ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

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)»

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук,

доцент Феоктистова О. Г.

Москва – 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр
Введение	**4**
1. Влияние меняющегося спроса на авиационные услуги на основные показатели работы авиакомпаний	**11**
1.1. Основные показатели работы авиакомпании	**11**
1.2. Основные характеристики изменений основных показателей в условиях меняющегося спроса на авиационные услуги	**16**
1.3. Использование парка воздушных судов	**24**
1.3.1. Налет парка воздушных судов	**25**
1.3.2. Использование парка воздушных судов	**30**
1.4. Использование финансовых ресурсов авиакомпаний	**34**
1.4.1. Оценка итогов финансовой деятельности авиакомпаний	**34**
1.4.2. Сравнительный анализ показателей использования финансовых возможностей авиакомпаний	**39**
1.5. Выводы раздела 1	**42**
2. Разработка прогноза основных показателей авиакомпании для стабильного периода ее экономического состояния	**47**
2.1. Прогностическая модель экономического состояния авиакомпании	**47**
2.2. Прогноз объема продаж пассажирских авиабилетов	**64**
2.3. Прогноз отправки авиапассажиров	**70**
2.4. Прогноз среднего тарифа пассажирской отправки	**75**
2.5. Прогноз среднего процента комиссионных от продаж авиаперевозок	**76**
2.6. Прогноз изменения численности работников и уровня оплаты труда	**78**
2.7. Выводы раздела 2	**81**
3. Разработка прогноза основных показателей авиакомпании для нестабильного периода ее экономического состояния	**84**
3.1. Постановка задачи	**84**

3.2. Статистическая экономико-математическая модель прогноза для нестабильного периода экономического состояния авиакомпании **87**

3.3. Проверка гипотезы о Гауссовом распределении авиационных событий авиакомпаний **91**

3.4. Прогноз загрузки воздушного судна при повышении тарифов **96**

3.5. Прогноз прибыли авиакомпании при повышении тарифов **98**

3.6. Прогноз изменения основных характеристик деятельности авиакомпаний на основе корреляционных характеристик **108**

Выводы к разделу 3 **121**

Заключение **123**

Литература **129**

Приложение 1 **140**

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В гражданской авиации, пожалуй, как ни на какой другой отрасли хозяйствования, можно очень наглядно увидеть влияние динамики социально-экономического состояния в стране с ее спадами и подъемами на итоговые показатели деятельности авиакомпаний.

Лучшей иллюстрацией сказанного является стремительный рост числа авиакомпаний и такое же стремительное их разорение, и гибель, так, например, только за последние годы из списка действующих исчезла 51 компания, (число же действующих на сегодня авиакомпаний составляет 109).

События, касающиеся печальных судеб ряда отечественных авиакомпаний даже таких, которые не только успешно функционировали на рынке авиационных услуг, но и представлялись определенного рода символами устойчивости «Трансаэро», «ВИМ-Авиа», «Кубань», «КрасЭйр», «Внуковские Авиалинии», «Москва» и др., в первую очередь, были предопределены крупными просчетами, имевшими место в организации производства и стратегическом планировании на ближнюю и дальнюю перспективу.

Сегодня целевая функция каждой авиакомпании, а их в России по состоянию на сегодня насчитывается 109, сводится, в конечном счете, к получению максимальной прибыли при условии обеспечения на заданном уровне безопасности полетов и прочих ограничений, накладываемых государственными и международными требованиями. Как показал опыт предыдущих лет, для решения этой задачи руководство разорившихся авиакомпаний в свое время в качестве генеральной линии выбрало путь роста тарифов на услуги. Это явилось следствием, как показывает анализ конкретных, имевших место ситуаций в этих авиакомпаниях, неумения предвидеть результаты своих действий, а, стало быть, умения прогнозировать итоговые основные показатели работы. Среди таких узловых показателей – число

перевозимых авиапассажиров и грузов, спрос на авиаперевозки, доходы и расходы и др.

Сложность построения таких прогнозов объясняется, прежде всего, с одной стороны, определенной неустойчивостью экономических показателей страны, а с другой, - случайным характером годовых изменений показателей работы самой авиакомпании. Сюда, как причину, усложняющую построение прогноза, следует отнести также внешние факторы такие, как стоимость и качество технического обслуживания и ремонта авиационной техники, практически постоянное изменение (а фактически рост) как тарифов, так и цен на ГСМ и прочие, чаще всего, случайные факторы и причины.

В таких условиях говорить о возможности построения некоего универсального метода построения прогноза, пригодного «на все случаи» и для всех ситуаций, конечно, не приходится. Выход из такого положения состоит в том, что количественные изменения факторов, влияющих на построение прогноза, зависят, в конечном счете, от громадного количества самых разнообразных факторов, что определяет достаточно высокую устойчивость к объективно сформировавшимся статистическим закономерностям, опираясь на которые (в рамках имеющихся данных) можно реализовывать прогноз с достаточно высокой точностью.

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

Целью работы является разработка методов и методик прогноза динамики изменения узловых показателей авиакомпании и их прогностических оценок для каждого из относительно устойчивых этапов ее функционирования (спад, подъем, переходный период), а также сопоставление прогностических показателей с фактическими результатами деятельности 8 российских авиакомпаний, имевших место в период 1991-2017 гг.

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.

Степень разработанности вопроса.

Прогнозирование экономического состояния любого предприятия является залогом его выживания и основой прочного положения, а поэтому прогностические оценки его деятельности являются одними из наиболее важных и значимых характеристик.

В зарубежной и российской литературе предлагается несколько отличающихся методик и математических моделей прогнозирования оценки экономического состояния предприятий и организаций.

По своей сути прогнозирование – это будущая оценка объекта исследования – его характеристик, узловых показателей и динамика их изменения.

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 правленческих решение на будущие итоговые показатели деятельности объекта прогнозирования.

При этом, что крайне важно, при нарастающем научно-техническом прогрессе неизбежно растет неопределенность в роли и месте объекта прогнозирования.

Важную роль играет оценка тенденций изменения динамики развития государства и его законодательной базы, а поэтому при построение прогностических моделей необходим учет перемен в обществе, протекающих с различной скоростью и имеющих различную продолжительность.

Сказанное объясняет наличие большого числа отечественных и зарубежных монографий и научных статей, посвященных различным аспектам проблемы прогнозирования. При этом, что крайне важно подчеркнуть, разработка соответствующих методов и методик проводится 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., Катынь А.В., Кузык Б.Н., Орлов А.И., Петриченко Г.С., Писаренко В.Ф., Сажин Ю.В., Сарайкин Ю.В., Светуньков И.С., Светуньков 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 Б.В. Артамонова, Е.И. Пинаева, А.А. Горяшко, 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.

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.

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

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.

Методы исследования.

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

Апробация результатов исследований

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 05.02.22 Организация производства (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.

Структура и объем работы.

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.

1. ВЛИЯНИЕ МЕНЯЮЩЕГОСЯ СПРОСА НА АВИАУСЛУГИ НА ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ АВИАКОМПАНИЙ

1.1. Основные показатели работы авиакомпании

Сегодня с большой уверенностью можно утверждать, что целью деятельности любой негосударственной авиакомпании является получение максимальной прибыли при обеспечении требуемого уровня безопасности [24, 31, 107, 116]. Регулярность полетов при этом перестает быть ограничивающим фактором и переходит в разряд экономических категорий [45].

Сказанное дает возможность сформулировать основные направления деятельности практически любой авиакомпании, рассматриваемой в качестве коммерческой, структуры, устойчивость работы которой, главным образом, зависит от ее финансовых успехов [10]. В этой связи основными направлениями деятельности авиакомпаний являются коммерческие направления, базирующиеся на резком расширении ассортимента производства - как способе повышения финансовой устойчивости авиакомпании. Это определяет основные профили деятельности авиакомпаний, которым относятся:

- перевозки пассажиров, почты, грузов на внутренних линиях РФ и на международных воздушных линиях (МВЛ);
- управление ресурсами мест и свободного тоннажа;
- планирование и комплектование коммерческой загрузки на рейсах, обслуживаемых собственным самолетным парком;
- планирование и контроль расписания, маршрутов, типов ВС, тарифов и т.д.;

- обеспечение безопасности полетов, их регулярности и качества обслуживания пассажиров как факторов, определяющих конкурентоспособность авиакомпании на рынке авиаперевозок;
- резервирование и продажа авиаперевозок через собственную агентскую сеть;
- осуществление взаиморасчетов между участниками авиатранспортных процессов;
- осуществление непрофильной (диверсификационной) деятельности авиакомпании (дополнительные услуги как-то: гостиницы, прокат автомашин, бюро путешествий и т.п.) [25, 32].

Ключевой концепцией деятельности большинства авиакомпаний является необходимость развертывания нескольких взаимосвязанных направлений в области продажи авиационных перевозок и услуг, так чтобы они давали сопоставимые доходы и, тем самым, взаимно компенсировали возможные спады в условиях нестабильной экономики [60].

Одной из центральных характеристик деятельности авиакомпании является, так называемый «потребительский спрос» на оказываемые ею услуги. В конечном счете, именно он определяет, как устойчивость работы, так и ее финансовые успехи [15].

В качестве главных «инструментов» в достижении успеха в «потребительском спросе» выступают:

- организация реализации своих «услуг» через разнообразные отечественные агентства, фирмы и частные компании;
- организация реализации своих «услуг» через разнообразные зарубежные агентства, фирмы и частные компании, конечно, при наличии соответствующих государственных документов;
- организация выполнения внутри страны и за рубежом, так называемых, чартерных рейсов [8].

Следует обратить внимание, что в последние годы с целью существенных финансовых потерь, вызванных необходимостью уплаты различных

«комиссионных» сборов и т.п., все большее распространение находят такие формы как продажа авиабилетов через многочисленные автоматы, «по почте», через интернет и т.д. [122].

Систему основных показателей работы авиакомпании можно представить в виде следующей схемы (рисунок 1.1).

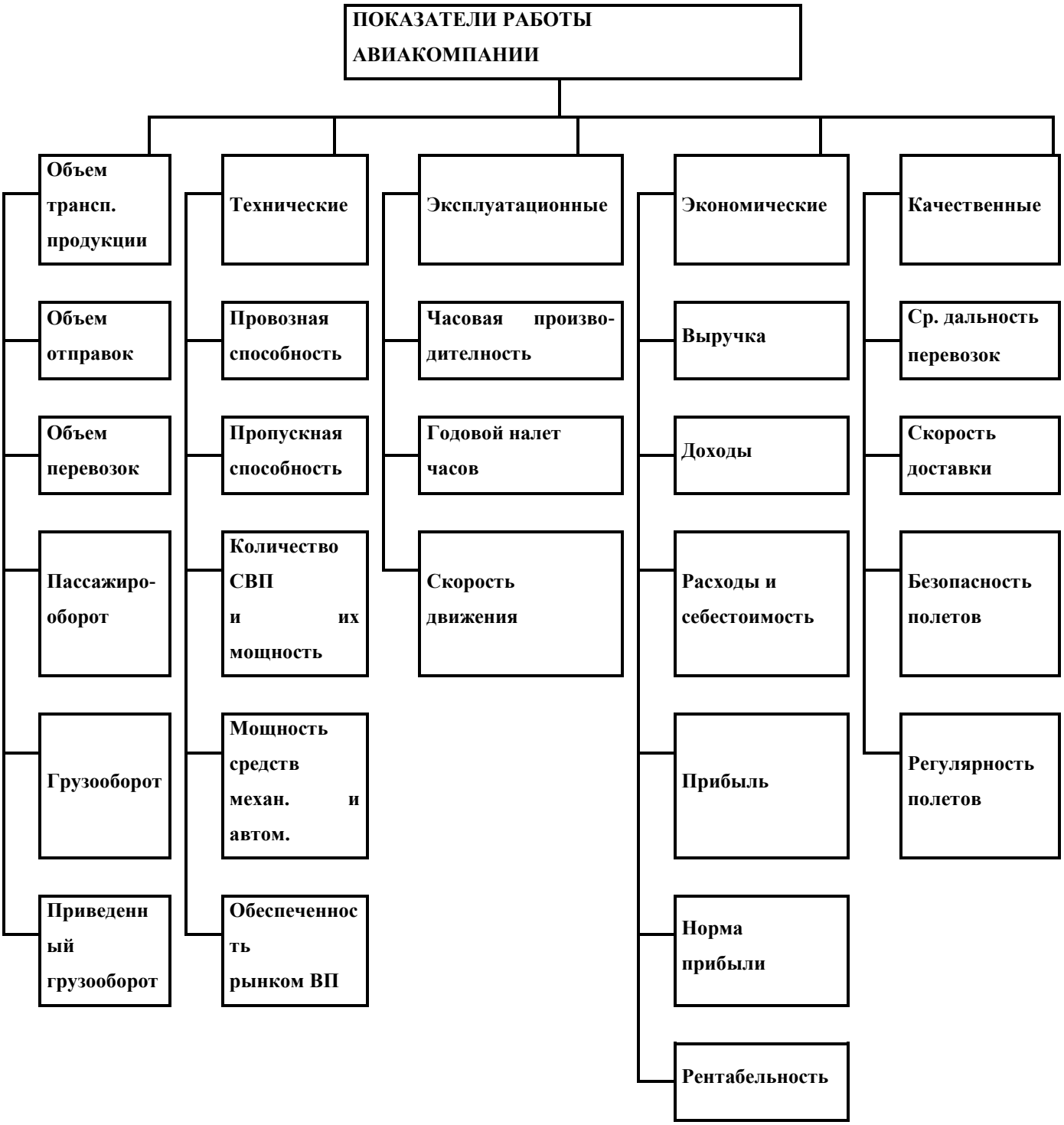

Рисунок 1.1 - Систему основных показателей работы авиакомпании можно представить в виде следующей схемы

Динамика изменения как структуры отечественной гражданской авиации, так и локальных задач авиакомпаний, направленных на реализацию своих целевых функций, было столь стремительным, что еще вчера успешно процветающие авиакомпании, сегодня оказывались разоренными и забытыми [32, 41, 48]. Таких компаний были десятки. Среди них даже такие крупные и широко известные в системе отечественной и мировой гражданской авиации авиакомпании как «Трансаэро», «ВИМ-Авиа», «Кубань», «КрасЭйр», «Внуковские Авиалинии», «Москва» и ряд других.

Причин таких исходов достаточно много, они носят самый разнообразный характер. Тем не менее, почти все из них могут быть разделены на две большие группы: просчеты руководителей авиакомпаний и стремительно меняющаяся экономическая ситуация в стране [22].

Если до 1993 года количество авиапассажиров ежегодно увеличивалось, то с 1993 года объем авиаперевозок снизился в четыре раза; износ самолетного парка составляет 60%; обеспеченность топливом – 40 - 90%. Цены на самолеты выросли в 100 раз; цены на топливо в 200 раз; тарифы на аэронавигационные услуги, аэродромное обслуживание постоянно возрастают; подлинной конкуренции между авиакомпаниями нет; мизерный налет на один списочный самолет; плохая организация воздушного движения.

Следует особо обратить внимание, что рост авиатарифов произошел без малого в 25 раз. Что касается курса рубля, то за этот период времени он упал практически в 100 раз с 90 копеек до 75 рублей за доллар. Считая, что изменение зарплаты (в долларовом выражении изменилась мало), покупательная способность населения на авиаперевозки упала в 3 - 4 раза.

Каковы бы ни были внешние и внутренние факторы, во всех случаях критерием эффективности работы авиакомпании, в конечном счете, выступают ее итоговые финансовые показатели, в конечном счете, в виде расходов и доходов.

В условиях полностью разбалансированной экономики авиакомпании должны были ориентироваться на нестабильный, хаотичный рынок. Для

принятия эффективных управленческих решений необходим был постоянный анализ собственных возможностей развития, финансово-экономических показателей, финансово-хозяйственных результатов деятельности [13,14].

Как известно, в 1993 г. авиакомпании России поучили право на использование свободных тарифов. Изначальная реакция на это – практически безудержный рост цен практически на все, что обеспечивает работу авиакомпании - на тарифы, на топливно-энергетические ресурсы и т.д. Этот рост цен, в конечном счете, почувствовало население страны: спрос на авиаперевозки со стороны населения резко упал, следствием чего явилась «гибель» десятков новых образовавшихся авиакомпаний. Сегодня можно говорить об определенной сбалансированности в цикле «купля-продажа». Однако говорить об устойчивости этой ситуации, к сожалению, не приходится [113].

Представляется, как это видит автор настоящей работы, что в отличие от зарубежных авиакомпаний, решающих свои проблемы и задачи путем роста авиаперевозок, отечественные – идут по самому простому пути – пути роста авиатарифов.

На долю командированных лиц, т.е. тех, для кого стоимость перевозок не играет заметной роли, приходится приблизительно 40%.

Коммерсанты, бизнесмены, а на их долю приходится 30% авиапассажиров, также в целом не считаются со стоимостью авиаузлу. Для них на первом плане комфортность, безопасность и регулярность. Наконец, остальные 30% - это отпускники, туристы, авиапассажиры «по телеграммам» и разовые авиапассажиры.

1.2. Основные характеристики изменений основных показателей в условиях меняющегося спроса на авиационные услуги

Основные показатели работы авиакомпании представлены на рисунке 1.2.

Среди приводимых в работе будут в основном рассматриваться следующие показатели:

- объем авиаперевозок;
- число перевозимых авиапассажиров;
- процент использованию парка ВС;
- авиаперевозок грузов и почты;
- размер прибыли авиакомпании [3].

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.

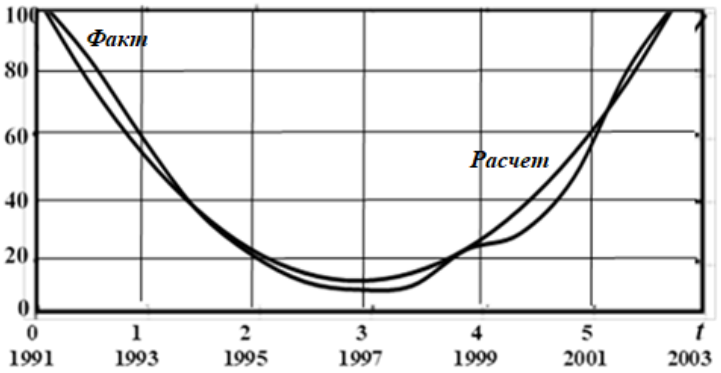

Рисунок 1.2 - Динамика пассажиропотока за период 1991-2003 гг.

