02	0,06	0,03		3	0,21	0,32	1	0,31	0,13	0,24	0,04	0,11
	4	0,64	0,99	0,08	1	0,89	0,63	0,35	0,45		4	0,86	0,99	0,31	1	-0,39	0,59	0,59	0,65
	5	0,82	0,88	0,05	0,89	1	0,04	0,88	0,96		5	0,58	-0,39	0,13	-0,39	1	-0,59	0,89	0,97
	6	0,85	0,61	0,02	0,63	0,04	1	0,37	0,25		6	0,83	0,58	0,24	0,59	-0,59	1	-0,10	-0,10
	7	0,29	0,27	0,06	0,35	0,88	0,37	1	0,81		7	0,37	0,58	0,04	0,59	0,89	-0,10	1	0,84
	8	0,29	0,45	0,03	0,45	0,96	0,25	0,81	1		8	0,00	0,61	0,11	0,65	0,97	-0,10	0,84	1

Рис.9. Корреляционные матрицы узловых показателей деятельности авиакомпаний «ЮТэйр», «Трансаэро», «Уральские авиалинии», «ВИМ-Авиа», «Сибирь», «Северный ветер», «Таймыр», «КрасАвиа» за период 1997-2017 гг.

Как видно из корреляционной матрицы $K_{нал}$, между ведущими АК коэффициент корреляции достигает значений 0,8-0,9. Это же свидетельствует о наличии некой общей причины, влияющих на динамику изменения рассматриваемого параметра. Такой причиной естественно выступает государство. Небольшие АК живут как бы «своей жизнью».

Обращает на себя внимание, что в матрице $K_{пасс}$ коэффициенты корреляции в большинстве случаев существенно больше, чем в матрице $K_{нал}$. Это свидетельствует о наличии

какого-то фактора, влияющего на характер такого синхронного изменения выходных характеристик авиакомпаний. Этим фактором может выступать социально-экономическая обстановка в стране.

Вторая глава посвящена разработке прогноза основных показателей авиакомпаний (экономическое состояние, объем продажи авиабилетов, число авиапассажиров, средний тариф пассажирской отправки, процент комиссионных, численность работников и уровень их оплаты) для стабильного периода ее экономического состояния. Построение прогноза опиралось на фактические данные, имевшие место в авиакомпании за последние годы. Задача, стоящая при построении прогноза, состояла в том, чтобы определить виды аппроксимирующих функций, дающих возможность на основании знаний о предыстории процесса оценить с приемлемой точностью их значения в последующие годы.

В качестве примера используем сведения об отправке авиапассажиров, имевших место за последние 20 лет в авиакомпании «Уральские авиалинии» (рисунок 10).

Как видно, в период по 2019 год происходил непрерывный рост пользователей авиатранспортом. Затем резкое обострение экономической ситуации в стране привело к серьезным последствиям для функционирования авиакомпании, выразившееся в стремительном падении спроса на авиационные услуги со стороны населения.

Это очень хорошо видно по изменению коэффициента корреляции между данными за каждые 6 лет, что иллюстрируют рисунок 11.

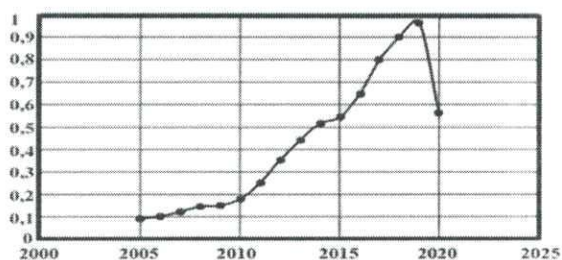


Рис. 10. Нормированные сведения о числе отправленных авиапассажиров авиакомпанией «Уральские авиалинии»

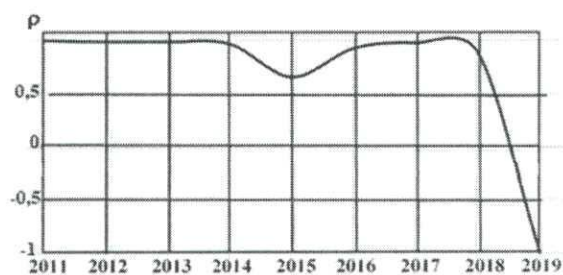


Рис. 11. Зависимость коэффициента корреляции r данных об отправке авиапассажиров авиакомпанией «Уральские авиалинии»

Вторым источником информации для последующих выводов служат сведения о загрузке ВС, выполненных рассматриваемыми российскими авиакомпаниями (рисунок 12):

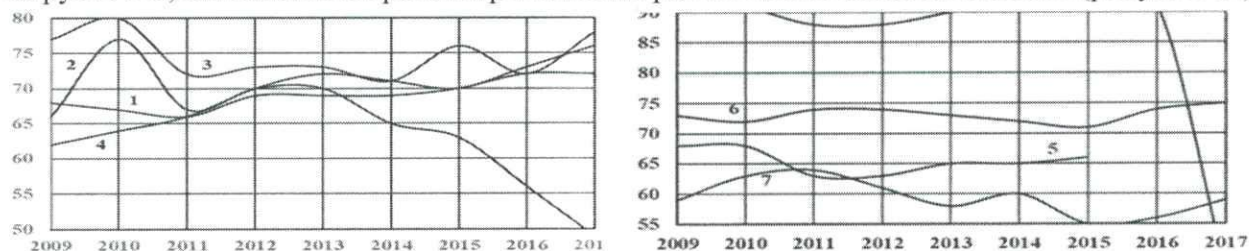


Рис. 12. Процент загрузки воздушных судов авиакомпаниями за 2009-2017 гг.

1 - «ВИМ-Авиа», 2 - «Сибирь», 3 - «Гаймыр», 4 - «Уральские Авиалинии», 5 - «Трансаэро», 6. - «КрасАвиа», 7 - «ЮТэйр», 8 - «Северный ветер»

Особенность этих зависимостей - это малый разброс значений у большинства авиакомпаний, что способствует повышению точности прогноза.

На рисунке 13 приведены сведения об изменении грузооборота всех российских авиакомпаний по годам за период 1991-2012 гг. (официальный документ Росавиации), т.е. период охватывающий все имевшие место спады и подъемы (кривая 1). Там же приведена аппроксимирующая ее кривая второго порядка. Как хорошо видно, прогнозирующая кривая удачно выполняет свою функцию.