Эта зависимость хорошо аппроксимируется эмпирической формулой $P(t) = 2t^2 - 24t + 90$, где t – порядковый номер года, начиная с 1991 г., т.е. значению t=0 соответствует 1991 г.

На рисунке 1.2 штриховой линией приведён результат по приведенной формуле, а сплошной – фактические данные в период 1991-1997.

Приведенная зависимость и возможность ее аппроксимации кривой второго порядка говорит о том, что, несмотря на сугубо случайный характер влияния различных факторов на функционирование каждой из авиакомпаний, для большой системы, каковой является совокупность этих отдельных компаний, т.е. гражданской авиации в целом, можно говорить о неких четких закономерностях, присущих такой большой системе [5,7].

При этом, что важно подчеркнуть, приведенная аппроксимация строилась на базе фактических результатов 1991, 1993 и 1996 годов, а определению подвергались показатели следующего за 1996 г., т.е. 1997 года.

Исходя из такой принципиальной концепции, в дальнейшим при разработке различного рода прогнозов будем ориентироваться именно на эту концепцию [88].

На нижеприведенных рисунках 1.3 - 1.4 представлены основные показатели деятельности авиакомпании ОАО «Авиационные линии Кубани» и их динамика за 1991-1997 гг.

Основные объемные показатели представлены на рисунке 1.3, динамика отправок по АО «Авиационные линии Кубани» – на рисунке 1.4. Общий тоннаж отправок представлен в Таблице 1.1.

Как видно из Таблицы 1.1, начиная с 1994 - 1995.гг., наблюдается явная тенденция снижения отправок как пассажиров, так почты и грузов, хотя процент выполнения плана за этот период, близок к 100%, что свидетельствует о положительной деятельности планово-экономических служб, учитывающих реалии рынка и общие тенденции при формировании бизнес-планов авиакомпании.

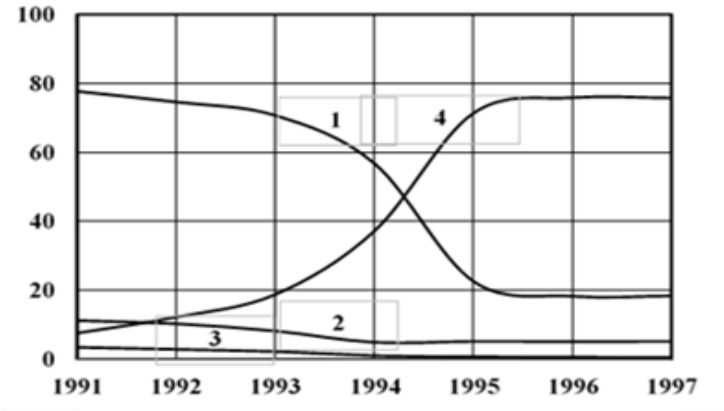

Рисунок 1.3 – Выручка АК «Авиационные линии Кубани»: 1 – авиапассажиры, 2 – грузы, 3 – почта, 4 – прочие.

На рис. 1.3 и как на большинстве последующих приведены графики, касающиеся лишь одного частного показателя одной из отечественных авиакомпаний, что и объясняет их резкий флуктуирующий характер. Рис. 1.2. относится к суммарным показателям всех (!) российских авиакомпаний (их больше 100). Суммирование показателей сглаживает флуктуации.

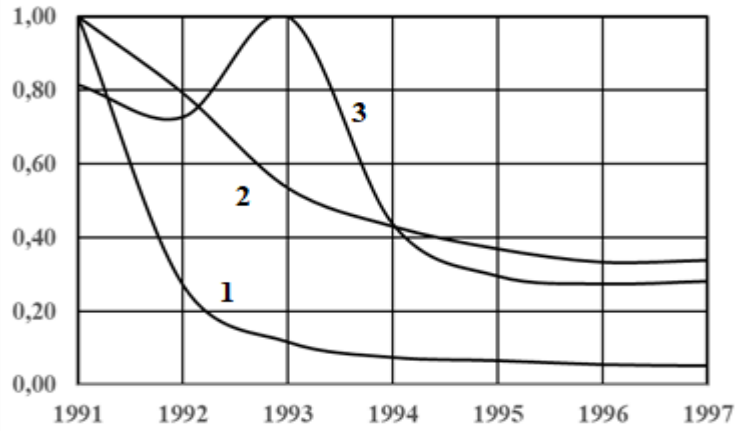

Рисунок 1.4 – Отправка авиакомпанией «Авиационные линии Кубани»: 1 – авиапассажиров, 2 – грузов, 3 – почты.

Таблица 1.1 - Общий тоннаж отправок авиакомпании «Авиационные линии Кубани»

ды	1991г.		1992г.		1993г.		1994г.		1995г.		1996г.		1997г.	
Тоннаж, тыс. тонн	Факт	Рост %	Факт	Рост %	Факт	Рост %	Факт	Рост %	Факт	Рост %	Факт	Рост %	Факт	Рост%
1 квартал	34165	100	29210	85,5	20465	70,8	15726	76,8	12080	76,8	11975	99,1	12022	100,4
2 квартал	44413	100	34353	77,3	26779	76,4	18688	69,8	15022	80,4	14372	95,7	15096	105,0
3 квартал	70818	100	50309	71,0	46884	91,3	37199	79,3	26023	70,0	22549	86,7	23870	105,9
4 квартал	36982	100	31374	84,8	22030	68,8	19635	89,1	12704	64,7	11153	87,8	12677	113,7
Год	186366	100	144379	77,5	107715	73,1	91248	84,7	65838	72,2	60050	91,2	63664	106,0

Средний процент падения объема отправок тоннажа за период 1992-1995г. составил 56% по сравнению с 1991г. (базовым). Сезонность отправок для авиакомпании имеют несущественное значение.

Стремительный спад объемов отправок авиапассажиров не мог не сказаться на выручке и доходах авиакомпании.

Структуру доходов авиакомпании может охарактеризовать структура выручки, представленная на рисунке 1.3. В графе «Прочие», помимо всего, учтена выручка от работ ПАНХ (нетранспортная авиация).

Как видно из рисунка 1.3, имеется ярко выраженная тенденция на снижение удельного веса выручки, обеспечивающейся за счет продажи пассажирских авиаперевозок (при этом доля грузовых и почтовых авиаперевозок, а также работ по ПАНХ стали иметь весьма несущественное значение). В то же время монотонно происходит рост удельного веса выручки от прочих работ и услуг. В целом в последнее время выручка, а, следовательно, и доходы, от непрофильной деятельности составляют в авиакомпании более 70%, что свидетельствует о сильной подверженности авиакомпании любому влиянию негативного изменения условий на рынке продаж пассажирских авиаперевозок и умении руководства авиакомпании адаптироваться к условиям рынка, находя новые источники «выживания» авиакомпании в конкурентной среде.

Доходы авиакомпании имеют устойчивую тенденцию роста (порядка 15 - 20% ежегодно). Это обстоятельство можно объяснить тремя факторами: ростом

тарифов на авиаперевозки, снижением себестоимости авиаперевозок и расширением сферы прочих (помимо транспортных) услуг авиакомпании (диверсификации производства).

Для оценки эффективности деятельности авиакомпании рассмотрим те показатели деятельности авиакомпании, которые отражают сложившуюся структуру ее работ, затрат и доходов (отправки, тарифы, выручка и др.) [3].

Прежде всего, речь идет об основном показателе - прибыли от эксплуатации самолетов. вертолетов, авиадвигателей (СВАД), которая в авиакомпании «Авиационные линии Кубани» составляет (по данным 1997г.) 98% от балансовой прибыли. Эта цифра свидетельствует об эффективной работе авиакомпании по эксплуатации собственного самолетного парка, заключающейся в постоянном изыскании резервов снижения эксплуатационных расходов.

Вторым по значимости показателем, с точки зрения оценки эффективности работы авиакомпании, следует считать производительность полетов самолетов (часовая производительность), которая, к сожалению, по всем типам ВС из года в год падает. За 5 лет эксплуатации ВС по различным типам ВС производительность полетов упала на 30 - 60%. Это с неизбежностью повлекло за собой падение такого показателя как коэффициент экстенсивного использования парка ВС.

При любых даже самых блестящих результатах работы авиакомпании на первое место безусловно следует выносить ее финансовые результаты, а поэтому такие показатели как расходы и себестоимость следует считать наиболее важными и значимыми (среди всех прочих показателей) оценочными показателями эффективности работы авиакомпании [9,15].

Наиболее весомой статьей расходов в себестоимости продукции авиакомпании является статья «Расходы на авиаГСМ». Одним из резервов снижения расходов по данной статье является снижение удельного расхода авиаГСМ. Удельный расход авиатоплива (расход авиаГСМ на 1 час полета) снижается практически по всем типам ВС собственного парка самолетов, что

достаточно наглядно видно из приводимой ниже Таблицы 1.2, охватывающий 8-летний период.

Таблица 1.2 - Удельный расход топлива по парку самолетов по АК «Авиационные линии Кубани»

Тип ВС	**2011г.**	**2012г.**	**2013г.**	**2014г.**	**2015г.**	**2016г.**	**2017г.**
Ан-24	877,9	872,2	893,0	854,4	834,6	818,0	832,7
Ан-26	955,4	1027,6	1033,6	991,0	1047,4	1031,6	1022,5
Як-42	3014,3	3045,2	3054,2	3060,1	3092,4	3039,0	3024,6
Л-410	335,9	291,1	300,0	302,9	299,0	297,5	307,3

Большие возможности открывает расширение глубины продаж перевозок, объемов услуг по бронированию и продаже грузовых авиаперевозок, продаж перевозок при полетах пассажиров авиакомпаниями различных государств и перемещениях различными видами транспорта на отдельных участках следования [1].

В стороне от использования остался постоянный анализ и коммерческое использование сведений о категориях пассажиров (грузов) и характере их поездок (перевозок), прогнозирование на этой основе их потребностей в перевозках и предупредительная продажа им перевозок, включая доставку проездных документов по месту назначения [39]. Использование льготных условий продажи авиаперевозок постоянным клиентам путем введения специальных карточек повторного обращения, при этом кассир должен стать не просто продавцом, а активным агентом по продаже авиаперевозок.

Большие возможности заложены в расширении сети собственных и субагентских касс продажи авиаперевозок в местах массового скопления населения (гостиницы, торговые центры и т.д.), в крупных организациях, предприятиях, фирмах, службах государственного управления [49].

Много можно ожидать от расширения рекламы о точках и пунктах авиакомпании по продаже авиаперевозок, от расширения диапазона функционирования касс авиакомпании по времени суток.

Требует развитие новых прибыльных направлений деятельности, а также развитие системы планирования и прогнозирования в условиях рынка [101].

С ухудшением экономического положения государства в 90-ые годы, объем авиаперевозок в РФ снизился за всего лишь 3 года почти в три раза и составил на сегодня на тот момент 32 млн. пассажиров.

Дезинтеграция структур авиатранспортной системы (АТС) привела к созданию свыше 300 самостоятельных авиаперевозчиков на месте бывшего Министерства ГА, стремящихся взять на себя самостоятельное решение проблем продажи авиаперевозок с целью аккумулирования финансовых средств на своих счетах. Это же привело и к резкому росту самостоятельных агентств, способных осуществлять продажу авиаперевозок [92].

Однако падение объемов продаж авиационных услуг в конце прошлого века связано также с существенными изменениями в структуре транспортных систем, осуществляющих перевозки пассажиров и грузов.

В этих условиях обозначилась ярко выраженная конкуренция за право продажи перевозок, которая все больше ставится под контроль авиакомпаний как владельцев перевозочных ресурсов. Указанные тенденции сохранятся, к чему подталкивают постоянно прогрессирующие неплатежи [109].

Подводя итоги сказанному можно выделить ряд старых и новых тенденций на рынке пассажирских авиаперевозок [55]:

1. Распад в 1992г. единой авиатранспортной системы привел к массовому, процессу образования самостоятельных предприятий и авиакомпаний, аэропортов и центров управления воздушным движением.

2. Образование большого количества зарегистрированных авиакомпаний (более 300 в 1998г.), дезинтегрировал рынок авиаперевозок и усложнил процесс его цивилизованного раздела.

3. Резкий рост среднего тарифа авиаперевозок блокировал большое число постоянных пользователей услугами авиакомпаний, что привело к общему спаду объемов перевозок авиапассажиров с 130 млн. в 1990 г. до 50 млн. в 1997г.

Перелом в создавшейся ситуации приходится на начало 2000-х годов, что начало проявляться в постоянном росте грузооборота, осуществляемого воздушными судами РФ, который вырос за период 2003-2017 годы с 3,7 до 7,9 млрд км. Общий пассажирооборот вырос с 85,8. до величины в 259,4 км млрд пассаж. км. Однако, следует обратить внимание, что монотонность роста была нарушена в период с 2015 на 2016 г., когда имел место спад на 5%. Аналогичный спад в эти же годы имел место и в случае авиагрузоперевозок, где этот спад достиг 6% [91].

Важнейший показатель работы воздушного транспорта – пассажирооборот. В приводимой ниже Таблице 1.3 опять-таки бросается в глаза спад при переходе из 2015 г. в 2016 г.

Таблица 1.3 - Пассажирооборот за период 2005-2017 гг.

		2005	**2010**	**2015**	**2016**	**2017**
1.	**Перевезено пассажиров, млн чел.**	36,1	58,0	92,7	90,4	106,7
2.	**Пассажирооборот, млрд. пасс.-км.**	84,9	145,6	224,5	213,4	256,8
3.	**Налет, тыс. км**	2326,5	2228,5	239,6	2336,4	2385,9

Однако 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.

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 [57].

Во всех случаях основой прогноза является динамика изменения этих характеристик за несколько последних лет, т.е. статистический анализ исходных данных. При этом в зависимости от характера этих зависимостей у каждой из авиакомпаний рекомендации по разработке прогноза могут быть в общем случае разными [95, 96].

В дальнейшем на основе статистического анализа реальных отчетных данных авиакомпаний за период 2009-2017 гг. для каждой из этих авиакомпаний строится прогноз на 2017 г., который затем сравнивается с реальными показателями, имевшими место в 2017 г. [106].

1.3. Использование парка воздушных судов

Для разработки соответствующих прогнозов будем использовать отёчные данные следующих 8 российских авиакомпаний: «ВИМ-Авиа», «Таймыр», «Уральские Авиалинии», «КрасАвиа», «Трансаэро», «ЮТэйр », «Северный ветер», «Сибирь» за период 2009-2017 годы. Для сравнения влияния изменившихся экономических условий в стране будут разработаны соответствующие прогнозы для 2017 года [82, 83].

В дальнейшем анализу статистических характеристик за период 2009-2017 гг. и разработке соответствующих прогнозов будут подвергаться следующие характеристики, определяющие «лицо» авиакомпании: общий налет самолетов, процент загруженности воздушного судна и число перевозимых пассажиров, а также общие расходы авиакомпании, полученные доходы и сформированная в авиакомпании годовая прибыль [56].

1.3.1. Налет парка воздушных судов

Следующие рисунки 1.5 - 1.12 показывают, как изменялся налет воздушных судов 8 рассматриваемых авиакомпаний в течение периода 2009-2017 гг.

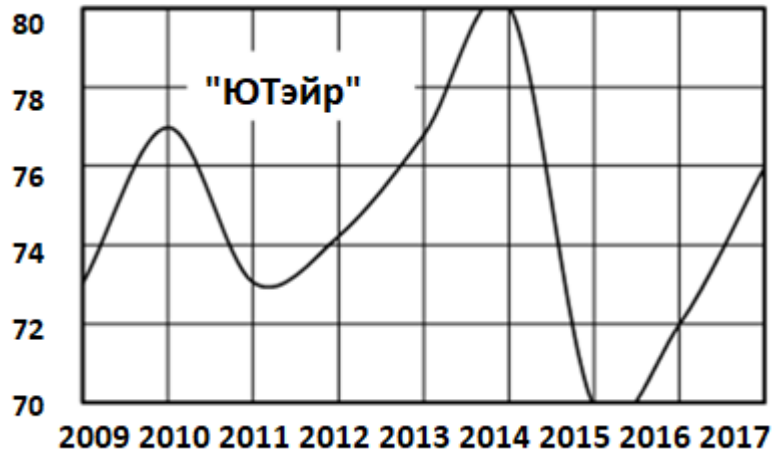

Рисунок 1.5 - Налет парка воздушных судов АК «ЮТэйр» (млн. км.)

Рисунок 1.6 - Налет парка воздушных судов АК «КрасАвиа» (млн. км.)

Как видно из представленных рисунков, в 7 из 8 авиакомпаний имеет место достаточно хаотичное изменение годового налета. Стремительный вздет сопровождается таким же стремительным падением, что особенно ярко видно из рисунков 1.5 - «ЮТэйр», 1.6 - «КрасАвиа», 1.7 - «Таймыр»).

Общим является неустойчивость процента загрузки парка воздушных судов в период 2013-2015 гг., которая ни в одной авиакомпании не превосходит уровень в 80-85% [81].

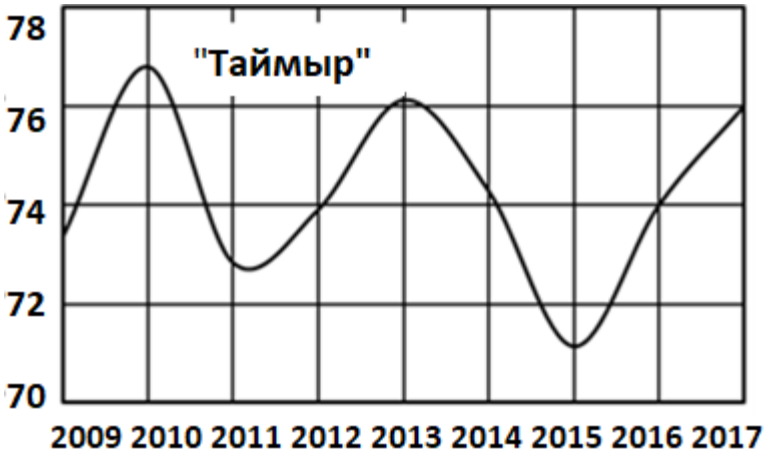

Рисунок 1.7 - Налет парка воздушных судов АК «Таймыр» (млн. км.)

Для двух авиакомпаний «ВИМ-Авиа» (рисунок 1.8) и «Северный ветер» (рисунок 1.9) характерно резкое падение налета часов воздушных судов их парков. В первом случае на 6%, а во втором – на 8% по отношению к своим максимальным значениям.

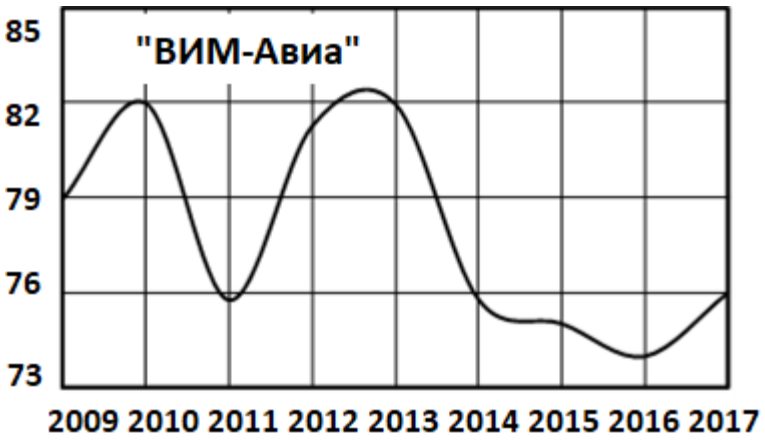

Рисунок 1.8 - Налет парка воздушных судов АК «ВИМ-Авиа» (млн. км.)

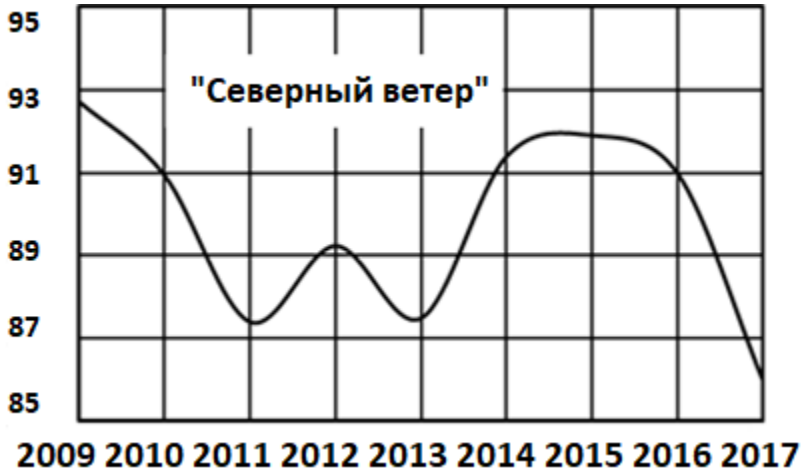

Рисунок 1.9 - Налет парка воздушных судов АК «Северный ветер» (млн. км.)

По своим показателям резко отличаются две авиакомпании «Сибирь» (рисунок 1.10.) и «Уральские Авиалинии (рисунок 1.11), у которых налет парка воздушных судов за эти годы непрерывно возрастал и вырос у «Сибири» на 10%, а у «Уральских Авиалиний» - на 18%!

Более того, обращает на себя внимание монотонный рост этого показателя у авиакомпании «Уральские Авиалинии» (рисунок 1.11), который к 2017 году достиг очень высокого значения – 85%. Именно это резко отличает эту авиакомпанию от остальных.

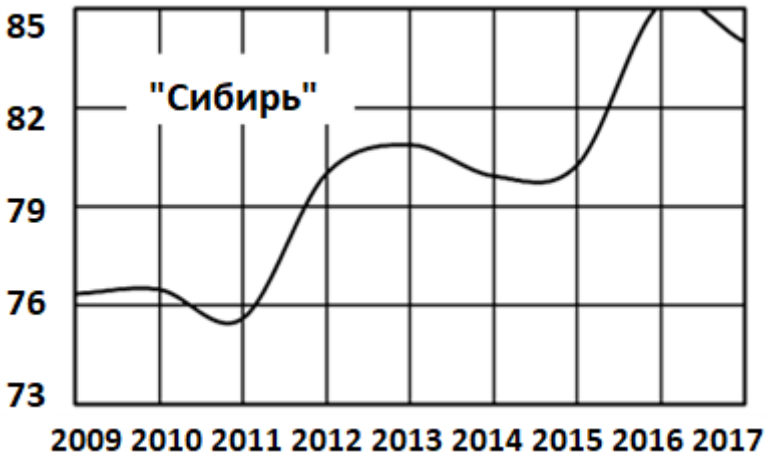

Рисунок 1.10 - Налет парка воздушных судов АК «Сибирь» (млн. км.)

Рисунок 1.11 - Налет парка воздушных судов АК «Уральские авиалинии» (млн. км.)

На рисунке 1.12 представлен соответствующий график для «Трансаэро», когда-то второй после «Аэрофлота» российской авиакомпании, прекратившей свое существование в 2015 г.

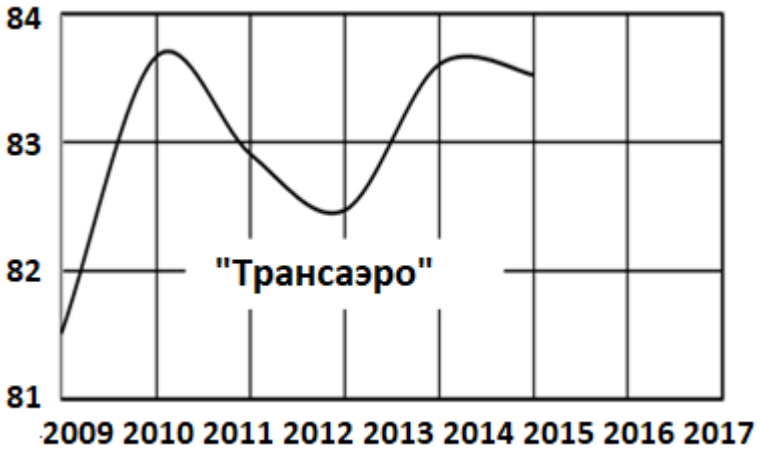

Рисунок 1.12 - Налет парка воздушных судов АК «Трансаэро» (млн. км.)

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?» [108, 112].

В какой-то степени ответ на этот вопрос могут отразить коэффициенты корреляции фигурирующих зависимостей [59]. Для этого были построены корреляционные матрицы следующим образом: брались данные по годовому налету часов за последние 6-8 лет у двух авиакомпаний. Эти данные вводились в Excel, который автоматически выдавал значения коэффициента корреляции, математическое ожидание, ср. квадратическое значение.

Корреляционная матрица $\boldsymbol{K_{нал}}$(1.1), содержащая коэффициенты корреляции между показателями «Налет воздушных судов» для рассматриваемых авиакомпаний, представлена ниже [109]. В ней введены обозначения для авиакомпаний: 1 - АК «ВИМ-Авиа», 2 - АК «Сибирь», 3 - АК «Таймыр», 4 - АК «Уральские авиалинии», 5 - АК «Трансаэро», 6. - АК «КрасАвиа», 7 - АК «ЮТэйр», 8 - АК «Северный ветер».

$$K_{нал} = \begin{array}{c} \\ ВА \\ Сб \\ Тм \\ УА \\ ТА \\ КР \\ ЮТ \\ СВ \end{array} \begin{pmatrix} 1 & 0{,}59 & 0{,}26 & 0{,}64 & 0{,}82 & 0{,}85 & 0{,}29 & 0{,}29 \\ 0{,}59 & 1 & 0{,}13 & 0{,}99 & 0{,}88 & 0{,}61 & 0{,}27 & 0{,}45 \\ 0{,}26 & 0{,}13 & 1 & 0{,}08 & 0{,}05 & 0{,}02 & 0{,}06 & 0{,}03 \\ 0{,}64 & 0{,}99 & 0{,}08 & 1 & 0{,}89 & 0{,}63 & 0{,}35 & 0{,}45 \\ 0{,}82 & 0{,}88 & 0{,}05 & 0{,}89 & 1 & 0{,}04 & 0{,}88 & 0{,}96 \\ 0{,}85 & 0{,}61 & 0{,}02 & 0{,}63 & 0{,}04 & 1 & 0{,}37 & 0{,}25 \\ 0{,}29 & 0{,}27 & 0{,}06 & 0{,}35 & 0{,}88 & 0{,}37 & 1 & 0{,}81 \\ 0{,}29 & 0{,}45 & 0{,}03 & 0{,}45 & 0{,}96 & 0{,}25 & 0{,}81 & 1 \end{pmatrix} \quad (1.1)$$

1	2	3	4	5	6	7	8
А В И А К О М П А Н И И							

Как видно из приведенной корреляционной матрицы (1.1), между ведущими авиакомпаниями: «Трансаэро», «Сибирь» и «Уральские Авиалинии» заметна сильная корреляционная связь, 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 авиакомпании живут как бы «своей жизнью» [78, 87].

Построим аналогичную матрицу $\boldsymbol{K_{пасс}}$, для такого важнейшего показателя как число авиапассажиров, перевозимых авиакомпаниями (1.2).

$$K_{нал} = \begin{array}{c} \\ ВА \\ Сб \\ Тм \\ УА \\ ТА \\ КР \\ ЮТ \\ СВ \end{array} \begin{pmatrix} 1 & 0,85 & 0,21 & 0,86 & 0,58 & 0,83 & 0,37 & 0,00 \\ 0,85 & 1 & 0,32 & 0,99 & -0,39 & 0,58 & 0,58 & 0,61 \\ 0,21 & 0,32 & 1 & 0,31 & 0,13 & 0,24 & 0,04 & 0,11 \\ 0,86 & 0,99 & 0,31 & 1 & -0,39 & 0,59 & 0,59 & 0,65 \\ 0,58 & -0,39 & 0,13 & -0,39 & 1 & -0,59 & 0,89 & 0,97 \\ 0,83 & 0,58 & 0,24 & 0,59 & -0,59 & 1 & -0,10 & -0,10 \\ 0,37 & 0,58 & 0,04 & 0,59 & 0,89 & -0,10 & 1 & 0,84 \\ 0,00 & 0,61 & 0,11 & 0,65 & 0,97 & -0,10 & 0,84 & 1 \end{pmatrix} \quad (1.2)$$

1	2	3	4	5	6	7	8
А В И А К О М П А Н И И							

Обращает на себя внимание, что в матрице $\boldsymbol{K_{пасс}}$ коэффициенты корреляции в большинстве случаев существенно больше, чем в матрице $\boldsymbol{K_{нал.}}$ 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 [80]. Ясно, что влияние социально –экономического положения в стране по-разному влияет на ситуацию в разных авиакомпаниях, она порождает только тенденцию к ее развитию или наоборот к стагнации и затуханию. И, конечно, по-разному проявляет себя в различных авиакомпаниях.

1.3.2. Использование парка воздушных судов

Для оценки эффективности использования авиакомпанией своего основного «богатства» - парка воздушных судов абсолютные значения таких

показателей как налет и процент использования воздушного судна и количество перевезенных пассажиров не дают возможность проводить сравнительный анализ таких разнородных и разноразмерных величин [41, 47].

Представляется целесообразным вести нормировку этих величин к максимальному их значению за период 2009 - 2017 гг. Результаты соответствующих расчетов представлены на следующей серии рисунков (рисунок 1.13 – 1.20). На всех рисунках цифра 1 относится к налету воздушных судов, цифра 2 – к проценту использования воздушного парка, цифра 3 – к числу перевезенных пассажиров.

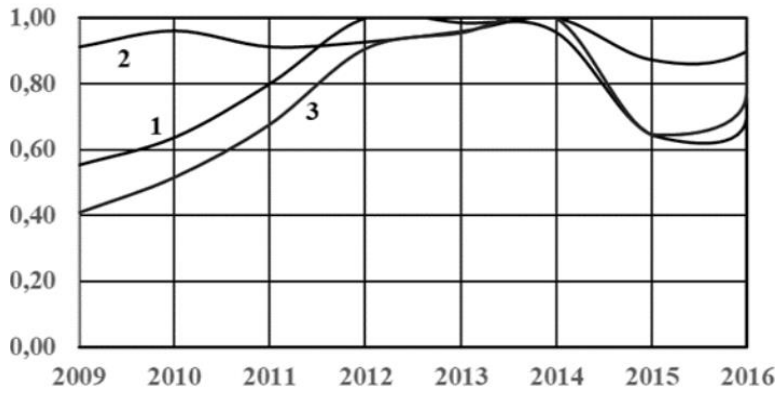

Рисунок 1.13 - К оценке использования воздушного парка авиакомпанией «Северный ветер»

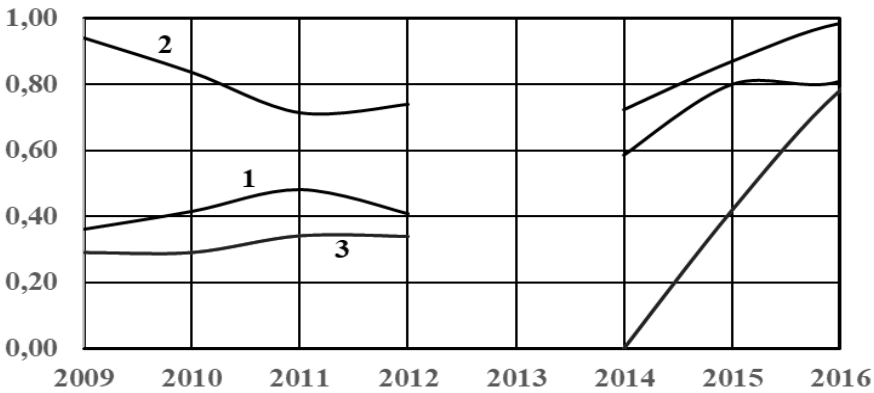

Рисунок 1.14 - К оценке использования воздушного парка авиакомпанией «КрасАвиа»

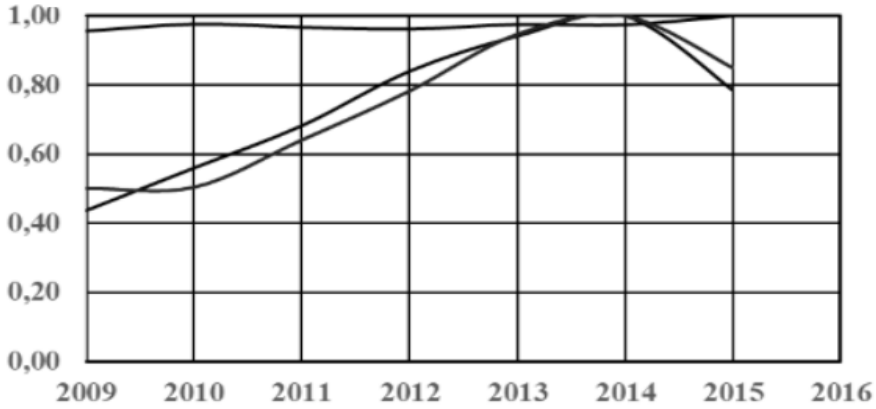

Рисунок 1.15 - К оценке использования воздушного парка авиакомпанией «Трансаэро»

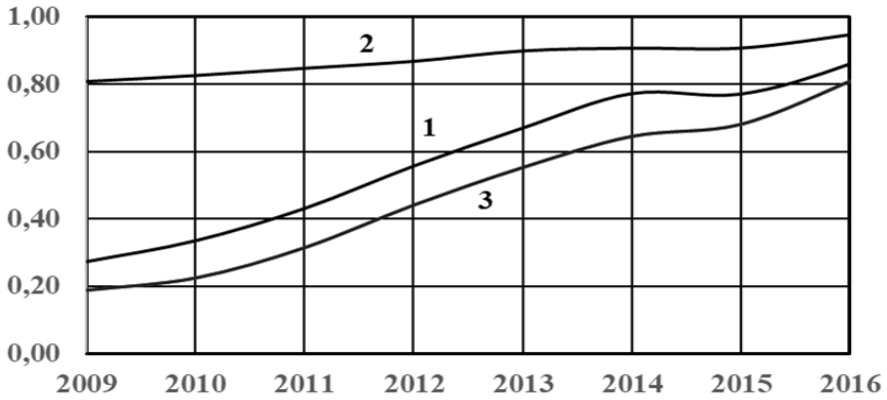

Рисунок 1.16 - К оценке использования воздушного парка авиакомпанией «Уральские авиалинии»

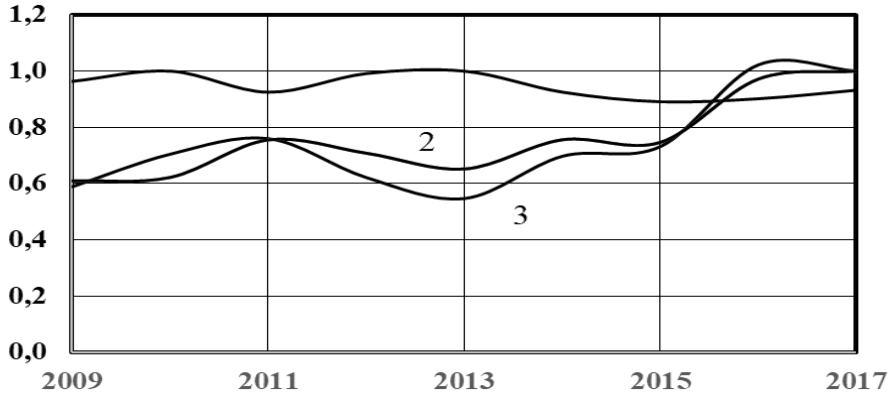

Рисунок 1.17 - К оценке использования воздушного парка авиакомпанией «ВИМ-Авиа»

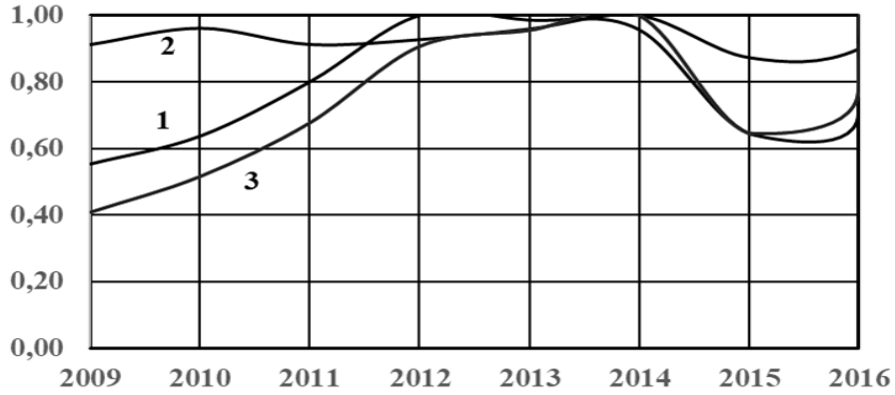

Рисунок 1.18 - К оценке использования воздушного парка авиакомпанией «ЮТэйр»

Рисунок 1.19 - К оценке использования воздушного парка авиакомпанией «Сибирь»

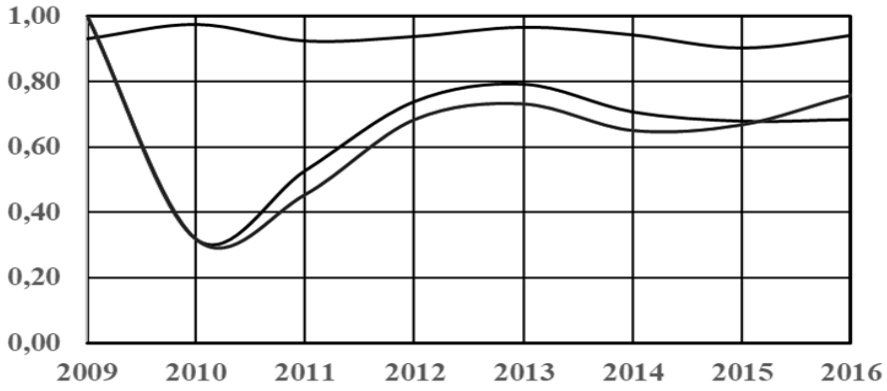

Рисунок 1.20 - К оценке использования воздушного парка авиакомпанией «Таймыр»

По существу, представленные рисунки показывают, как меняется «коэффициент полезного действия» работы авиакомпании по реализации своих возможностей.