Рассмотрим применение квадратичной аппроксимации к другим характеристикам суммарных показателей деятельности авиакомпаний и алгоритм расчета (1):

$$f_{\text{прогноз}} = \frac{n^2}{n_2 - n_3} \left(\frac{f_1 - f_2}{n_1 - n_2} - \frac{f_1 - f_3}{n_1 - n_3} \right) + n \left[\frac{f_1 - f_2}{n_1 - n_2} - \frac{1}{n_2 - n_3} \left(\frac{f_1 - f_2}{n_1 - n_2} - \frac{f_1 - f_3}{n_1 - n_3} \right) \right] + \frac{1}{n_2 - n_3} \left(\frac{f_1 - f_2}{n_1 - n_2} - \frac{f_1 - f_3}{n_1 - n_3} \right) \quad (1),$$

В работе проводится сравнение с опубликованным проектом роста авиаперевозок Росавиации, выполняемых российскими авиакомпаниями, на период вплоть до 2030 г. с фактическими данными с результатами прогноза, рассчитанными по предлагаемой методике и методике Росавиации. Результаты сравнения представлены на рисунке 14.

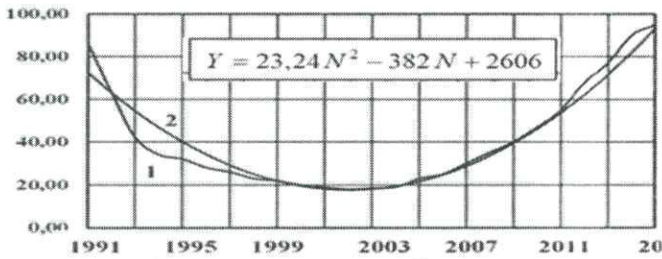


Рис. 13. Изменение грузооборота всех российских авиакомпаний по годам за период 1991-2012 гг.



Рис. 14. Сравнение данных предлагаемого прогноза и прогноза Росавиации

О таком же характере изменения выходных параметров, говорят данные, представленные на рисунке 15, где показано изменение общего объема пассажирских авиаперевозок, произведенных в 1998-2014 гг. через аэропорты Московского авиаузла.

С точки зрения построения прогностической зависимости предложенная квадратичная аппроксимация может быть признана вполне приемлемой для суммарных показателей большого числа авиакомпаний. Результаты таких аппроксимаций приведены на рисунке 15.

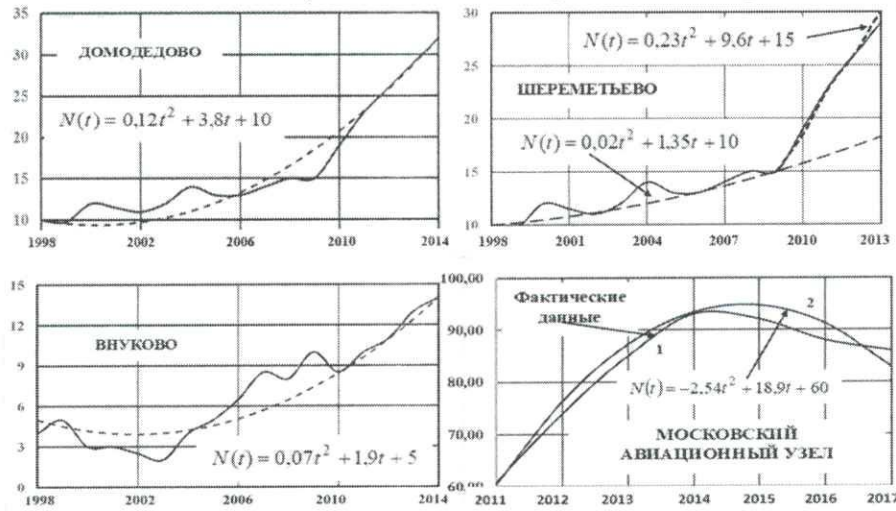


Рис. 15. Изменение общего объема пассажирских авиаперевозок, произведенных в 1998-2014 гг. через аэропорты Московского авиаузла и аппроксимирующие кривые

Для учета флуктуационных изменений в работе предлагается другая система аппроксимирующих функций. В качестве примера рассмотрим статистику отправок авиапассажиров из авиакомпании «Уральские Авиалинии» за 20-летний период 1998-2018 гг., представленную на рисунке 16.

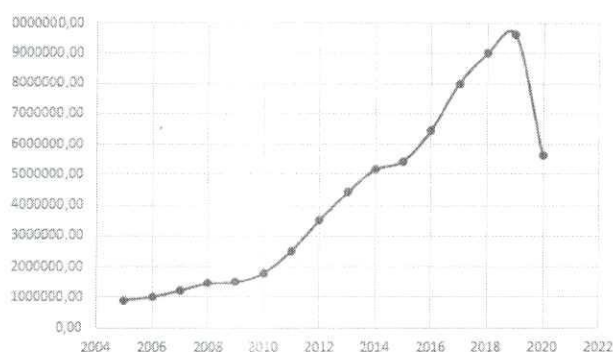


Рис.16. Статистика отправок авиапассажиров из АК «Уральские Авиалинии» за 1998-2018 гг. (чел.)

Здесь достаточно хорошо просматриваются, циклы подъем-стабилизация-спад, что дает возможность говорить об определенном рода периодичности процесса, что, в свою очередь, позволяет опираться на синусоидальную зависимость (2).

Однако фактические данные соответствуют этому не в полной мере. Для сглаживания такого несовпадения целесообразно ввести в модель экспоненциальный множитель (3), а в качестве итоговой модели использовать не аддитивную, а мультипликативную зависимость (4), которая лучше описывает прогностическую ситуацию, поскольку она учитывает большее число факторов, влияющих на число отправляемых пассажиров. Используя фактические данные для авиакомпании «Уральские Авиалинии», в итоге получается мультипликативная зависимость.

В работе на основе имеющихся статистических данных, опираясь на методы теории регрессии, проводится линеаризация модели, которая приводит к окончательному выражению для прогностической кривой типа $Y = \sin\left(2\pi \frac{n-n_0}{N}\right)$, где определяющие параметры связаны достаточно сложной аналитической зависимостью (приложенной в диссертации) с годами максимального и минимального числа отправляемых авиапассажиров.

Апробация разработанной методики проводилась на построении прогноза и сравнении его итогов с фактическими данными по результатам отправки авиапассажиров, выполненных авиакомпанией «Уральские Авиалинии». Результаты представлены на рисунке 17.