1.4. Использование финансовых ресурсов авиакомпаний

1.4.1. Оценка итогов финансовой деятельности авиакомпаний

Как уже говорилось выше с точки зрения «владельцев» авиакомпаний ее целевая функция может быть сформулирована следующим образом: «Получение максимальной прибыли (за некоторый временной срок), в рамках накладываемых на деятельность авиакомпании жестких ограничений со стороны государства (безопасность полетов, безопасность производства, соблюдения требований международных и отечественных правил полетов и их организации, трудового и гражданского законодательства и т.д.)» [79]. Ясно, что, оценивая деятельность авиакомпании, на первый план выходит такой показатель, как прибыль [84]. Ясно также и то, что при такой оценке денежное выражение прибыли в рублях, долларах или евро интерес представляет, в первую очередь, лишь для владельцев компании. Гораздо большую информативность при оценке деятельности авиакомпании несет безразмерная величина, а именно отношение полученной прибыли к суммарным затратам, обеспечивающим получение этой прибыли [58].

Ниже, опираясь на фактические данные деятельности 8 авиакомпаний России за период 2009-2017 гг., проведем их анализ с целью выявления неких

статистических закономерностей, которые в дальнейшем будут использованы для разработки соответствующих прогнозов [64, 67, 72].

Прежде всего, обратим внимание, что среди рассматриваемых 8 авиакомпаний только 2 из них («ВИМ-Авиа» и «Сибирь») в течение всех восьми лет (периода анализа) имели превышение доходов над расходами (положительное сальдо). Сюда практически можно отнести также авиакомпанию «Уральские авиалинии», у которой только в 2010 г. картина была обратной.

Рисунки 1.21, 1.22 и 1.23 наглядно иллюстрируют сказанное.

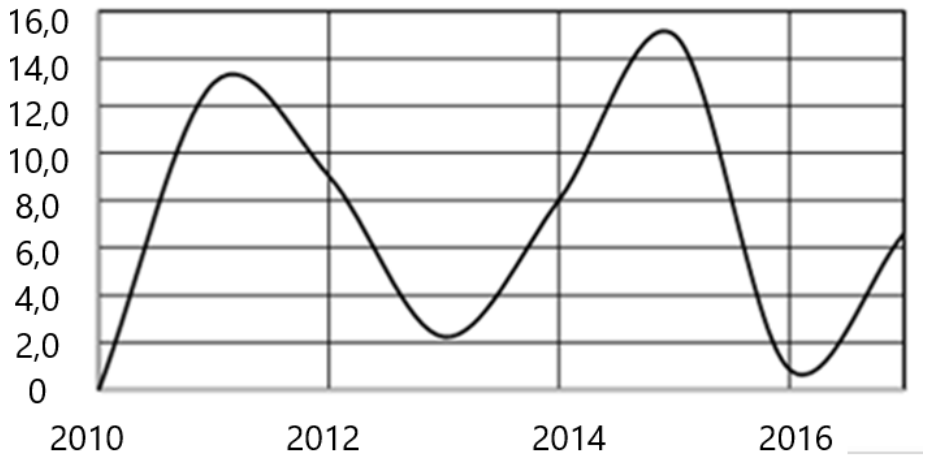

Рисунок 1.21 – Отношение прибыли, полученной авиакомпанией «ВИМ-Авиа», к ее расходам за 2010-2017гг.

Как видно из рис. 1.21, для авиакомпании «ВИМ-Авиа» характерна определенная неустойчивость в организации работ. От стремительного скачка к почти 15-кратному превышению размера прибыли над расходами, затем к падению этого показателя в 7 раз. Затем новый скачок, новое падение и снова скачок до 7-кратного превышения.

Что касается авиакомпании «Сибирь» (рисунок 1.22), то здесь, напротив, можно говорить о достаточно высокой стабильности, о чем свидетельствует практически не меняющееся отношение прибыль/расходы в течение последних 6 лет.

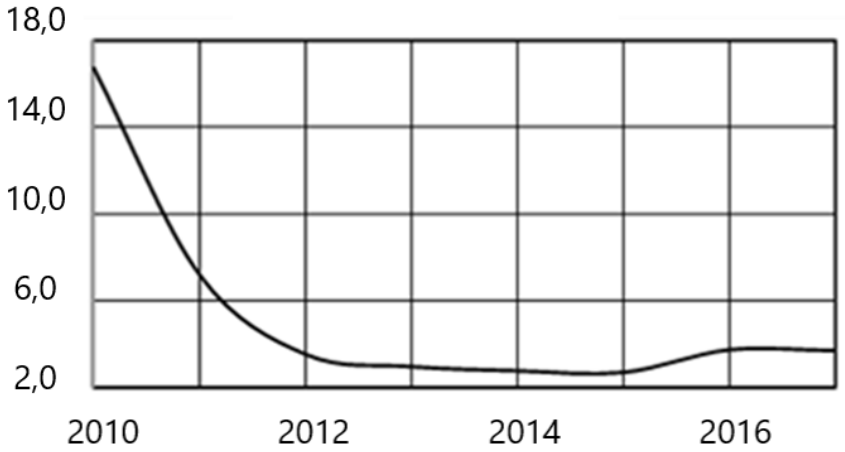

Рисунок 1.22 – Отношение прибыли, полученной авиакомпанией «Сибирь», к ее расходам за 2010-2017гг.

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.

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, к сожалению, из рассматриваемых в работе нет.

Напротив, 2 авиакомпании, имевшие в отдельные годы положительное сальдо, перешли в разряд чисто убыточных структур. Это «КрасАвиа» и «Трансаэро» (рисунки 1.23, 1.24).

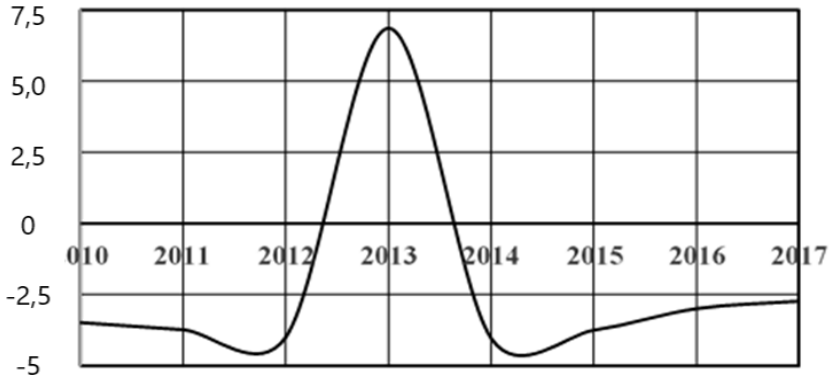

Рисунок 1.23 - Отношение прибыли, полученной авиакомпанией «КрасАвиа», к ее расходам за 2010-2017гг.

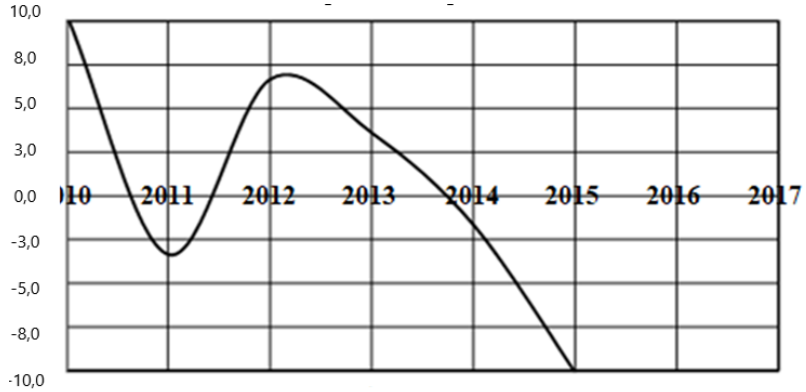

Рисунок 1.24 - Отношение прибыли, полученной авиакомпанией «Трансаэро», к ее расходам за 2010-2017гг.

Наконец, последнюю группу образуют 2 авиакомпании «ЮТэйр» (рисунок 1.25) и «Таймыр» (рисунок 1.26), которые все 8 рассматриваемых лет находятся в зоне, где их прибыль отрицательна, т.е. их доходы оказываются меньше затрачиваемых на это расходов.

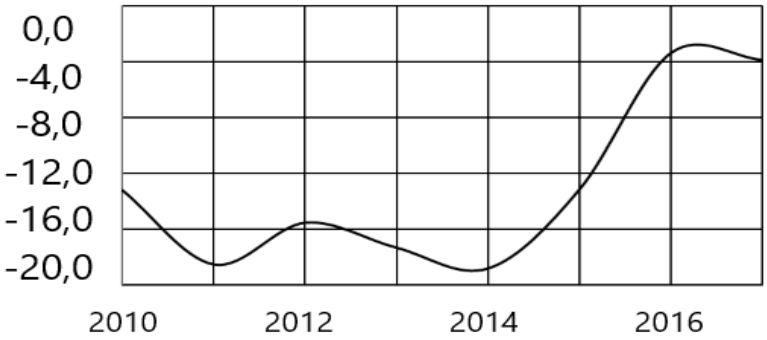

Рисунок 1.25 - Отношение прибыли, полученной авиакомпанией «ЮТэйр», к ее расходам за 2010-2017гг.

Из представленного графика наглядно видно стремление выйти из отрицательной зоны. Авиакомпании в течение 8 лет является чисто убыточной структурой, у которой в отдельные годы убыток доходил до 20%. При такой динамике она неизбежно покинет эту зону. Имеющиеся данные показывают, что в 2019 г. сальдо авиакомпании стало положительным.

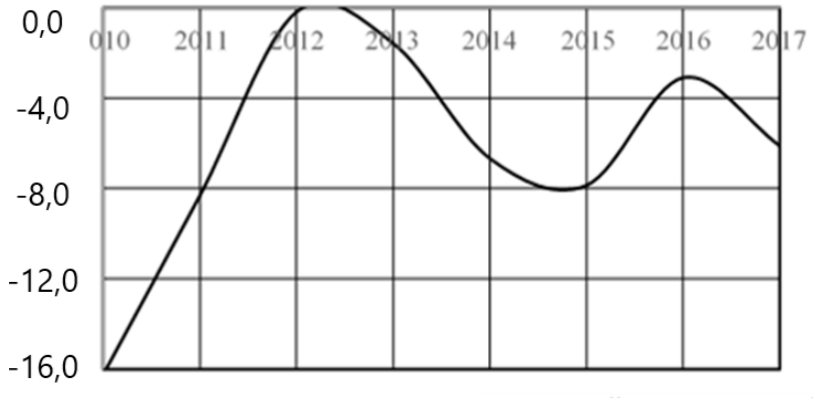

Рисунок 1.26 - Отношение прибыли, полученной авиакомпанией «Таймыр», к ее расходам за 2010-2017гг.

1.4.2. Сравнительный анализ показателей использования финансовых возможностей авиакомпаний

Аналогично, как это делалось в предыдущем пункте, построим погодовую зависимость основных характеристик финансовой деятельности авиакомпаний – расходов (1), доходов (2) и прибыли (3) [86]. Ниже на рисунках 1.27 – 1.34 представлен соответствующий набор зависимостей, позволяющей производить синхронную оценку эффективности используемых финансов авиакомпании.

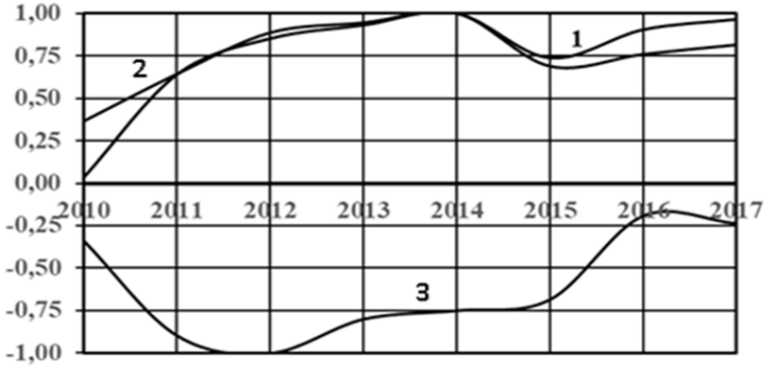

Рисунок 1.27 – Отношение расходов (1), доходов (2) и полученной авиакомпанией «КрасАвиа» прибыли (3) к их максимальным значениям

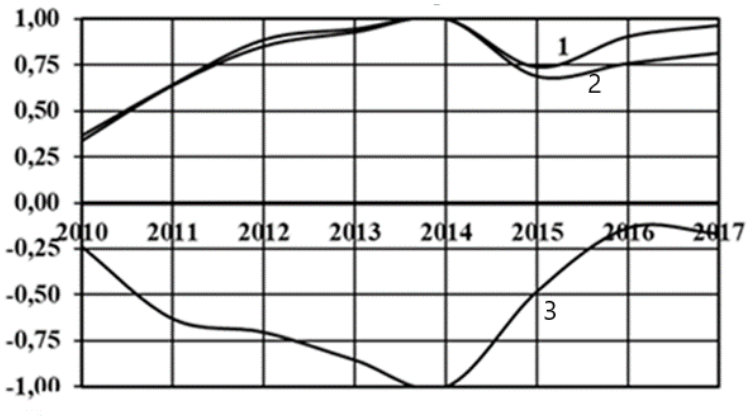

Рисунок 1.28 – Отношение расходов (1), доходов (2) и полученной авиакомпанией «ЮТэйр» прибыли (3) к их максимальным значениям

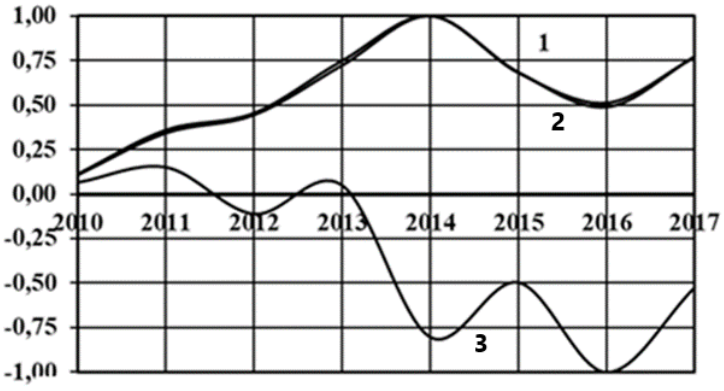

Рисунок 1.29 – Отношение расходов (1), доходов (2) и полученной авиакомпанией «Северный ветер» прибыли (3) к их максимальным значениям

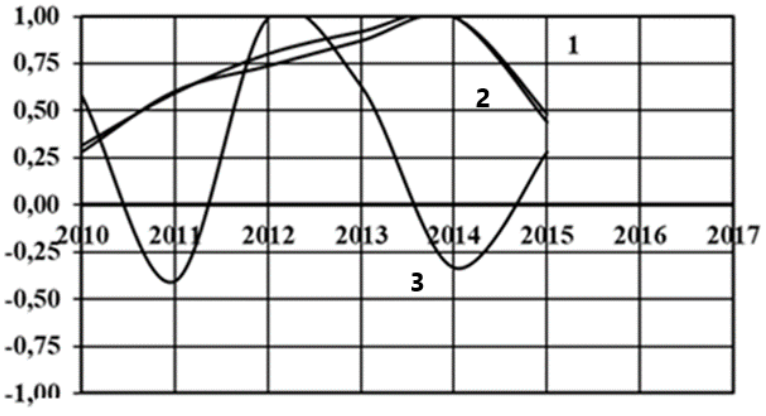

Рисунок 1.30 – Отношение расходов (1), доходов (2) и полученной авиакомпанией «ВИМ-Авиа» прибыли (3) к их максимальным значениям

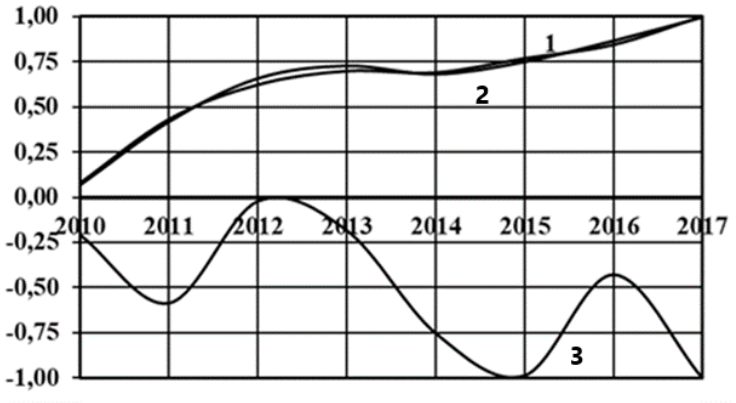

Рисунок 1.31 – Отношение расходов (1), доходов (2) и полученной авиакомпанией «Таймыр» прибыли (3) к их максимальным значениям

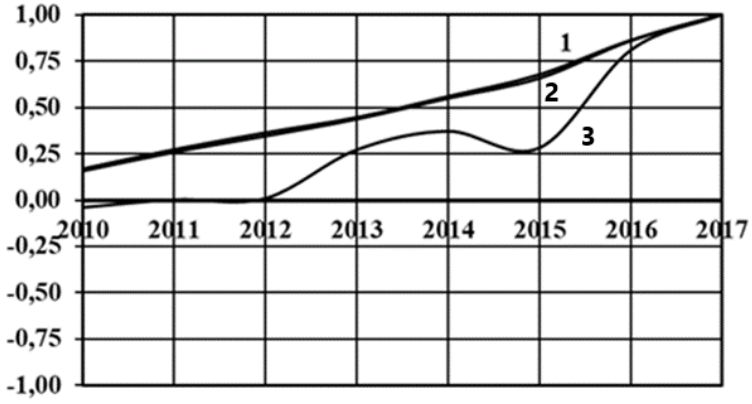

Рисунок 1.32 – Отношение расходов (1), доходов (2) и полученной авиакомпанией «Уральские авиалинии» прибыли (3) к их максимальным значениям

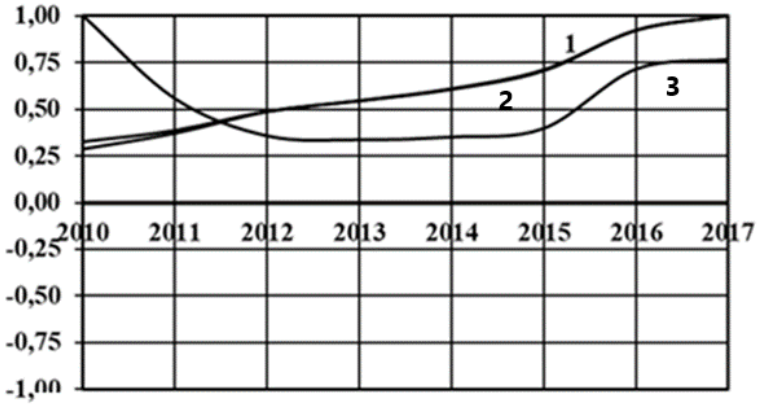

Рисунок 1.33 – Отношение расходов (1), доходов (2) и полученной авиакомпанией «Сибирь» прибыли (3) к их максимальным значениям

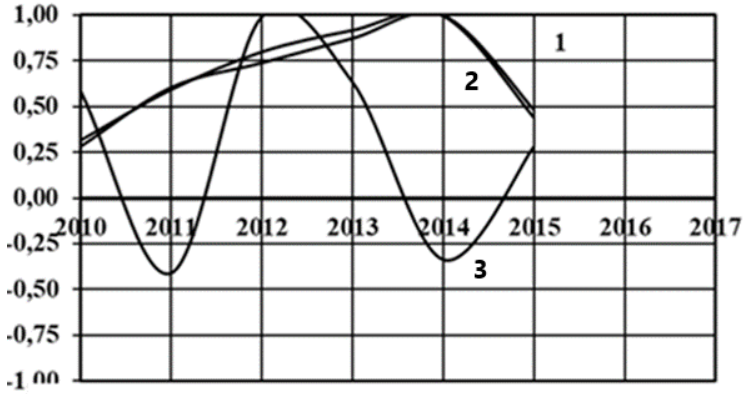

Рисунок 1.34 – Отношение расходов (1), доходов (2) и полученной авиакомпанией «Трансаэро» прибыли (3) к их максимальным значениям

Приведенные выше сведения по всем основным показателям деятельности авиакомпаний однозначно свидетельствует о резких их флуктуациях, что крайне затрудняет построение прогноза динамики их изменения. В этой связи очень показательными являются радиусы корреляции изменения этих показателей, сдвинутых на интервал в 1 год. Большие значения этого коэффициента дают возможность более достоверно строить прогноз на следующий год [51]. В приводимой ниже таблице 1.4 даны искомые значения коэффициентов корреляции.

Таблица 1.4 - Коэффициенты корреляции основных показателей авиакомпаний, взятых с годовым интервалом

	«Сибирь»	**«Северный ветер»**	**«Таймыр»**	**«Уральские авиалинии»**	**«Трансаэро»**	**«КрасАвиа»**	**«ЮТэйр»**	**«ВИМ-Авиа»**
Расходы	**0,98**	**0,86**	**0,92**	**0,98**	0,39	0,20	0,50	0,39
Прибыль	0,44	0,58	0,44	**0,92**	0,10	**0,98**	**0,85**	0,13
Налет ВС	0,64	**0,96**	-0,29	**0,98**	0,63	0,52	0,55	0,49
Использование ВС	0,33	0,77	-0,18	**0,96**	0,63	0,18	-0,15	0,11
Пассажиры	0,71	**0,97**	-0,19	**0,98**	0,59	0,70	0,58	0,52
Расходы	**0,98**	**0,86**	**0,92**	**0,98**	0,39	0,20	0,50	0,39

Среди всех авиакомпаний выделяется компания «Уральские авиалинии», что говорит об устойчивых интегральных характеристиках, которые можно прогнозировать с высокой достоверностью.

Выводы раздела 1

1. Сегодня целевая функция негосударственной авиакомпании состоит в получении максимальной прибыли при обеспечении требуемого уровня безопасности и соблюдении всех ограничений, накладываемых отечественными и международными органами, регламентирующими деятельность гражданской авиации. Регулярность полетов при этом перестает быть ограничивающим фактором и переходит в разряд экономических категорий.

В этой связи основными направлениями деятельности авиакомпаний являются коммерческие направления, базирующиеся на диверсификации

производства - как способе повышения финансовой устойчивости авиакомпании. Это определяет основные профили деятельности авиакомпаний, к которым относятся:

- перевозки пассажиров, почты, грузов на внутренних линиях РФ и на международных воздушных линиях (МВЛ);
- управление ресурсами мест и свободного тоннажа;
- планирование и комплектование коммерческой загрузки на рейсах, обслуживаемых собственным самолетным парком;
- планирование и контроль расписания, маршрутов, типов ВС, тарифов и т.д.;
- обеспечение безопасности полетов, их регулярности и качества обслуживания пассажиров как факторов, определяющих конкурентоспособность авиакомпании на рынке авиаперевозок;
- резервирование и продажа авиаперевозок через собственную агентскую сеть;
- осуществление взаиморасчетов между участниками авиатранспортных процессов;
- осуществление непрофильной (диверсификационной) деятельности авиакомпании (дополнительные услуги как-то: гостиницы, прокат автомашин, бюро путешествий и т.п.).

2. Ключевой концепцией деятельности большинства авиакомпаний является необходимость развертывания нескольких взаимосвязанных направлений в области продажи авиационных перевозок и услуг так, чтобы они давали сопоставимые доходы и, тем самым, взаимно компенсировали возможные спады в условиях нестабильной экономики. Основные показатели работы авиакомпании можно представить в виде 5 групп: объем транспортной продукции, технические, качественные, экономические, эксплуатационные. Следует подчеркнуть, что определяющей группой, от эффективности работы которой зависит, в конечном счете, успешность авиакомпании, является экономическая группа, которая при организации производства является

центральным объектом. В этой связи на первый план выдвигаются такие показатели как доходы, расходы, прибыль, рентабельность.

3. Устойчивый успех работы авиакомпании возможен только в случае грамотного понимания процессов, проистекающих на рынке авиационных услуг и государстве. Годовая неустойчивость показателей работы авиакомпании определяется, хотя и существенными, но медленными флуктуациями годовых государственных показателей, с одной стороны, и флуктуациями, вызванными конкретными удачами и неудачами работы самой авиакомпании, с другой стороны, носящими быстрый характер. Совокупность этих факторов определяет основную трудность при прогнозировании показателей работы авиакомпании на ближнюю и дальнюю перспективы.

Фактические суммарные показатели деятельности авиакомпаний РФ, имевшими место за более, чем за четверть вековой период с 1991 по 2017 г., показали достаточно явную и четко выраженную периодичность с периодом приблизительно в 20 лет в цикле максимум - минимум.

Так, например, для динамики количества перевозимых авиапассажиров характерен спад в период 1991 - 2000 гг. с 90 до 20 млн. в год, а в дальнейшем его постоянный рост до уровня порядка 90 млн. Вплоть до 1994 года количество авиапассажиров ежегодно увеличивалось, то с 1994 года объем авиаперевозок снизился в четыре раза, а износ самолетного парка составил 60%.

4**.** Анализ фактических данных за период 1991-2017 гг. по всем основным показателям 9 авиакомпаний («ВИМ-Авиа», «Сибирь», «Таймыр», «Уральские авиалинии», «Трансаэро», «КрасАвиа», «ЮТэйр», «Северный ветер», «Авиационные линии Кубани»), а также по суммарным показателям всех авиакомпаний РФ показал, что для зависимости этих показателей от времени достаточно удачной является квадратичная аппроксимация. Погрешность прогноза редко оказывается более, чем 6-8%. Так, например, для авиакомпании «Авиационные линии Кубани» удачным является представление $P(t) = 2t^2 - 24t + 90$.

Приведенная зависимость и возможность ее аппроксимации кривой

второго порядка говорит о том, что, несмотря на сугубо случайный характер влияния различных факторов на функционирование каждой из авиакомпаний, для большой системы, каковой является совокупность отдельных компаний, т.е. гражданской авиации в целом, можно говорить о неких четких закономерностях, присущих такой большой системе.

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 изменчивостью основных жизнеопределяющих характеристик авиакомпаний.

5. Важную роль в составлении прогноза играют корреляционные связи между рассматриваемыми характеристиками и параметрами, дающие возможность оценивать степень влияния друг на друга различных выходных характеристик отдельной авиакомпании. С другой стороны, корреляционные связи между одинаковыми показателями различных авиакомпаний свидетельствует о наличии серьезных внешних факторов, влияющих на их работу.

Так, например, между ведущими авиакомпаниями: «Сибирь» и «Уральские Авиалинии» заметна сильная корреляционная связь, коэффициент корреляции достигает значений 0,8 - 0,9. Это свидетельствует о наличии некой общей причины, влияющих на динамику изменения рассматриваемого параметра. Такой причиной естественно выступает государство. Небольшие авиакомпании живут как бы «своей жизнью».

Среди всех авиакомпаний выделяется компания «Уральские авиалинии», у которой имеет место очень высокая степень коррелированность между своими выходными показателями, что говорит об устойчивых интегральных характеристиках, которые можно прогнозировать с высокой достоверностью.

6. Одной из центральных задач каждой из авиакомпаний является разработка прогнозов показателей ее деятельности спроса на авиаперевозки, объем продаж авиабилетов, средний тариф пассажирской отправки, денежный

оборот от продажи пассажирских авиаперевозок, изменение численности работников и уровня оплаты труда.

По этим показателям необходима разработка:

- эвристического прогноза отправок авиапассажиров;
- оптимистического, эвристического и пессимистического прогнозов количества продаваемых авиабилетов;
- оптимистического, эвристического и пессимистического (с точки зрения авиакомпании, но не пассажира) прогноза среднего тарифа на один проданный авиабилет;

В основу оптимистического прогноза должна быть положена концепция медленного, но устойчивого роста объема авиаперевозок и сохранения доли продаж авиаперевозок.

Пессимистический прогноз должен базироваться на концепции существенного ежегодного падения объема продажи билетов.

Эвристический прогноз должен опираться на математическую обработку статистических данных за последние 20 лет и их экстраполяцию на ближайшие годы.

2. РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВИАКОМПАНИИ ДЛЯ СТАБИЛЬНОГО ПЕРИОДА ЕЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

2.1. Прогностическая модель экономического состояния авиакомпании

Особенность разрабатываемой методики прогнозирования основных показателей работы авиакомпании таких как число обслуживаемых авиапассажиров, объем перевозимых грузов, время и число задержек вылетов и прилетов самолетов состоит в том, что она относится к такому периоду работы авиакомпании, когда вследствие тех или иных внешних социально-экономических процессов или перестройки работы авиакомпании имеет место переход от стабильной, устойчивой работы авиакомпании к достаточно хаотичному периоду, когда возможен только краткосрочный прогноз, опирающийся на сиюминутные факторы [7,12].

Разрабатываемая модель опирается на следующие факторы, характерные для переходного этапа.

1. Прогноз, в первую очередь, опирается на достаточно длительную историю изменения прогнозируемого параметра, происходящие в течение большого промежутка времени. Небольшая скорость этих изменений, имевшая место на первом этапе, существенно нарастает при переходе ко второму, а поэтому статистические характеристики этих изменений могут выступать одним из параметров, фигурирующим в прогнозируемом параметре [67, 74].

2. Сведения о годовых результатах, ежегодно представляемые всеми авиакомпаниями, однозначно свидетельствуют о наличии цикла взлет -

стабильность – спад, что свидетельствует об определенной периодичности показателей авиакомпаний.

Построение прогноза, прежде всего, должно опираться на реальные сведения, имевшие место в авиакомпании за последние годы [30, 35].

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

Таблица 2.1 - Сведения о числе авиапассажиров, отправленных самолетами авиакомпании «Уральские авиалинии»

Год	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Пассажиропоток, чел.	909 742	1 011 648	1 217 456	1 450 153	1 497 123	1 792 220	2 513 371	3 525 066	4 419 233	5 160 588	5 445 134	6 467 188	8 000 474	9 000 615	9 616 908	5 632 152

Сведения, приведенные в Таблице 2.1, наглядно представлены на рисунке 2.1.

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.

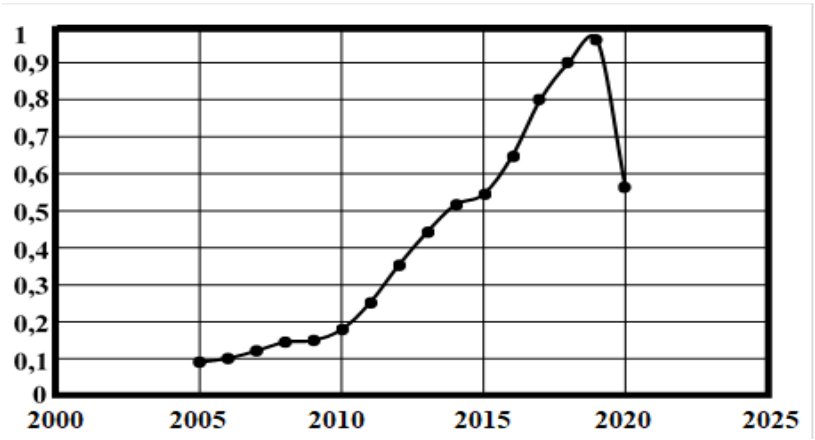

Рисунок 2.1 – Нормированные сведения о числе отправленных авиапассажиров авиакомпанией «Уральские авиалинии»

Это же очень хорошо видно по изменению коэффициента корреляции, что иллюстрируется на рисунке 2.2.

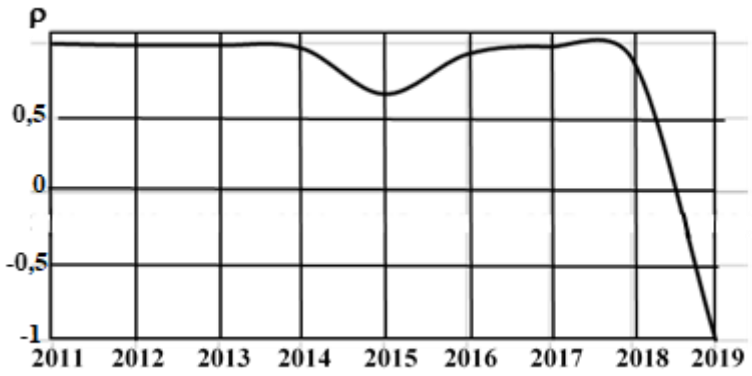

Рисунок 2.2 – Зависимость коэффициента корреляции ρ данных об отправке авиапассажиров авиакомпанией «Уральские авиалинии»

Вторым источником информации для последующих выводов служат сведения о пассажирообороте, налете самолетов и перевозках, выполненных 8-ю ведущими российскими авиакомпаниями «ВИМ-Авиа», «Сибирь», «Таймыр», «Уральские авиалинии», «Трансаэро», «КрасАвиа», «ЮТэйр» и «Северный ветер» за период 2009 - 2017 гг., представленные в Таблице 2.2, где также наблюдается цикличность этапов спада и восстановления. Эти данные представлены на рисунках 1.5 - 1.12 (касательно налета воздушных судов каждой из авиакомпаний), рис. 1.13 - 1.26 (касательно использования парка воздушных судов каждой из авиакомпаний), рис. 1.27 - 1.34 (касательно сравнительного анализа показателей использования финансовых возможностей авиакомпаний).

На рисунках 2.3 и 2.4 приведена динамика процента загрузки парка воздушных судов за период 2009 - 2017 гг.