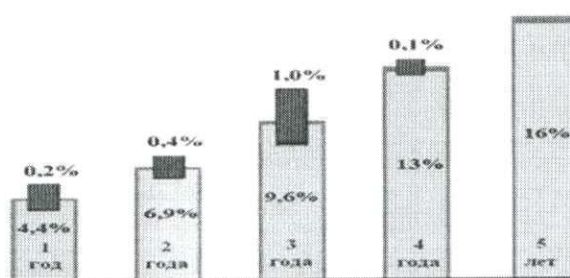


Рис.17. Сравнение итогов построения прогноза с фактическими данными по результатам отправки авиапассажиров, выполненных авиакомпанией «Уральские Авиалинии»

Приведенные данные дают следующий ориентировочный результат - средняя достоверность прогноза на 1 год вперед составляет 4,4%, на 2 года - 6,9%, на 3 года - 9,6%, на 4 года - 14,4%, на 5 лет - 16,1%.

Разработка прогноза объема продаж пассажирских авиабилетов, опираясь на анализ статистики продаж предшествующего периода, показавшую хорошую коррелируемость их с объемами перевозок даже в нестабильных условиях.

В диссертации предлагается целесообразным оперирование тремя видами прогноза продаж авиаперевозок: эвристическим, оптимистическим и пессимистическим. Прогнозы продаж по указанным вариантам приведены на рисунке 18.

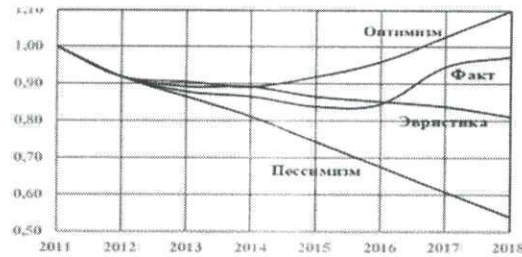


Рис.18. Эвристический, оптимистический и пессимистический прогнозы количества проданных авиабилетов авиакомпанией «Уральские Авиалинии»

В работе приведено большое количество фактического материала, (представленного в виде многочисленных таблиц), связанного с продажей авиабилетов, и аналитическое обобщение этого материала. Главное, что в этих данных есть – это прямое сравнение фактических данных с прогнозируемыми, рассчитанными на основе разработанных методик.

Весьма интересные и информативные сведения несет в себе информация о взаимной корреляционной связи ежемесячного числа продаж авиабилетов. С этой целью рассматривались массивы числа продаж за период 2013-2017 гг.

Здесь, прежде всего, обращает на себя внимание факт наличия очень высокой корреляционной связи (коэффициент корреляции больше 0,9) числа продаж авиабилетов между различными месяцами, что открывает возможности устойчивого успешного прогнозирования продаж в течение года.

Однако, ни то, что в ряде случаев прогноз оказывается слишком грубым, ни то, что в ряде других случаев этот прогноз оказывается необыкновенно точным, не могут в полном объеме свидетельствовать о достоинствах или недостатках используемой методики прогноза. Все приведенные примеры лишь еще раз подчеркивают стохастичность рассматриваемых процессов.

Гораздо более информативным является рассмотрение полученных оценок с позиций их статистических характеристик. В работе проводится детальный анализ наличия корреляционных связей между следующими показателями: отправка авиапассажиров и продажа авиационных билетов. Корреляционные связи искались как внутри одинаковых показателей, так и между разными показателями. Здесь наиболее интересные и даже неожиданные результаты проявились в том, что между отдельными месяцами выявились поразительно жесткая связь. В Таблице 1 приведены такие примеры.

Таблица 1 - Месяцы, за которые число отправленных авиапассажиров очень сильно коррелированы между собой

	Пары месяцев	ρ
1	Март/май	1.000
2	Июнь/июль	0.998
3	Май/июнь	0.997
4	Февраль/май	0.995
5	Февраль/апрель	0.995
6	Февраль/май	0.993
7	Ноябрь/декабрь	0.986
8	Апрель/март	0.985
9	Май/июль	0.983
10	Март/июнь	0.981
11	Февраль/июнь	0.980
12	Март/апрель	0.980
13	Апрель/июнь	0.973

	Пары месяцев	ρ
14	Июль/август	0.968
15	Март/июль	0.966
16	Июль/декабрь	0.966
17	Февраль/июль	0.965
18	Сентябрь/ноябрь	0.962
19	Апрель/август	0.961
20	Сентябрь/ноябрь	0.958
21	Август/сентябрь	0.954
22	Сентябрь/октябрь	0.947
23	Август/декабрь	0.933
24	Июнь/август	0.932
25	Февраль/август	0.931
26	Сентябрь/декабрь	0.930

Таблица 2 - Корреляционные связи между с показателями отправки авиапассажиров и продажи авиационных билетов по месяцам

	Пары месяцев	К.к. Пасс.	К.к. ав. билет	Сред. К.к.
1	Февр.-апр.	0,98	0,98	0,985
2	Май-июнь	0,98	0,99	0,985
3	Май-июль	0,98	0,99	0,985
4	Июнь-июль	0,98	0,99	0,985
5	Март-июнь	0,97	0,99	0,980
6	Апр.-август	1,00	0,96	0,980
7	Сент.-ноябрь	1,00	0,95	0,975
8	Окт.-ноябрь	0,99	0,96	0,975
9	Апр.-май	0,96	0,98	0,970

	Пары месяцев	К.к. Пасс.	К.к. ав. билет	Сред. К.к.
10	Апр.-май	0,97	0,97	0,970
11	Апр.-июнь	0,99	0,95	0,970
12	Авг.-сент.	0,95	0,98	0,965
13	Февр.-июнь	0,96	0,96	0,960
14	Июль-авг.	0,98	0,94	0,960
15	Сент.-окт.	0,99	0,93	0,960
16	Сент.-дек.	0,97	0,93	0,950
17	Февр.-авг.	0,97	0,93	0,950
18	Июль-авг.	0,96	0,93	0,945

Таблицы 1 и 2 демонстрируют наличие очень глубоких причинных связей между двумя рассматриваемыми случайными процессами. Они убедительно показывают, что для последующих расчетов и построения прогноза целесообразно использовать данные, относящиеся к фактическим результатам, имевшим место в августе месяце.

В работе подчеркивается, что ошибки прогноза числа отправленных авиапассажиров, рассчитанные по детерминистской и предлагаемой методике, оказались примерно одинаковыми – 3,8% в первом случае и 3,9% во втором. Однако, налицо существенное до 30% уменьшение среднеквадратичной ошибки. Вообще говоря, по-видимому, налицо предельно возможная точность прогнозирования рассматриваемых величин.

Приведенные выше данные свидетельствуют, что предлагаемая методика прогноза числа продаваемых авиабилетов дает возможность существенно повысить точность прогноза по сравнению с детерминистской методикой. Что касается прогноза по отправке авиапассажиров, то обе методики обеспечивают примерно одинаковую точность прогноза.

Как показывает «история» развития событий на рынке авиационных услуг, неожиданно для потребителя этих услуг происходит скачкообразное изменение стоимости авиационных услуг, начиная от повышения тарифов и кончая любыми услугами, оказываемыми авиакомпаниями населению и другими потребителями этих услуг. Такие скачки заставляют искать новые методы и методики построения прогностических расчетов. Причем эта задача имеет первостепенное значение для любой авиакомпании, потому что от успеха ее решения зависит судьба самой компании. При этом, что принципиально, задачи из разряда стационарных превращаются в принципиально нестационарные задачи. Именно поэтому разработанные методики прогнозирования нуждаются в серьезной корректировке.

Опираясь на полученные результаты, строятся методики прогнозирования в ситуациях повышения тарифов: прибыли авиакомпании, среднего тарифа пассажирской отправки, среднего процента комиссионных от продаж авиаперевозок, изменения численности работников и изменения уровня оплаты труда.

Таким образом, проведенный в работе на основании фактических данных 8 авиакомпаний РФ, территориально базирующихся по всей территории РФ, анализ влияния, периодически меняющегося по циклу взлет - стабильность – спад, спроса на авиационные услуги на основные показатели работы авиакомпаний показал целесообразность при построении прогностических моделей, обеспечивающих 5-6 - процентную ошибку прогноза использовать:

- для относительно «спокойных» периодов экономического состояния авиакомпании - квадратичную зависимость типа $N = an^2 + bn + c$, где конкретные значения коэффициентов a , b и c определяются, опираясь на конкретные данные в трех характерных для данной величины временных точках (как правило, в первый и последний годы, а также в год с характерным изменением зависимости, типа минимум, максимум, перелом и т.п.);

- для переходного периода (неустойчивого) экономического состояния авиакомпании – целесообразно в качестве основы использовать синусоидальную зависимость типа

$\sin\left(2\pi\frac{n-n_0}{N}\right)$. Для корректировки иногда имеет смысл использовать мультипликативную зависимость типа $e^{-0,25(n-n_0)} \sin\left(2\pi\frac{n-n_1}{N}\right)$.

Названный подход перспективен для достаточно больших промежутков времени, когда небольшие флуктуации еще не играют большой роли.

При построении прогноза изменения численности работников и уровня оплаты труда целесообразно использовать три типа прогнозов:

- Пессимистический прогноз, основанный на идее наибольшего повышения заработной платы (до 24% в год) за счет существенного сокращения численности (до 11% в год) и наименьших суммарных затратах.

- Оптимистический прогноз, предполагающий наименьший процент роста заработной платы (15% в год) и наименьшее сокращение численности (около 3% в год) при максимальных общих затратах на зарплату.

- Эвристический прогноз, предполагающий возможность роста заработной платы в пределах 20% в год с одновременным сокращением численности до 7% в год

Третья глава диссертации посвящена разработке прогноза основных показателей авиакомпании для нестабильного периода ее экономического состояния.

При рассмотрении прогностических задач, связанных с авиакомпаниями, в большинстве случаев, мы имеем дело с очень большим числом реализаций случайных событий: число проданных билетов, масса грузов, время задержки рейса, число рейсов, число воздушных судов, вылет или прилет которых задержан и т.п. Именно поэтому рабочим аппаратом соответствующих задач выступает математическая статистика и теория вероятностей.

Ясно, что все причины, приводящие к подобным событиям, независимы друг от друга и вполне допустимо считать, что вклад каждого из факторов в общем случае относительно невелик. В рамках сказанного допустимо считать, что количественная оценка исследуемого события ξ - представляет собой сумму большого числа малых слагаемых, порожденных отдельными факторами. Это открывает путь к применению центральной предельной теоремы, утверждающей, что в этом случае случайная величина ξ является нормально распределенной величиной, плотность распределения вероятностей которой описывается законом Гаусса.

Как известно, суть статистического прогнозирования сводится к определению статистических характеристик случайной величины $x(t)$ в момент $t_2 > t_1$ по известным ее статистическим характеристикам в момент t_1 .

С учетом исходного закона Гаусса для соответствующей условной плотности вероятности имеем представленное ниже выражение, где приведены также соотношения для математического ожидания случайной величины x_2 и выражение для среднего квадратичного отклонения прогнозируемой величины (2), (3), (4):

$$W(x_2|x_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(\sigma_2\sqrt{1-\rho^2})} e^{\left\{-\frac{1}{2\sigma_2^2(1-\rho^2)}\left[x_2 - x_{02} - \rho\frac{\sigma_2}{\sigma_1}(x_1 - x_{01})\right]^2\right\}} \quad (2),$$

$$x_{002} = x_{02} + \rho\frac{\sigma_2}{\sigma_1}(x_1 - x_{01}) \quad (3),$$

$$\sigma_{2n} = \sigma_2\sqrt{1-\rho^2} \quad (4).$$

Таким образом, имеется возможность по знанию случайной величины в момент времени t_1 провести корректировку прогноза на момент t_2 . Здесь, как видно, решающую роль при корректировке прогноза играет степень коррелированности, т.е. радиус корреляции ρ исследуемого процесса.

Особо следует обратить внимание на функциональную зависимость корректирующего слагаемого от значения средне квадратичного отклонения на уровне значимости 0,01.

Названная взаимосвязь показывает, что даже при практически некотором числе степеней свободы корректирующее слагаемое увеличивается при росте значения σ_2^2 и достигает достаточно больших значений при большом значении средне квадратичного отклонения. При наличии сильной корреляционной связи при большом значении средне квадратичного отклонения σ_1^2 корректировку можно избежать.

Данные, представленные на рисунке 19, иллюстрируют количественную связь между коэффициентом корреляции ρ и степенью повышения достоверности прогноза $-k = 1 - \frac{\sigma_{2n}}{\sigma_2}$, выраженной в процентах. Как видно, влияние значения коэффициента корреляции на точность прогноза реально начинает проявлять себя при $\rho \geq 0,4-0,45$. При малом значении σ_1^2 корректировка может быть весьма заметна.



Рис.19. График зависимости точности прогноза от радиуса корреляции

Для обоснования гипотезы, что число проданных авиабилетов подчиняется Гауссовому распределению, их массив из 60 чисел был подвергнут соответствующей статистической обработке и проверке выдвинутой гипотезы по нескольким критериям согласия.

Для проверки соответствия статистических закономерностей был выбран, критерий χ^2 , дающий возможность количественно оценивать правомерность использования того или иного закона распределения. Количественной мерой в этих случаях выступает само число χ^2 :

Названный критерий был применен для проверки статистической гипотезы о соответствии закона распределения числа реализованных авиабилетов за 5 последних лет нормальному закону распределения. Полученные результаты дали возможность утверждать, что гипотеза о гауссовом распределении числа проданных авиабилетов можно считать правдоподобной на уровне значимости 0,01.