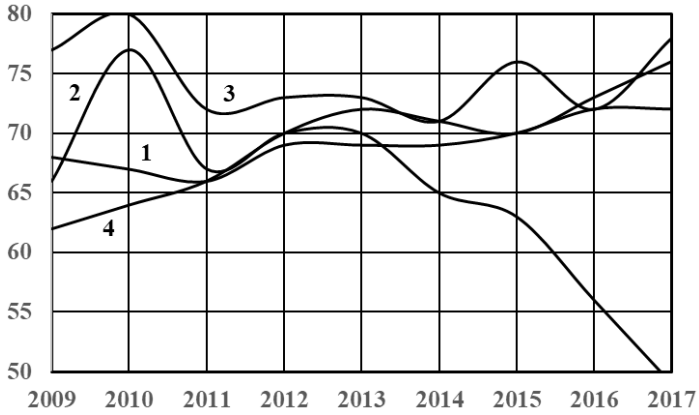

Рисунок 2.3 - Процент загрузки воздушных судов авиакомпаний: 1 – «ВИМ-Авиа», 2 – «Сибирь», 3 – «Таймыр», 4 – «Уральские авиалинии».

Особенность представленных зависимостей, резко отличающих их от приводимых выше, состоит в малом разбросе значений у большинства авиакомпаний, что способствует повышению точности прогноза [94, 102].

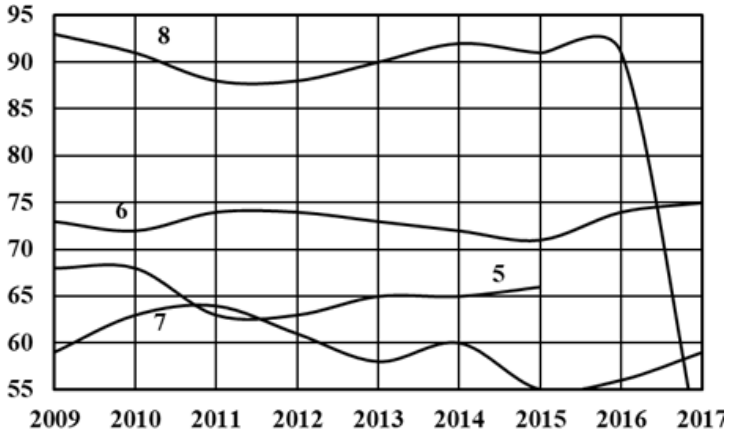

Рисунок 2.4 - Процент загрузки воздушных судов авиакомпаний: 5 – «Трансаэро», 6 – «КрасАвиа», 7 – «ЮТэйр», 8 – «Северный ветер».

Еще более наглядное представление об упомянутой цикличности дают сведения, приведенные на рисунках 2.5 и 2.6 (официальный документ Росавиации), показывающие динамику изменения пассажирооборота, количества перевезенных пассажиров, грузооборота и объема грузов и почты российскими авиакомпаниями за двадцатипятилетний период (1990 - 2017 гг.) [33].

Рисунок 2.5 - Пассажирооборот российских авиакомпаний за 1991-2017гг.

Рисунок 2.6 - Динамика изменения грузооборота и объема перевозимых грузов и почты российскими авиакомпаниями за период (1991-2015 гг.)

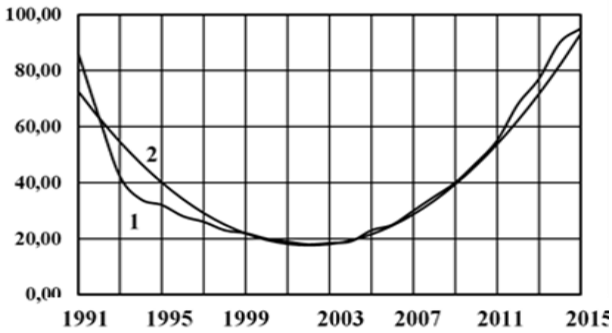

Рисунок 2.7 - Сглаженная кривая (1), показывающая ход изменения грузооборота и ее аналитическая аппроксимация (1991-2015 гг.)

На рисунке 2.7 приведена сглаженная кривая (1), показывающая ход изменения грузооборота по годам за период 1991-2012 гг., и ее аналитическая аппроксимация (2) [76]:

$$Y = 23{,}24N^2 - 382N + 2606\,, \qquad (2.1)$$

где N – порядковый номер года на рисунке.

Здесь следует обратить внимание, что прогноз, полученный по формуле (2.1), практически совпадает с реальными результатами, имевшими место в период 2005-2011 гг.

Использование квадратичной аппроксимации оказывается достаточно плодотворным при построении прогностических кривых [20].

В этом случае прогностическая кривая представляется в виде $Y = aX^2 + bX + c$, а определяющие ее параметры a, b и c рассчитываются на основе фактических данных, имевших место в трех годах (как правило, в первый и последний годы, а также в год с характерным изменением зависимости, типа минимум, максимум, перелом и т.п.) [69].

Используя названные три фактические значения y_1, y_2 и y_3, определенные в три различных года x_1, x_2 и x_3, рассчитываются параметры a, b и c при помощи следующих соотношений:

$$a = \frac{y_1 - y_2}{(x_1 - x_2)(x_2 - x_3)} - \frac{y_1 - y_3}{(x_1 - x_3)(x_2 - x_3)}, \qquad (2.2)$$

$$b = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} - a(x_1 + x_2), \qquad (2.3)$$

$$c = y_1 - x_1(ax_1 + b) \qquad (2.4)$$

В соответствии с приведенными соотношениями проводился прогностический расчет числа перевозимых авиапассажиров (рисунок 2.8), приводимый к формуле: $Y = 2{,}41N^2 - 21N + 40$.

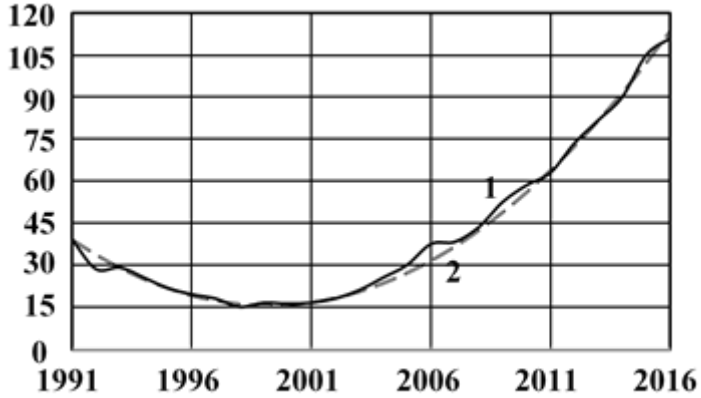

Рисунок 2.8 - Динамика изменения числа (в млн. чел.) перевозимых авиапассажиров российскими авиакомпаниями за период (1991-2016 гг.)

Росавиацией опубликован проект роста авиаперевозок, выполняемых российскими авиакомпаниями период вплоть до 2030 г. [104]. Используя предложенную методику прогнозирования, ниже на рисунке 2.9 приведены соответствующие кривые – прогноз Росавиации (1), предлагаемый прогноз (2) и реальные данные, имевшие место до 2020 г. (3).

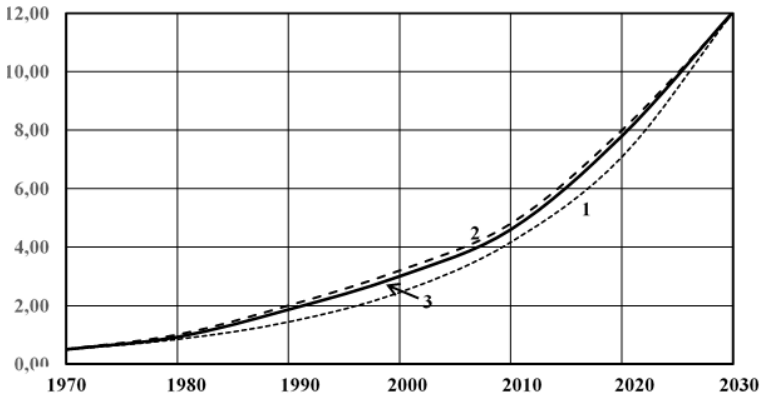

Рисунок 2.9 - Прогноз авиаперевозок российскими авиакомпаниями: методика Росавиации (1, точечная линия), предлагаемая методика (2, пунктирная линия), реальные данные на период до 2020 г. (3, сплошная линия)

Как видно, предлагаемый прогноз обеспечивает большую точность, чем это делает методика Росавиации.

О таком же характере изменения выходных параметров, хотя и с не с таким размахом изменений, свидетельствуют данные, представленные на рисунках 2.10 - 2.12, где показано изменение общего объема пассажирских авиаперевозок, проведенных через в 1998 - 2014 гг. через аэропорты Московского авиаузла (Шереметьево, Домодедово и Внуково).

Рисунок 2.10 дает представление об отправке пассажиров из аэропорта «Шереметьево» за период 1998-2014 гг. Здесь четко просматриваются два этапа 1998 - 2009 гг. и 2009 - 2014 гг. Следует обратить внимание, что и в первом и во втором случаях удобной является квадратичная аппроксимация. На первом этапе (1998 – 2010 гг.) эта зависимость имеет вид:

$$N(t) = 0{,}02t^2 + 1{,}35t + 10, \qquad (2.5)$$

где t порядковый номер года с 1998 по2014 г., начиная с нуля.

Для этапа 2010-2014 гг. удобной является аппроксимация

$$N(t) = 0{,}23t^2 + 9{,}6t + 15, \qquad (2.6)$$

т.е. вновь имеет место квадратичная зависимость.

Конечно, какая бы аппроксимация ни использовалась бы, учесть все локальные флуктуации реального процесса с позиций построения прогностических кривых, задача нерельная [19]. Однако общую тенденцию даже квадратичная зависимость отразить может.

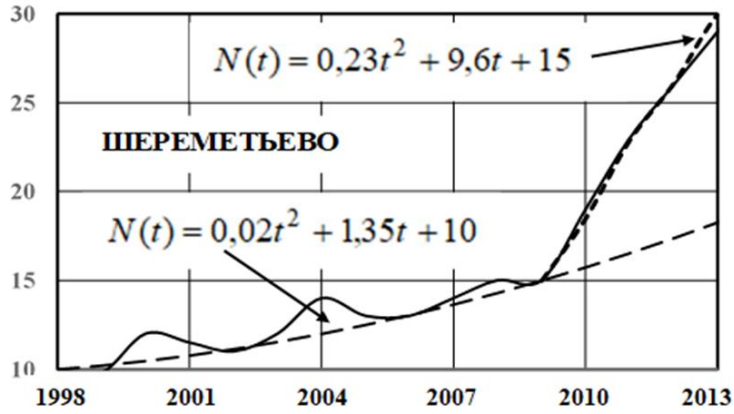

Рисунок 2.10 - Прогноз авиаперевозок (в млн. км) авиакомпании, выполняемых через аэропорт «Шереметьево» реальные данные на период (1, сплошная линия), предлагаемая методика (2, пунктирная линия).

Аналогичная зависимость, относящаяся к аэропорту «Домодедово», представлена на рисунке 2.11. Здесь также приемлемой аппроксимацией может выступать квадратичная зависимость:

$$N(t) = 0{,}12t^2 + 3{,}8t + 10 \qquad (2.7)$$

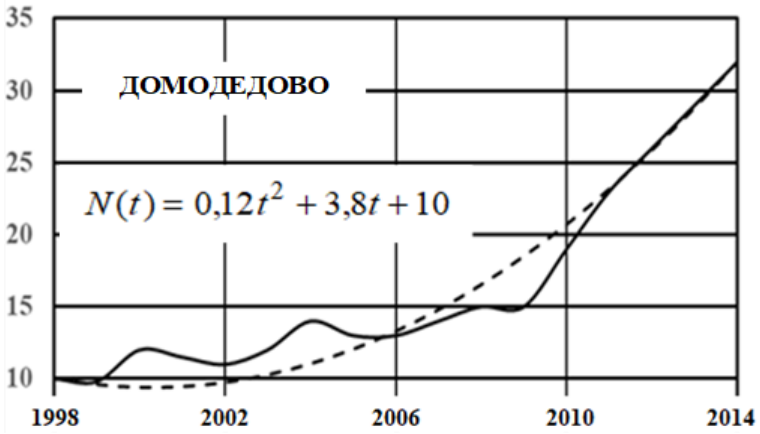

Рис. 2.11 - Прогноз авиаперевозок (в млн. км) авиакомпании, выполняемых через аэропорт «Домодедово» реальные данные на период (1, сплошная линия), предлагаемая методика (2, пунктирная линия).

Как видно, здесь также виден спад в 2009-2010 годах, которая носит более спокойный характер, а потому лучше поддается аппроксимации.

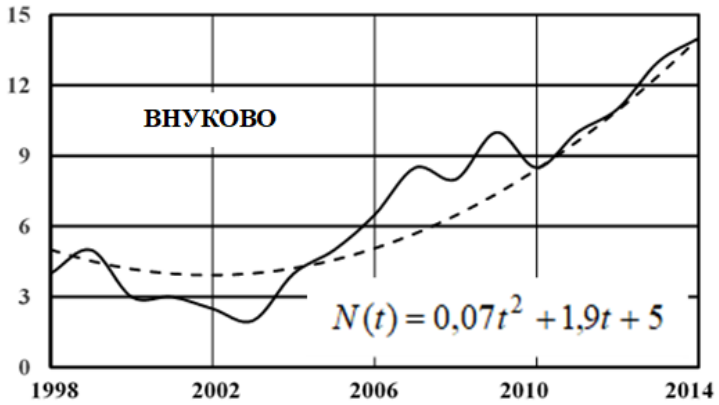

Рис. 2.12 - Прогноз авиаперевозок (в млн. км) авиакомпании, выполняемых через аэропорт «Внуково» реальные данные на период (1, сплошная линия), предлагаемая методика (2, пунктирная линия).

Кривые, представленные на рисунке 2.12, относятся к прогнозу авиаперевозок, произведенных из аэропорта «Внуково».

В качестве аппроксимирующей функции здесь выступает зависимость:

$$N(t) = 0{,}07t^2 + 1{,}9t + 5. \quad (2.8)$$

Наконец, рисунок 2.13 дает представление о всех суммарных авиаперевозках, проведенных через аэропорты Московского авиаузла за период 2011 - 2017 гг. Как видно, суммарный объем отображается более гладкими кривыми, и, следовательно, лучше поддаются аппроксимации. В данном случае в качестве такой функции также выступает параболическая зависимость:

$$N(t) = -2{,}54t^2 + 18{,}9t + 60. \quad (2.9)$$

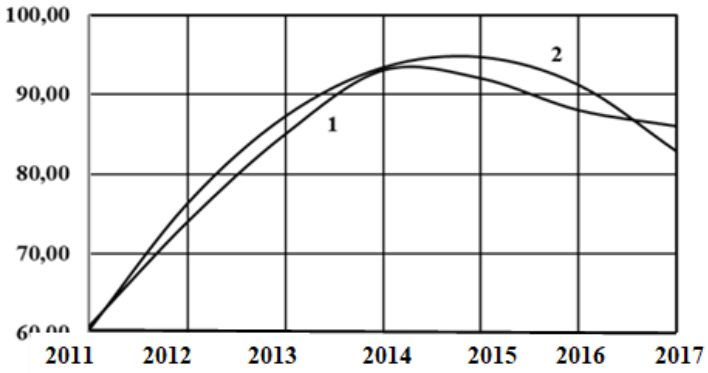

Рисунок 2.13 - Общий объем авиаперевозок грузов и почты через аэропорты Московского авиаузла в 2011-2017 гг. (1 - фактические данные; 2 - расчетные данные)

Обращает на себя внимание тот факт, что, начиная с 2008 г., наблюдается устойчивый рост приведенных параметров. Сказанное наглядно видно из Таблицы 2.2.

Таблица 2.2 - Пассажирские перевозки через аэропорты МАУ

Аэропорт	**2013**	**2014**	**2015**	**в %% к июню 2016 г.**	**в %% к июню 2016 г.**
Внуково	4 539,00	4 125,90	5 282,70	128,00%	116,40%
Шереметьево	8 723,90	7 995,20	10 533,10	131,70%	120,70%
Домодедово	11 955,80	9 802,50	12 235,10	124,80%	102,30%
МАУ	**25 218,70**	**21 923,50**	**28 050,90**	**127,90%**	**111,20%**

Использование в качестве аппроксимирующих функций полиномов второго порядка сглаживало флуктуации в исследуемых величинах.

Для учета таких флуктуационных изменений рассмотрим другую систему аппроксимирующих функций [5,6].

Остановимся на статистике отправок авиапассажиров из авиакомпании «Уральские авиалинии» за период 2005 - 2020 гг., сводные данные о которой приведены в Таблице 2.1.

Графически эти данные представлены на рисунке 2.14.

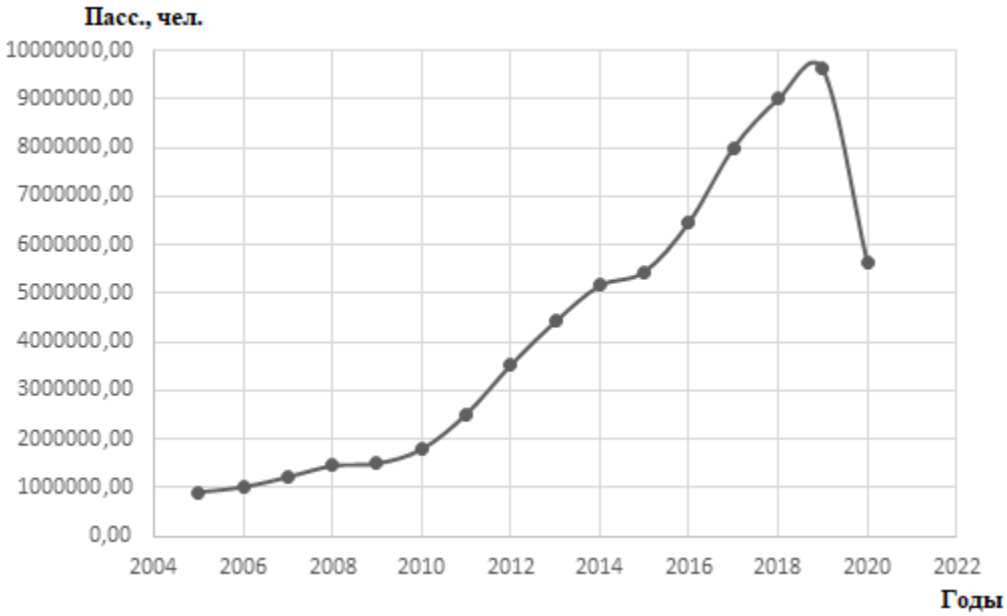

Рисунок 2.14 - Отправка авиапассажиров авиакомпанией «Уральские авиалинии»

Из приведенных рисунка и таблицы достаточно хорошо просматриваются, циклы подъем – стабилизация - спад, что дает возможность говорить об определенного рода периодичности процесса, что, в свою очередь, позволяет опираться на синусоидальную зависимость, базовый вид которой представим в виде:

$$y(t)=\sin\left(2\pi\frac{n-n_0}{N}\right) \qquad (2.10)$$

где n – порядковый номер года в приведенных таблицах,

n_0 – порядковый номер года, на который приходится минимум числа отправленных авиапассажиров,

N – максимальный порядковый номер года, соответствующий периоду наблюдения (синусоиды) [123].