Следующий этап был связан с разработкой прогноза изменения прибыли авиакомпаний в ситуации повышения тарифов, опирающийся на ряд базовых показателей, относящихся к рейсу: загрузка, затраты на его выполнение и стоимость авиационной услуги (авиабилета). Наибольший интерес представляется ситуация, при которой удается сохранить уровень рентабельности.

В работе, опираясь на такие характеристики как рентабельность – r , коэффициент испуга – g (5) и степень испуга потребителей авиационных услуг от роста их стоимости («условие выигрыша») – s (6), получены итоговые неравенства, выполнение которых позволит авиакомпании обеспечить достижения максимального роста прибыли) b (7):

$$g = \frac{\alpha}{b^s} \quad (5),$$

где b – коэффициент роста цен, s – можно трактовать в качестве некой «степени испуга»;

$$s < 1 + \frac{\lg \alpha r}{\lg b} \quad (10),$$

$$b = \frac{1}{\left(2r - \frac{t_1}{2\tau - t_1}\right)g} = s^{-1} \sqrt{2\alpha r} \approx \frac{1}{2rg} \quad (7).$$

Как и следовало ожидать, размер прибыли, ожидаемый от повышения стоимости авиационных услуг, в очень сильной степени зависит от психологической реакции населения на скачок авиатарифов.

В заключительной части главы решается задача о построении прогноза изменения основных характеристик деятельности авиакомпаний на основе корреляционных характеристик, которые, опираясь на фактические численные данные, полученные за длительный период времени, дают возможность «увидеть» некоторые медленно меняющиеся и медленно проявляющие себя факторы. Это, в свою очередь, дает возможность использовать такие характеристики для разработки устойчивого прогноза на предстоящий период, который, хотя и не будет обладать наивысшей точностью из возможных прогнозов, но и, как показано в работе, на реальных фактических характеристиках авиакомпаний, обеспечивает вполне приемлемую для практики точность.

Как известно, коэффициент корреляции будет равен 1 в том и только в том случае, когда массивы чисел $\{x_1\}$ и $\{x_2\}$ пропорциональны друг другу, т.е. $\{x_2\}=k\{x_1\}$, где $k=1$ – коэффициент (радиус) корреляции. Обобщением этого равенства, что соответствует нетождественности множеств $X_1=\{x_1\}$ и $X_2=\{x_2\}$, может служить введение квадратичного члена в написанное выше равенство (аналог разложения Тейлора). Применительно к рассматриваемой задаче целесообразно из имеющегося массива данных о прогнозируемом параметре – X , имевших место в предыдущие N лет – $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$, сформировать два массива X_1 и X_2 по следующему правилу: $\begin{cases} X_1 = \{x_1, \dots, x_{N-1}\} \\ X_2 = \{x_2, \dots, x_N\} \end{cases}$. Такое формирование массивов – «через год» – представляется

достаточно целесообразным, поскольку на таком интервале, если и были «глубинные» корреляционные связи, то в течение года они вряд ли могли бы исчезнуть.

С учетом сказанного, прогнозируемое значение искомого параметра может быть определено по следующей формуле:

$$x_{N+1} = kx_N + \alpha x_N^2, \quad \text{где параметр } \alpha \text{ учитывает квадратичный характер зависимости и выражается через известные значения определяемого параметра в предыдущие годы}$$

$$\alpha = \frac{x_N - kx_{N-1}}{x_{N-1}^2}.$$

В соответствии с предложенным методом, опираясь на фактические сведения об общих расходах авиакомпаний и полученных ими прибылей за период 2010-2016 гг., проводился прогностический расчет этих показателей на 2017 год. Полученные результаты сравнивались с фактическими показателями, имевшими место в 2017 г. в 8 упомянутых выше авиакомпаниях

В качестве иллюстративного примера в Таблице 3 приведены сведения о показателях «Общие расходы» и «Прибыль» авиакомпаний «Уральские авиалинии», «Сибирь», «Северный ветер» и «Таймыр» за период 2010-2017 гг. и прогностический расчет этих показателей на 2017 г. Отдельной строкой показаны результаты фактической ошибки результатов прогноза, которая, как видно, в большинстве случаев не превышала 10%. В диссертации представлены аналогичные расчеты для всех 8 авиакомпаний по всевозможным сочетаниям показателей работы авиакомпаний. Как правило, ошибка прогноза не превосходила 9-10%, а в отдельных случаях 5-6%.

Таблица 3 - Показатели «Общие расходы» и «Прибыль» авиакомпаний относятся «Уральские Авиалинии», «Сибирь», «Северный ветер», «Таймыр», за период 2010-2017 гг. и прогностический расчет этих показателей на 2017 г.

Год	«Сибирь»	«Северный Ветер»	«Таймыр»	«Уральские авиалинии»
-----	----------	------------------	----------	-----------------------

	Общие расходы, млн. руб.	Прибыль, млн. руб.	Общие расходы, млн. руб.	Прибыль, млн. руб.	Общие расходы, млн. руб.	Прибыль, млн. руб.	Общие расходы, млн. руб.	Прибыль, млн. руб.
2010	31,23	2,2	9,31	-0,18	6,12	-0,18	14,68	0,12
2011	40,37	2,9	13,89	0,24	7,06	-0,62	17,29	0,014
2012	52,88	1,86	18,02	-0,17	9,77	0,07	23,04	0,04
2013	59,29	1,75	29,32	0,08	10,87	-0,2	28,29	0,88
2014	66,19	1,82	40,59	-1,26	10,81	-0,8	35,44	1,2
2015	77,14	2,07	27,65	-0,78	11,88	-1,01	42,91	0,91
2016	99,96	3,72	20,75	-1,57	12,1	-0,38	54,68	2,61
2017	108,45	3,995	31,13	-0,83	14,35	-0,88	63,42	3,23
К	0,98	0,44	0,58	0,44	0,98	0,85	0,62	0,04
α	0,002	-0,08	0,051	-0,569	0,043	0,165	0,009	0,18
Прогноз	113,45	4,096	32,01	-0,81	13,9	-0,84	62,2	3,29
Ошиб-ка %	4,6%	2,5%	2,8%	-3,4%	-3,2%	-4,5%	1,9%	1,8%

Определенный интерес представляет собой оценка корреляционной связи между самими исследуемыми показателями «Общие расходы» и «Прибыль» (Таблица 4), которая может служить определенной мерой эффективности работы самой авиакомпании. Особенно значимо это будет в тех случаях, когда основная цель работы авиакомпании – получение максимальной прибыли. Сведения о реальных значениях коэффициентов корреляции, поскольку они рассчитывались по имевшему место фактическому материалу, за период 2010-2017 гг. приведены в Таблице 4.