Как видно, из приведенных Таблиц в обоих случаях период синусоиды T можно принять равным 20 лет, т.е. N=20 лет. Минимум функции приходится на 2005 год, т.е. n_0=1, и на 2020, т.е. n_0=20.

При такой аппроксимации максимум должен приходиться на середину временного интервала, когда n_0 =11. Однако реальные данные соответствуют этому не в полной мере. Для сглаживания такого несовпадения скорректируем приведенную синусоидальную зависимость, как это предлагается в:

$$y(t)=e^{-0,25(n-n_0)}\sin\left(2\pi\frac{n-n_1}{N}\right) \qquad (2.11)$$

где n_0- номер года в Таблицах, соответствующей минимуму числа перевозок,

n_1 - номер года в Таблицах, соответствующей максимуму числа перевозок.

Подводя итог проведенным рассуждениям, в качестве итоговой модели будем использовать не аддитивную, а мультипликативную зависимость, которая лучше описывает прогностическую ситуацию, поскольку она учитывает большее число факторов, влияющих на число отправляемых пассажиров [5, 7, 12, 20]:

$$Y = Y_0 + \exp\{b_1 + b_2 n + b_3 h + Z\} \cdot \left[2 + \sin\left(2\pi \frac{n - n_0}{N} \right) \right], \qquad (2.12)$$

где

Y- число отправляемых авиапассажиров,

n – порядковый номер года прогнозирования,

Y_0 - исходное, «базовое» значение числа отправленных пассажиров, выбираемое с целью центрирования исходных данных,

N – максимальный порядковый номер года, соответствующий периоду наблюдения (синусоиды),

n_0 - выбирается таким образом, чтобы обеспечить совпадение значений аргумента аппроксимирующей синусоидальной функции с датами максимальных и минимальных отправок,

a – учитывает факт уменьшения числа отправок, как следствие спада, имевшего места в 2019-2020 гг.,

Z – хаотичные составляющие модели со средним значением, равным 0,

b -подлежащие определению коэффициенты модели.

Опираясь на данные, приведенные в Таблице 2.2, получим следующие значения введенных в (2.12) параметров: *Y*=7380, *N*=10, *h*=0,25, n_0=1.

Полученные соотношения приводят к следующему выражению для определения искомой численности пассажиров (в тыс. чел.):

$$Y = 7380 + \exp\{b_1 + b_2 n + b_3 h + Z\} \cdot \left[2 + \sin\left(2\pi \frac{n - n_0}{N} \right) \right] \qquad (2.13)$$

Для того, чтобы предложенной моделью можно было пользоваться, необходимо провести оценку фигурирующих в ней параметров на основе имеющихся статистических данных.

Проведем линеаризацию модели (2.13), логарифмирование которой приводит к следующей линейной модели регрессии:

$$\ln(Y - 7380) = b_1 + b_2(n-1) + b_3[-0{,}25(n-1)] + \ln\left[2 + \sin\left(2\pi \frac{n-1}{N} \right) 2 \right] + Z \qquad (2.14)$$

С целью проведения оценки входящих в (2.14) неизвестных параметров воспользуемся широко используемым для задач такого класса методом теории регрессии, требующей введения, так называемых сопутствующих переменных, каковыми в рассматриваемом случае будут выступать число 1, цифровая запись года, а также две функции $\ln\left[2+\sin\left(2\pi\frac{n-1}{N}\right)2\right]$ и $\exp\left[-0{,}25(n-1)\right]$, играющие роль множителей соответственно при коэффициентах b_1, b_2, b_3 и b_4.

Для дальнейшего целесообразно, опираясь на введенные коэффициенты b_1, b_2, b_3 и b_4 ввести вспомогательный вектор $B=(b_1,b_2,b_3,b_4)$ и вектор его оценки $\hat{B}=(\hat{b}_1,\hat{b}_2,\hat{b}_3,\hat{b}_4)$.

Искомая оценка, как это следует в соответствии с регрессионным анализом, может быть найдена по формуле:

$$\hat{B}=(T^{+}T)^{-1}T^{+}W, \qquad (2.15)$$

где Т- матрица - столбец, носящая название, как матрица сопутствующих переменных,

W – вектор, компоненты которого представляют собой логарифмы ранее произведенных отправок пассажиров (Табл.2.1),

$W=\ln(Y-7380)$ -вектор логарифмов, имевших место ранее произведенных отправок пассажиров (Табл. 2.1),

+ - операция транспонирования [105].

Матрица $T^{+}T$ и вектор $T^{+}W$ будут иметь вид:

$$T^{+}T=\begin{pmatrix} 26 & 284 & 15{,}4 & 0{,}4 \\ 284 & 4073 & 169 & 6{,}8 \\ 15{,}4 & 169 & 13{,}2 & 0{,}06 \\ 0{,}4 & 6{,}8 & 0{,}1 & 0{,}03 \end{pmatrix}. \qquad (2.16)$$

и

$$(T^{+}W)^{T}=(221 \quad 3{,}7 \quad 237 \quad 139 \quad 2{,}6)^{T} \qquad (2.17)$$

В этом случае обратная матрица к матрице $T^{+}T$:

$$\left(T^{+}T\right)^{-1}=\begin{pmatrix}0{,}38 & -0{,}02 & -0{,}23 & -0{,}29\\ -0{,}02 & 0{,}004 & -0{,}02 & -0{,}56\\ -0{,}23 & -0{,}02 & 0{,}61 & 6{,}63\\ -0{,}29 & -0{,}56 & 6{,}63 & 183\end{pmatrix}. \qquad (2.18)$$

Полученные соотношения дают возможность получить явное выражение для построения искомого вектора оценки неизвестных коэффициентов [93]:

$$\hat{B}=\left(T^{+}T\right)^{-1}TW=\begin{pmatrix}10{,}13\\ -0{,}078\\ 2{,}21\\ -0{,}094\end{pmatrix} \qquad (2.19)$$

Матрица сопутствующих переменных T будет иметь вид:

$$T=\begin{pmatrix}1 & 1 & v & 0\\ 1 & 2 & v & 0\\ 1 & 3 & v & 0\\ . & . & . & .\\ 1 & 16 & v & 0\\ 1 & 17 & v & 0\\ 1 & 18 & v & a\\ 1 & 19 & v & a\\ 1 & 20 & v & a\\ 1 & 21 & v & a\end{pmatrix} \qquad (2.20)$$

Входящие в формулу (2.20) параметры a и ν имеют вид:

$$\nu=\ln\left[2+\sin\left(2\pi\frac{n-n_0}{20}\right)\right],\ i=\overline{1{,}21}, \qquad (2.21)$$

$$a=\exp\left[-0{,}25(i-18)\right],\ i=\overline{18{,}21}.$$

Приведенные соотношения дают возможность получить искомые соотношения для проведения соответствующего прогнозирования на n-ый год:

$$Y=7380+\exp\left\{10{,}1-0{,}078(n-1)-0{,}094a\right\}\cdot\left[2+\sin\left(2\pi\frac{n-1}{20}\right)\right] \qquad (2.22)$$

Прямой расчет по полученным формулам касательно прогноза на 2015 - 2017 гг. и сравнение полученных результатов с реально имевшими место числом

отправок авиапассажиров из аэропорта авиакомпании «Уральские авиалинии» приведены в Таблицах 2.3.1 – 2.3.4, в которых также приведено процентное выражение для оценки погрешности прогноза.

Таблица 2.3.1 - Прогнозы отправок пассажиров авиакомпанией «Уральские авиалинии» (тыс. чел.)

	Год разработки прогноза	**Прогнозируемые года**				
Год	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**
Факт	***18352***	17168	16723	15830	15970	16100
Прогноз	-	17992	17765	14088	18046	18676
Погрешность, %	-	**+4,8**	**+6,3**	**-11**	**+13**	**+16**

Таблица 2.3.2 - Прогнозы отправок пассажиров из авиакомпании «Уральские авиалинии» (тыс. чел.)

	Год разработки прогноза	**Прогнозируемые года**			
Год	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**
Факт	**17168**	16723	15830	15970	16100
Прогноз	-	15987	14753	17455	16534
Погрешность, %	-	**-4,4**	**-6,8**	**+9,3**	**+12,7**

Таблица 2.3.3 - Прогнозы отправок пассажиров из авиакомпании «Уральские авиалинии» (тыс. чел.)

	Год разработки прогноза	**Прогнозируемые года**		
Год	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**
Факт	**16723**	15830	15970	16100
Прогноз	-	16495	14836	17452
Погрешность, %	-	**+4,2**	**-7,1**	**+8,4**

Таблица 2.3.4 - Прогнозы отправок пассажиров из авиакомпании «Уральские авиалинии» (тыс. чел.)

	Год разработки прогноза	**Прогнозируемые года**	
Год	**2016**	**2017**	**2018**
Факт	15830	15970	16100
Прогноз	-	15331	16631
Погрешность, %	-	**-4,0**	**+7,3**

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%.

Приведенные результаты представлены в виде рис. 2.14.

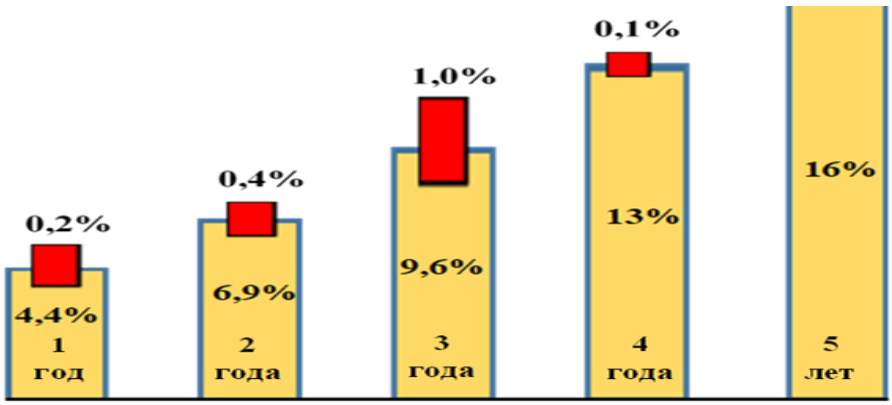

Рисунок 2.14 - Ошибки прогноза отправки авиапассажиров, сделанные на разное число лет вперед, и значение СКО этих ошибок

2.2. Прогноз объема продаж пассажирских авиабилетов

Объем отправок авиапассажиров рассматривается как среда, в которой

возможно развитие основной деятельности авиакомпании на рынке внутренних авиаперевозок, то есть задается как условие деятельности.

Сама же деятельность характеризуется таким важнейшим образующим показателем как объем продаж авиаперевозок, величина которого полностью определяется организационными, техническими, технологическими и правовыми возможностями авиакомпании [103].

Поэтому в основе прогноза объемов продаж должен лежать анализ и оценка влияния именно этих показателей, количественная оценка которых крайне затруднительна [23]. Качественной же стороне анализа состояния и развития этих возможностей авиакомпании ранее уделено достаточное внимание и в разделах анализа и в последующих разделах.

Статистика продаж предшествующего периода показывает хорошую коррелируемость их с объемами перевозок даже в нестабильных условиях деятельности. В изменившихся же условиях, борьба за самовыживаемость 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, не достаточную эффективность усилий по сохранению своего места и роли на рынке продаж перевозок [120, 121].

Прогнозы продаж по указанным вариантам приведены в Таблице 2.4 и рисунке 2.15.

Таблица 2.4 - Прогноз количества проданных авиабилетов авиакомпанией «Уральские авиалинии»

Годы	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Оптим.	7,4	6,8	6,7	6,6	6,8	7,1	7,6	8,2
Эврист.	7,4	6,8	6,6	6,6	6,4	6,3	6,2	6,0
Пессим	7,4	6,8	6,4	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

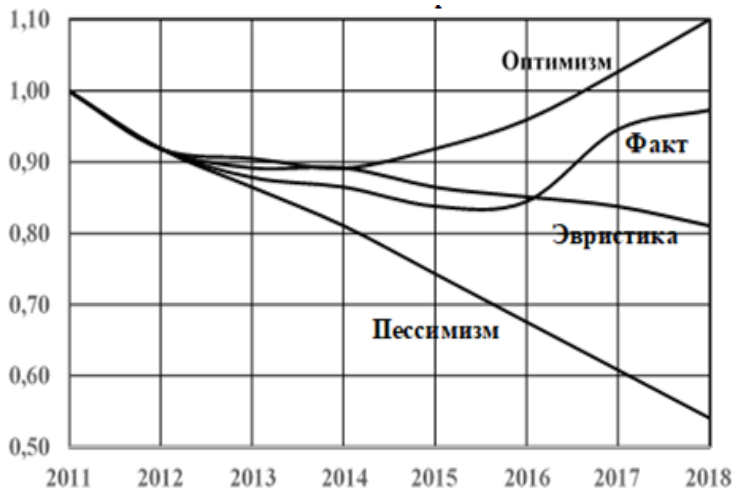

Рисунок 2.15 - Прогноз количества проданных авиабилетов авиакомпанией «Уральские авиалинии»

Общие рассуждения, приведенные выше, тем не менее, не дают ответ на узловой вопрос о количественных показателях прогноза. Чтобы получить последние, применим разработанную методику к задаче о прогнозе продажи авиабилетов.

В Таблице 2.5 представлены плановые и фактические данные о количестве проданных авиабилетов авиакомпанией «Уральские авиалинии» помесячно за период с 2013 по 2017 гг. (число отправленных авиапассажиров приведено в процентах по отношению к прогнозу, сделанному по разработанной методике (обозначение «м-т [2]») на январь 2013г.). Суть расчета, как уже говорилось выше, сводится к проведению регрессионного анализа над массивом соответствующих данных, полученных в предыдущие годы. При этом, если в первые годы (2013 - 2014 гг.) в основе расчета лежали методы линейной

регрессии, то, начиная с 2015 г., при расчете использовалась несколько иная модель. В этой модели случайный процесс, представляющий собой количество продаваемых авиабилетов, представлялся в виде суммы некоторой детерминистской функции и некоторой случайной функции с нулевым математическим ожиданием. В качестве упомянутой детерминистской функции использовалась обычная синусоида. Обоснованием этого является то, что спрос на перевозки авиапассажиров и продажу авиабилетов носит циклический характер. Вторая составляющая рассматривается просто как «шумовое» воздействие [124].

Весьма интересные и информативные сведения несет в себе информация о взаимной корреляционной связи помесячного числа продаж авиабилетов. С этой целью рассматривались массивы числа продаж за период 2013 - 2017 гг. Итоговая корреляционная таблица (Таблица 2.7) приведена ниже. 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.