Обращает на себя внимание показатель корреляции авиакомпании «Трансаэро». Здесь ключевую роль сыграл последний год – год ее закрытия. С другой стороны, напротив, практически абсолютную взаимосвязь между расходами и прибылью показала авиакомпания «Уральские Авиалинии».

Таблица 4 - Расчетные (по фактическим показателям, имевшим место за 2010-2017 гг.) значения коэффициента корреляции между «Общими расходами» авиакомпании и полученной ее «Прибылью»

Авиакомпания	«Сибирь»	«Северный ветер»	«Таймыр»	«Уральские авиалинии»
Коэффициент корреляции	0,78	0,74	-0,51	0,96
Авиакомпания	«Трансаэро»	«КрасАвиа»	«ЮТэйр»	«Вим-Авиа»
Коэффициент корреляции	0,07	-0,42	-0,59	0,47

В работе в соответствии с предложенным методом, опираясь на фактические сведения о трех других важнейших характеристиках работы авиакомпании - налет самолетов, процент загрузки воздушных судов и число перевозимых пассажиров, представлен прогностический прогноз этих показателей на 2017 год и сравнение полученных результатов с реальными показателями, имевшими место в 2017 году, что давало возможность оценить точность прогноза.

Из приведенных многочисленных численных результатов видно, что в абсолютном большинстве случаев прогноз «по среднему» существенно уступает прогнозу по точности, предложенному в работе корреляционному методу. Сказанное можно наглядно увидеть из проведенных в работе расчетов для каждой из 8 исследуемых авиакомпаний. В качестве иллюстрации приведем в Таблице 5 по 4 авиакомпаниям относительно показателей «Налет

самолетов» (1), «Процент загрузки» (2) и «Число перевозимых авиапассажиров» (3) с прогнозными данными по принципу $\pm\sigma$.

Таблица 5 - Сведения о показателях «Налет самолетов, млн. км», «Процент загрузки, %» и «Число перевозимых авиапассажиров, млн. чел.» авиакомпаний «ВИМ-Авиа», «Сибирь», «Таймыр» и «Уральские авиалинии» за 2010-2017 гг. и прогностический расчет этих показателей на 2017 г

	«ВИМ-Авиа»			«Сибирь»			«Таймыр»			«Уральские авиалинии»		
	Налет ВС, млн. км.	Процент загрузки, %	Пасс., млн. чел.	Налет ВС, млн. км.	Процент загрузки, %	Пасс., млн. чел.	Налет ВС, млн. км.	Процент загрузки, %	Пасс., млн. чел.	Налет ВС, млн. км.	Процент загрузки, %	Пасс., млн. чел.
2010	22,1	82,0	1,33	92,37	76,5	4,84	11,93	76,8	0,54	45,06	68,27	1,79
2011	23,89	75,8	1,62	97,4	75,6	5,13	19,87	72,8	0,78	57,93	70,07	2,51
2012	19,5	81,3	1,51	112,15	80,0	6,35	27,84	73,9	1,16	74,81	71,78	3,53
2013	17,18	82	1,39	119,54	80,9	7,09	29,85	76,1	1,24	89,93	74,35	4,42
2014	21,9	76	1,62	129,9	79,9	7,94	26,66	74,3	1,11	103,65	75,04	5,16
2015	23,01	73	1,59	128,77	80,3	8,21	25,57	71,2	1,13	103,47	75,02	5,45
2016	32,1	74	2,08	133,88	85,2	9,51	25,8	74,2	1,28	115,43	78,31	6,47
2017	31,4	76	2,14	143,11	85,2	9,95	25,74	78,8	1,41	134,26	82,58	8,01
К-т корр. α	0,64	0,31	0,72	0,96	0,77	0,97	-0,29	-0,18	-0,14	0,96	0,98	0,98
Прогноз	32,85	83,69	2,18	154,60	90,93	10,47	25,16	83,47	1,47	143,02	87,6	8,35
Ошиб. прог%	4,62	10,12	1,87	8,2	6,73	5,23	2,26	5,93	4,26	6,53	6,08	4,24
Средн.	22,28	77,89	1,66	119,64	80,45	7,38	24,16	74,76	1,08	90,57	74,42	4,67
Откл.	-9,12	1,89	-0,48	-23,47	-4,75	-2,57	-1,58	-4,04	3,97	-43,69	-8,16	-3,34
Ошиб. прог%	-29,1	2,47	-22,4	-16,4	-5,58	-25,83	-6,14	-5,12	23,41	-32,54	-9,31	-41,7

Таблица 6 - К расчету прогнозу показателей «Налет самолетов, млн км», «Процент загрузки, %» и «Число перевозимых авиапассажиров» по принципу 2σ авиакомпаний «ВИМ-Авиа», «Сибирь», «Таймыр» и «Уральские авиалинии» за период 2010-2017 гг. и прогностический расчет этих показателей на 2017 г.

	«ВИМ-Авиа»			«Сибирь»			«Таймыр»			«Уральские авиалинии»		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2017	31,4	76,3	2,14	143,1	85,2	9,95	25,7	78,7	1,40	134,2	82,5	8,00
σ	5,27	3,49	0,30	19,4	3,54	1,99	6,98	2,28	0,34	33,2	4,97	2,19
Ср.+ σ	27,6	81,3	1,9	132,4	82,9	8,7	32,6	76,4	1,5	111,6	77,4	6,0
Средн.	22,3	77,8	1,6	113,0	79,3	6,7	25,6	74,1	1,1	78,4	72,5	3,9
Ср.- σ	22,3	77,8	1,6	113,0	79,3	6,7	25,6	74,1	1,1	78,4	72,5	3,9
Закл	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-

Приведенные результаты свидетельствуют, что в условиях неустойчивой экономики ориентироваться на прогнозы, опирающиеся на принцип 2σ , скорее всего, бесперспективно.

Какова бы ни была методика прогнозирования характеристик авиапредприятия, повысить ее точность можно только четкой организацией производства, лучшей итоговой характеристикой которой является успешность взаимодействия его организационных структур и служб. В качестве итоговой числовой характеристики, в данном случае, может выступать корреляционная матрица его узловых выходных характеристик, в которой в рамках

итогах производства целесообразно использовать суммарные расходы и полученную прибыль, пассажиро- и грузопоток, налет самолетов и процент его использования.

Для построения искомых матриц были обработаны фактические данные по итоговой деятельности за восьмилетний период с 2010 по 2017 годы показатели 8 авиакомпаний. Результатом обработки явилось построение корреляционных матриц размером 5×5 для каждой из 8 авиакомпаний. Элементами этих матриц выступали коэффициенты корреляции между каждой парой показателей работы авиакомпании, к которым относились (в той последовательности, в которой они фигурируют в этих матрицах): налет самолетов (первые строка и столбец), процент загрузки самолетов (вторые строка и столбец), число перевозимых авиапассажиров (третьи строка и столбец), общие расходы авиакомпании (четвертые строка и столбец) и полученная за год деятельности прибыль авиакомпании (пятые строка и столбец).

В качестве примера ниже приведены соответствующие корреляционные матрицы для трех авиакомпаний «ВИМ-Авиа», «КрасАвиа» и «Уральские Авиалинии».

АК «ВИМ-Авиа»	АК «КрасАвиа»	АК «Уральские авиалинии»
$\begin{pmatrix} 1.00 & -0.64 & 0.93 & 0.50 & -0.06 \\ -0.64 & 1.00 & -0.66 & -0.74 & -0.50 \\ 0.93 & -0.66 & 1.00 & 0.68 & 0.09 \\ 0.50 & -0.74 & 0.68 & 1.00 & 0.22 \\ -0.06 & -0.50 & 0.09 & 0.22 & 1.00 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1.00 & -0.64 & 0.93 & 0.50 & -0.06 \\ -0.64 & 1.00 & -0.66 & -0.74 & -0.50 \\ 0.93 & -0.66 & 1.00 & 0.68 & 0.09 \\ 0.50 & -0.74 & 0.68 & 1.00 & 0.22 \\ -0.06 & -0.50 & 0.09 & 0.22 & 1.00 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1.00 & -0.64 & 0.93 & 0.50 & -0.06 \\ -0.64 & 1.00 & -0.66 & -0.74 & -0.50 \\ 0.93 & -0.66 & 1.00 & 0.68 & 0.09 \\ 0.50 & -0.74 & 0.68 & 1.00 & 0.22 \\ -0.06 & -0.50 & 0.09 & 0.22 & 1.00 \end{pmatrix}$

Рис. 20. Корреляционные матрицы для авиакомпаний «ВИМ-Авиа», «КрасАвиа» и «Уральские Авиалинии»

В авиакомпании «ВИМ-Авиа» обращает на себя внимание наличие достаточно сильной взаимосвязи между налетом самолетного парка и числом перевозимых пассажиров ($K_{13}=0,93$) и практически полное отсутствие взаимосвязи между прибылью авиакомпании и налетом самолетов ($K_{15}=-0,06$), а также очень слабая зависимость между прибылью и числом перевозимых пассажиров ($K_{35}=0,09$). Более того, отрицательный знак у K_{15} свидетельствует, что увеличение налета самолетного парка уменьшает прибыль.

В авиакомпании «КрасАвиа» обращает на себя внимание, что осуществляемые ею мероприятия как-то увеличение налета и процента загруженности воздушного судна, рост пассажиропотока ведет к уменьшению прибыли авиакомпании, о чем свидетельствует отрицательные значения коэффициента корреляции в 5 столбце (строчке).

По всем показателям авиакомпания «Уральские Авиалинии» должна быть признана лучшей в организации работ из всех 8 рассматриваемых в настоящей работе авиакомпаний, о чем говорит тот факт, что все корреляционные коэффициенты имеют значения более 0,95. Это же свидетельствует, что все ее службы и структуры слаженно работают на выполнение целевой задачи.

Корреляционные матрицы дают возможность использовать их для построения прогнозов, опирающихся на знания коэффициентов корреляции, в соответствии с соотношениями, полученными в предыдущих главах.

Заключение по работе

1. Основу организации производства любой авиакомпании, занимающейся перевозками пассажиров, грузов и почты, составляет, в конечном счете, умение удачно предвидеть последствия своей организации производства. Крупные просчеты в этой области привели к разорению и, в конечном счете, к гибели десятков авиакомпаний среди которых даже такие крупные как «Трансаэро», «Татарстан», «Домодедовские авиалинии», «Пулково» и другие. Каковы бы ни были свои причины катастроф этих авиакомпаний, общая причина – это грубые

просчеты с локальными и длительными прогнозами на реализацию их услуг в части объема перевозки пассажиров и грузов и, как следствие на расходы и доходы от оказания услуг.

2. Проведенный в работе анализ имевших место фактических основных показателей деятельности 9 авиакомпаний («ВИМ-Авиа», «Сибирь», «Таймыр», «Уральские Авиалинии», «Трансаэро», «КрасАвиа», «ЮТэйр», «Северный ветер», «Авиационные линии Кубани») за период 1991- 2017 гг. показал, прежде всего, что изменение каждого из показателей носит ярко выраженный флуктуационный характер, сопровождающийся резкими подъемами и спадами.

3. Фактические суммарные показатели деятельности авиакомпаний РФ, имевшими место за более, чем за четверть вековой период с 1991 по 2018 г., показали достаточно явную и четко выраженную периодичность в цикле максимум-минимум.

4. Взаимный корреляционный анализ однотипных фактических показателей работы авиакомпаний дал возможность разделить флуктуации на те, которые вызваны общими причинами, как правило, вызванными общим состоянием экономики страны, и на те, причины которых присущи самой авиакомпании. Это дало возможность обосновать аналитические зависимости изменения основных показателей работы авиакомпании во времени и выполнить кратко и долго срочные прогнозы этих показателей. Так, например, для суммарных показателей всех авиакомпаний РФ за рассматриваемый промежуток времени достаточно удачной является квадратичная аппроксимация. В этом случае погрешность прогноза редко оказывается более, чем 6-8%.

5. Если прогнозировать с приемлемой точностью интегральные узловые характеристики всей гражданской авиации в целом, представляется относительно несложной задачей, то прогноз для конкретной авиакомпании, напротив, далеко непростая задача. Это является следствием резкой изменчивости основных жизнеопределяющих характеристик авиакомпаний.

6. Одной из центральных задач авиакомпании является разработка прогнозов показателей ее деятельности: денежный оборот, объем продаж, средний тариф, изменение численности работников и т.д. По этим показателям необходима разработка:

- эвристического прогноза, опирающегося на математическую обработку статистических данных за последние 20 лет и их экстраполяцию на ближайшие годы.
- оптимистического прогноза, опирающегося на концепцию медленного, но устойчивого роста объема авиаперевозок и сохранения доли продаж авиаперевозок.
- пессимистического прогноза опирающегося на концепцию существенного ежегодного падения объема продажи билетов.

7. На основании анализа имевших место в период 1991-2017 гг., фактических данных 9 ведущих авиакомпаний России («ВИМ-Авиа», «Сибирь», «Таймыр», «Уральские Авиалинии», «Трансаэро», «КрасАвиа», «ЮТэйр», «Северный ветер», «Авиационные линии Кубани»), целесообразно для построения прогностических моделей изменения интересующих авиакомпанию показателей, определяющих ее деятельность, со степенью достоверности до 5-6% использовать:

- для относительно «спокойных» периодов экономического состояния авиакомпании - квадратичную зависимость типа $N = an^2 + bn + c$, где конкретные значения коэффициентов a, b и c определяются, опираясь на конкретные данные в трех характерных для данной величины временных точках;

- для переходного периода (неустойчивого) экономического состояния авиакомпании – целесообразно в качестве основы использовать синусоидальную зависимость типа

$\sin\left(2\pi\frac{n-n_0}{N}\right)$. Для корректировки иногда имеет смысл использовать мультипликативную

зависимость типа $e^{-0,25(n-n_0)} \sin\left(2\pi\frac{n-n_1}{N}\right)$.

Названный подход перспективен для достаточно больших промежутков времени, когда небольшие флуктуации не играют большой роли.

8. Статистика продаж пассажирских авиабилетов предшествующего периода показывает хорошую коррелируемость их с объемами перевозок даже в нестабильных условиях деятельности. В изменившихся же условиях, борьба за самовывживаемость становится определяющим принципом. Поэтому представляется целесообразным оперирование минимум тремя видами прогноза продаж авиаперевозок:

- эвристическим прогнозом, базирующимся на обработке статистики продаж перевозок, как доли от общего объема отправок, которая практически не изменяется в прогнозируемом периоде.

- оптимистическим прогнозом, учитывающим благоприятное развитие экономики, сохранение достигнутого взаимодействия с традиционными партнерами-перевозчиками, развитие отношений с другими авиакомпаниями, в том числе на рынке международных перевозок.

- пессимистическим прогнозом, учитывающим неблагоприятный ход развития экономики, потери доверия со стороны традиционных партнеров, недостаточную эффективность усилий по сохранению своего места и роли на рынке продаж авиаперевозок.

9. Важную роль при построении прогнозов играет информация о взаимной корреляционной связи месячного числа продаж авиабилетов. Обращает на себя внимание факт наличия очень высокой корреляционной связи (коэффициент корреляции больше 0,9) числа продаж авиабилетов между различными месяцами, имевшими место в каждом из пяти лет с 2013г. по 2017 г., что открывает возможности устойчивого успешного прогнозирования продаж авиабилетов течение года.

10. Заметное улучшение точности прогноза основных показателей деятельности авиакомпаний, опирающегося на детерминистскую, аппроксимацию и сводящегося по сути к определению соответствующих математических ожиданий, может быть достигнуто при учете прогноза дисперсий и радиусов корреляций. Последнее может быть осуществлено, только опираясь на соответствующие плотности распределения вероятностей прогнозируемых величин.

11. Флуктуации численных значений показателей деятельности авиакомпаний вызываются большим количеством всевозможных и, как правило, малозначимых и независимых между собой причин. Этот факт в точности соответствует условиям применения центральной предельной теоремы, выводящей на Гауссову плотность распределения вероятностей этих показателей, которые могут выражаться в рублях, килограммах, часах, числе авиапассажиров и т.п.

12. Наличие корреляционной связи между значениями основных показателей деятельности авиакомпаний позволяет уменьшить дисперсию оценки прогнозируемой величины в $\sqrt{1 - \rho^2}$ раз, где ρ - радиус корреляции, при этом абсолютная точность прогноза оценки напрямую зависит как от численного значения радиуса корреляции, так и от отношения соответствующих среднеквадратичных значений, относящихся к последовательным моментам времени, - σ_1^2 и σ_2^2 . При большом значении σ_2^2 корректирующее слагаемое может оказаться достаточно большим даже при слабой корреляционной связи. С другой стороны, при больших значениях σ_1^2 и сильной корреляции для прогнозируемого параметра корректировка практически не требуется. Если σ_1^2 мало, корректировка может быть весьма заметна.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации

Основные результаты работы опубликованы в изданиях, включенных в перечень изданий ВАК, определенных для публикации материалов диссертаций по специальности 05.02.22 «Организация производства (транспорт)»:

1. Феоктистова О. Г., Потапова Д. Ю. Построение прогноза основных показателей работы авиакомпании на основе корреляционного анализа // Омский научный вестник. 2021. № 5 (179). С. 15–18. DOI: 10.25206/1813-8225-2021-179-15-18.

2. Потапова Д. Ю. Задача прогнозирования основных показателей авиакомпании // Омский научный вестник. 2021. № 5 (179). С. 46–49. DOI: 10.25206/1813-8225-2021-179-46-49.

а также в изданиях ВАК:

3. Потапова Д.Ю. Основные причины задержек авиационных рейсов // Мир транспорта. – М.: Москва, 2018; 16(3):200-206.

4. Потапова Д.Ю. Оптимизация бизнеспроцессов в складском комплексе аэропорта // Мир транспорта. – М.: Москва, 2018; 16(1):82-89.

5. Потапова Д.Ю. Риски логистики складирования // Вестник СПбГУГА. –2017. №4(17), с. 91-96.

Результаты работы также опубликованы ещё в 3 изданиях в виде статей, материалов и тезисов докладов, сделанных на международных и всероссийских научно-технических и научно-практических конференциях:

1. Потапова Д. Ю., Феоктистова О. Г. «О корреляционном методе прогнозирования показателей авиакомпании» // Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества: сборник тезисов докладов / Московский государственный технический университет гражданской авиации – М.: ИД Академии Жуковского, 2021. – С. 441-443.

2. Потапова Д. Ю. «Основные аспекты перевозки опасных грузов воздушным транспортом». // Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества: сборник тезисов докладов участников Международной научно-технической конференции / М.: ИД Академии Жуковского, 2018, С. 274.

3. Потапова Д. Ю. «Факторы риска, влияющие на безопасность перевозки опасных грузов воздушным транспортом». // Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества: сборник тезисов докладов участников Международной научно-технической конференции, посвященной 45-летию Университета. / М.: ИД Академии Жуковского, 2016, С. 103.

Выполнена НИР за 2012-2013 год по теме: «Региональные пассажирские перевозки в РФ: проблемы и перспективы развития». 17 конкурс на соискание грантов Ученого совета МГТУ ГА на проведение фундаментальных и поисковых НИР. – отчет о НИР: № г/р 01201262840/ ФГАНУ ЦИТиС; исполн.: Д.Ю. Потапова. – Москва, 2013. – 57 с. – Инв.№ 02201359090

Соискатель



Потапова Дарья Юрьевна