Таблица 2.5 - Продажа авиабилетов (относительные показатели)

		янв.	**фев.**	**март**	**апр.**	**май**	**июнь**	**июль**	**авг.**	**сен.**	**окт.**	**нояб.**	**дек.**	$\bar{x}$	σ_{n-1}
2013	факт	138	162	200	197	222	265	321	300	223	193	187	217	217	54
	м-т[2]	111	147	187	174	174	196	299	294	223	185	165	193	193	56
	м-т[1]	144	167	190	193	207	252	300	300	224	201	185	206	207	41
2014	факт	158	159	184	187	186	230	272	288	227	212	195	209	209	40
	м-т[2]	144	162	204	179	170	190	238	223	171	188	181	204	188	26
	м-т[1]	155	164	188	188	193	242	283	288	218	200	187	205	203	35
2015	факт	158	161	179	177	182	234	260	264	197	171	162	158	193	38
	м-т[2]	156	154	183	186	172	204	245	256	206	187	187	170	191	32
	м-т[1]	151	157	177	176	186	228	269	264	200	178	170	164	190	34
2016	факт	124	128	132	141	149	173	214	202	146	133	115	124	148	32
	м-т[2]	115	132	130	136	141	175	194	196	152	132	119	119	145	29
	м-т[1]	116	124	132	141	146	177	212	202	153	132	123	127	145	30
2017	факт	79	101	133	116	120	150	176	159	125	116	145	102	123	28
	м-т[2]	79	97	106	111	118	133	172	161	118	108	155	99	116	28
	м-т[1]	82	105	124	117	120	145	173	159	120	110	155	104	118	28
$\bar{x}_f$	факт	131	141	162	161	171	207	246	240	181	163	102	159	177	36
$\bar{x}_p$	м-т[2]	119	137	160	154	154	179	228	224	175	157	97	149	164	32
$\bar{x}_{pr}$	м-т[1]	128	137	161	161	169	207	245	240	181	163	106	159	174	35
σ_{n-1}^{f}	факт	30	24	27	29	36	42	51	53	41	36	34	38	35	9
σ_{n-1}^{p}	м-т[2]	янв.	фев.	март	апр.	май	июнь	июль	авг.	сен.	окт.	нояб.	дек.		
σ_{n-1}^{pr}	м-т[1]	138	162	200	197	222	265	321	300	223	193	187	217	217	54

Таблица 2.6 - Коэффициенты корреляции числа проданных авиабилетов в компании «Уральские авиалинии» между месяцами

	янв.	**фев.**	**март**	**апр.**	**май**	**июнь**	**июль**	**авг.**	**сен.**	**окт.**	**нояб.**	**дек.**	$\overline{x}$	σ_{n-1}
янв.	1	0,93	0,66	0,83	0,72	0,75	0,71	0,84	0,82	0,80	0,38	0,73	0,82	0,15
фев.	0,93	1	0,87	0,97	0,92	0,94	0,91	0,96	0,93	0,87	0,57	0,85	0,97	0,11
март	0,66	0,87	1	0,94	0,93	0,97	0,93	0,94	0,94	0,88	0,86	0,94	0,98	0,08
апр.	0,83	0,97	0,94	1	0,97	0,98	0,97	1,00	0,98	0,93	0,71	0,95	1,00	0,08
май	0,72	0,92	0,93	0,97	1	0,98	1,00	0,96	0,91	0,83	0,65	0,94	0,97	0,11
июнь	0,75	0,94	0,97	0,98	0,98	1	0,98	0,97	0,94	0,88	0,72	0,96	0,99	0,08
июль	0,71	0,91	0,93	0,97	1,00	0,98	1	0,96	0,96	0,85	0,68	0,92	0,98	0,11
авг.	0,84	0,96	0,94	1,00	0,96	0,97	0,96	1	0,99	0,95	0,74	0,96	0,99	0,07
сен.	0,82	0,93	0,94	0,98	0,91	0,96	0,96	0,99	1	0,98	0,81	0,97	1,0	0,07
окт.	0,80	0,87	0,88	0,93	0,83	1,00	0,85	0,95	0,98	1	0,83	0,92	0,98	0,07
нояб.	0,38	0,57	0,86	0,71	0,65	0,99	0,68	0,74	0,81	0,83	1	0,88	0,81	0,17
дек.	0,73	0,85	0,94	0,95	0,94	0,96	0,92	0,96	0,97	0,92	0,88	1	0,98	0,08

Таблица 2.7 - Рассчитанные значения ошибок прогноза

	ошибка прогн. в %	**янв.**	**фев.**	**март**	**апр.**	**май**	**июнь**	**июль**	**авг.**	**сен.**	**окт.**	**нояб.**	**дек.**	$\overline{x}$	σ_{n-1}
2013	**м-д [2]**	19.3	9.8	6.2	9.6	21.4	25.9	7.0	1.1	0.14	3.6	11.7	22.3	12.0	8.4
	нов.м-д	4.3	2.2	4.4	0.2	6.3	4.3	6.5	0.0	0.8	4.3	1.1	2.6	3.4	2.1
2014	**м-д [2]**	9.0	2.1	10.5	4.4	8.6	17.0	12.6	22.6	24.5	12.7	7.3	1.5	11.1	7.3
	нов.м-д	2.7	3.1	1.9	1.2	3.9	5.6	4.1	0.0	3.8	6.0	4.0	2.2	3.5	1.5
2015	**м-д 2]**	1.7	4.3	2.4	4.8	5.6	12.9	6.0	2.8	4.9	9.2	6.6	7.2	5.5	2.9
	нов.м-д	5.0	2.4	1.3	1.3	2.1	3.0	3.4	0.0	1.3	4.5	4.4	4.7	3.0	1.4
2016	**м-д [2]**	7.1	3.4	1.2	3.4	6.0	1.1	9.4	2.7	3.3	0.5	3.4	3.1	3.7	2.6
	нов.м-д	6.3	3.6	0.7	1.0	2.4	2.7	1.2	0.0	3.8	3.7	6.7	3.1	3.2	2.0
2017	**м-д [2]**	1.8	3.8	2.1	3.7	1.4	10.8	1.7	1.1	4.8	7.4	4.7	3.5	5.5	5.6
	нов.м-д	3.9	4.5	7.2	3.5	0.3	2.9	1.9	0.0	3.1	5.0	5.3	1.8	3.6	1.9
$\overline{x}_p$	**м-д [2]**	7.8	4.7	4.5	5.2	8.6	13.5	7.3	6.1	7.5	6.7	6.7	7.5	**7.6**	**3.7**
$\overline{x}_{pr}$	**нов.м-д**	4.4	3.2	3.1	1.4	3.0	3.7	3.4	0.0	2.6	4.7	4.3	2.9	**3.3**	**0.9**
σ_{n-1}^{p}	**м-д [2]**	7.2	3.0	3.9	2.5	7.6	9.0	4.1	9.3	9.7	4.8	3.2	8.5	5.8	2.8
σ_{n-1}^{pr}	**нов.м-д**	1.3	0.9	2.7	1.2	2.2	1.2	2.1	0.0	1.4	0.9	2.1	1.1	1.6	0.6

Применение разработанной модели заметно улучшил качество прогноза, что достаточно наглядно видно из Таблиц 2.6 и 2.7. В Таблице 2.7 приведены рассчитанные значения ошибок прогноза (графа «м-т[2]» выраженные в процентах, которые вычислялись по достаточно естественной формуле |(план-факт)| / (факт) [2,16].

Расчеты производились для каждого месяца каждого из пяти лет (2013 - 2017).

Как видно из приведенных данных, ошибка прогноза в течение первых двух-трех лет составляла достаточно заметную величину, достигая порой значений, превосходящих 20%. Наименее удачным был прогноз, касающийся января, мая, июня, декабря 2013г., а также августа, сентября 2014г. В тоже время прогноз по ряду месяцев оказывался удивительно точным, ошибка прогноза при этом составляла всего лишь несколько процентов. Например, август-13, сентябрь-13, февраль-14, декабрь-14, март-16, июнь-16, октябрь-16, май-17, август-17 и ряд других.

Однако, ни то, что в ряде случаев прогноз оказался слишком грубым, ни то, что в ряде других случаев этот прогноз оказался 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 [89].

Гораздо более информативным является рассмотрение полученных оценок с позиций их статистических характеристик [2,4]. Рассмотрим их несколько подробнее.

В Таблицах 2.5 и 2.7 приведены средние значения числа проданных авиабилетов за каждый год (столбец $\bar{x}$ в Таблице 2.5) и за каждый месяц (строчки $\bar{x}_p$ и $\bar{x}_f$ в Таблице 2.7), а также средние значения ошибок прогноза по годам (столбец $\bar{x}$ в Таблице 2.5) и месяцам (строчка $\bar{x}_p$ в Таблице 2.7).

Как видно из приведенных данных, минимальное среднее за год значение ошибки прогноза имело место в 2016г. Оно составляло 3.7% Максимальная

ошибка наблюдалась в 2013г.- 12.0%. По стандартной методике лучше всего прогнозируется март (ошибка - 4.5%), хуже всего - июнь, ошибка прогноза - 13.5%. Средняя ошибка прогноза за 60 месяцев составила 7.6%.

Качественно иной взгляд на рассмотренные числа дают среднеквадратические отклонения прогнозных величин [11]. В Таблицах 2.5 и 2.7 приведены несмещенные оценки всех рассматриваемых показателей (столбцы и строчки с индексами σ_{n-1}^{p}, σ_{n-1}^{f}, σ_{n-1}).

Если рассмотреть прогноз с учетом этих оценок, то худший прогноз по критерию минимума математического ожидания, каковым являлся 2013г., должен быть оценен практически, как бесполезный. Приведенные данные показывают, что разработанная методика для этого года обеспечивает, что с вероятностью 0.9 прогнозируемая величина будет находиться в интервале от 0 до 25% от истинного значения. Для 2016 года - года наилучшего прогноза аналогичный интервал примерно равен 10%.

Общая оценка предложенной методики может быть вынесена по результатам усреднения за 5 лет, т.е. за 60 месяцев. С вероятностью 0.9 прогнозируемая величина лежит в интервале $7.6\% \pm 5.5\%$.

2.3. Прогноз отправки авиапасажиров

Разработанная методика может быть использована для вычисления корреляционных связей между каждой парой месяцев в течение года. Результаты расчетов представлены в Таблицах 2.8 и 2.9. Что обращает на себя внимание? Это то, что по-прежнему между показателями по отправкам пассажиров в отдельные месяцы налицо практически идеальная линейная взаимосвязь, о чем

свидетельствуют тот факт, что значения соответствующих корреляционных коэффициентов близки к 1.

Что касается средне квадратичной ошибки она в целом осталась неизменной со значением 0,055. Приведенная таблица дает возможность выделить пары месяцев с очень сильной взаимной коррелированностью.

Таблица 2.8 - Отправка авиапассажиров (относительные показатели)

		янв.	**фев.**	**март**	**апр.**	**май**	**июнь**	**июль**	**авг.**	**сен.**	**окт.**	**нояб.**	**дек.**	$\bar{x}$	σ_{n-1}
1993	факт	92,7	109,6	131,7	124,0	131,7	153,9	167,5	178,9	137,3	115,2	108,9	121,3	131,0	25,2
	м-т[2]	105,8	107,4	127,1	120,1	128,3	132,2	165,6	179,7	134,6	114,7	101,6	106,8	127,0	24,2
	м-т[1]	95,8	104,4	122,3	120,2	127,1	138,2	161,3	178,9	140,2	118,8	109,1	121,3	128,4	23,7
1994	факт	88,5	86,4	98,1	104,3	100,7	122,6	143,1	166,1	136,3	124,4	111,5	117,6	115,6	22,8
	м-т[2]	86,5	88,2	104,5	104,3	104,6	126,4	134,0	144,7	118,9	107,2	106,7	113,5	111,5	17,2
	м-т[1]	88,5	89,4	108,2	104,4	104,6	125,8	146,8	166,1	131,8	116,3	113,8	115,3	117,5	22,4
1995	факт	92,9	92,3	103,5	106,4	102,6	123,8	141,8	166,6	134,6	115,4	99,5	103,8	115,3	22,4
	м-т[2]	87,2	81,9	97,6	106,2	104,1	123,5	136,5	157,7	132,5	121,3	104,7	110,1	113,6	21,7
	м-т[1]	88,8	94,1	108,8	108,9	109,3	130,5	147,4	166,6	132,3	114,6	103,6	110,6	116,5	20,4
1996	факт	80,8	82,2	93,8	95,7	92,9	110,2	125,6	147,1	115,2	97,7	86,8	109,1	101,6	19,6
	м-т[2]	79,7	82,5	92,2	96,0	93,1	108,3	125,5	148,6	119,1	100,3	86,8	88,2	101,7	20,4
	м-т[1]	78,8	82,1	91,7	95,8	92,1	110,0	125,4	147,6	116,9	99,2	86,5	110,3	101,9	19,1
1997	факт	70,9	72,8	81,8	84,8	82,9	104,3	122,9	142,1	114,3	99,6	89,1	90,9	96,3	21,4
	м-т[2]	68,9	72,5	83,2	88,2	83,7	100,9	118,3	139,4	113,7	91,5	83,9	88,8	82,3	20,4
	м-т[1]	74,9	73,6	82,0	86,5	82,2	101,8	120,0	142,1	114,3	99,5	87,5	89,1	96,1	20,1
$\bar{x}_f$	факт	85,1	88,7	101,8	103,1	102,1	123,0	140,1	160,1	127,5	110,5	99,4	104,9	112,2	21,8
$\bar{x}_p$	м-т[2]	85,7	85,8	100,8	103,0	102,8	118,2	136,0	154,0	123,8	107,0	96,7	101,5	109,7	20,2
$\bar{x}_{pr}$	м-т[1]	85,1	88,7	101,7	103,1	102,1	122,9	139,7	160,1	127,5	110,5	99,4	104,9	112,2	21,7

Таблица 2.9 - Коэффициенты корреляции (отправка авиапассажиров)

	январь	**февраль**	**март**	**апрель**	**май**	**июнь**	**июль**	**август**	**сентябрь**	**октябрь**	**ноябрь**	**декабрь**
январь	1,00	0,82	0,76	0,86	0,76	0,75	0,78	0,89	0,88	0,63	0,74	0,75
февраль	0,82	1,00	0,96	0,96	0,96	0,95	0,93	0,90	0,75	0,52	0,52	0,61
март	0,76	0,96	1,00	0,95	0,97	0,95	0,93	0,87	0,71	0,47	0,64	0,75
апрель	0,86	0,96	0,95	1,00	0,95	0,95	0,94	0,93	0,81	0,62	0,74	0,83
май	0,76	0,96	0,97	0,95	1,00	0,96	0,95	0,89	0,74	0,52	0,69	0,80
июнь	0,75	0,95	0,95	0,95	0,96	1,00	0,96	0,90	0,76	0,56	0,73	9,52
июль	0,78	0,93	0,93	0,94	0,95	0,96	1,00	0,93	0,82	0,47	0,77	0,88
август	0,89	0,90	0,87	0,93	0,89	0,90	0,93	1,00	0,92	0,78	0,86	0,90
сент.	0,88	0,75	0,71	0,81	0,74	0,76	0,82	0,92	1,00	0,91	0,92	0,90
октябрь	0,63	0,52	0,47	0,62	0,52	0,56	0,47	0,78	0,91	1,00	0,93	0,85
ноябрь	0,74	0,52	0,64	0,74	0,69	0,73	0,77	0,86	0,92	0,93	1,00	0,95
декабрь	0,75	0,61	0,75	0,83	0,80	0,83	0,88	0,88	0,90	0,85	0,95	1,00
$\overline{\rho}$	0,78	0,80	0,81	0,87	0,83	0,84	0,85	0,89	0,83	0,64	0,77	0,82
σ_{n-1}^{ρ}	0,07	0,16	0,15	0,10	0,14	0,12	0,14	0,04	0,07	0,16	0,13	0,09

Анализ приведенных данных показывает наличие пар месяцев, оказывающимися как сильно, так и слабо между собой связанными [100].

К первой группе можно отнести август (средний коэффициент корреляции равен 0,93) и апрель с этим же показателем равным 0,92. При этом, что очень важно, средне квадратичное отклонение этого параметра в обоих случаях крайне мало и не превосходит значение 0,042.

Что касается второй группы пар, то здесь выделяются пары, в каждой из которых присутствует октябрь, его «партнерами» выступали июль и март (коэффициент корреляции меньше 0,5), а также февраль и май (коэффициент корреляции чуть больше 0,5).

Как видно из таблицы 2.9, опираясь на знание истинных показателей, имевших место в такие месяцы, как август или апрель, можно строить достаточно удачный прогноз по ожидаемым продажам авиабилетов в другие 10 месяцев года. Пары месяцев, имеющих сильную корреляционную взаимосвязь по числу отправленных авиапассажиров, представлены в таблице 2.10.

Таблица 2.10 - Месяцы, за которые число отправленных авиапассажиров очень сильно коррелированы между собой (ρ≥0,95).

	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**

Пары месяцев с очень высокой степенью корреляции дают возможность выявлять как общие причины, так и отдельные факторы, определяющие успехи работы авиакомпании. Для этого необходимо в Таблицах 2.6 и 2.9 найти одинаковые пары месяцев. Сравнение названных Таблиц определило 18 таких групп, которые представлены в Таблице 2.10.

Данные, представленные в Таблице 2.10, наглядно демонстрируют наличие очень глубоких причинных связей между двумя рассматриваемыми случайными процессами. Таблица 2.10 убедительно показывает, что для последующих расчетов и построении прогноза целесообразно, опираясь на формулу (3.19), использовать данные, относящиеся к фактическим результатам, имевшим место в августе месяце.

В графе «прогноз» Таблицы 2.11 представлены соответствующие расчетные данные. Здесь следует обратить внимание на существенное уменьшение значения средне квадратичного отклонения, что является лучшей характеристикой устойчивости прогнозируемых величин [109, 115].

Таблица 2.11 - Месяцы с высокими взаимными корреляционными связями

	Пары месяцев	К.к. пассажир	К.к. ав билет.	Средний К.к
1	февраль-апрель	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	апрель-август	1,00	0,96	0,980
7	сентябрь-ноябрь	1,00	0,95	0,975
8	октябрь-ноябрь	0,99	0,96	0,975
9	апрель-май	0,96	0,98	0,970
10	апрель-июнь	0,97	0,97	0,970
11	август-сентябрь	0,99	0,95	0,970
12	февраль-июнь	0,95	0,98	0,965
13	июль-август	0,96	0,96	0,960
14	сентябрь-октябрь	0,98	0,94	0,960
15	сентябрь-декабрь	0,99	0,93	0,960
16	февраль-август	0,97	0,93	0,950
17	июль-август	0,97	0,93	0,950
18	август-декабрь	0,96	0,93	0,945

Разработанный выше метод был использован для проведения соответствующего прогностического анализа. Расчетные ошибки прогноза размещены в графе «новый метод» Таблицы 2.7, наглядно демонстрирующие имеющее место повышение точности прогноза. Наиболее это ярко видно на примере прогноза, относящегося к 1997 г., когда ошибка прогноза уменьшилась более, чем в полтора раза. Еще более эффектно этот выигрыш просматривается при сравнении по усреднённым значениям за 5 лет.

Сведения, приведенные в Таблице 2.7, показывают, 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 средне квадратичной ошибки. Итак, можно записать, оценки прогноза числа отправляемых авиапассажиров при использовании детерминистской модели составит 3.8% ± 2.0%, а при использовании предлагаемой будет - 3.9% ± 1.6%.

Как видно, оба прогноза дали примерно одинаковые значения. 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 этого показателя по сравнению с детерминистской методикой [90]. Что касается прогноза по отправке авиапассажиров, то обе методики обеспечивают примерно одинаковую точность прогноза.

2.4. Прогноз среднего тарифа пассажирской отправки

Средний тариф единицы отправки оценивался с учетом себестоимости

перевозок и прогноза ее изменения в планируемом периоде. Оценка стоимости отдельных составляющих перевозок - ГСМ, амортизации воздушных судов, стоимости услуг по обеспечению полетов производилась с учетом тенденций их изменения в мировой практике [114].

Принятая величина рентабельности перевозок из условий их развития составляла при этом неизменную величину - 10% по всем годам прогнозируемого периода. Оценка среднего тарифа производилась отдельно по различным направлениям перевозок, сложившимися на сегодня (Север, Юг, Сибирь, Дальний Восток и т.д.), средняя дальность отправок в которых зафиксирована.

Оценка изменения себестоимости производилась по данным авиакомпании «Авиационные линии Кубани» по самолету типа Ан-26, занимающему среднее положение по экономическим характеристикам (топливная эффективность и др.). При этом предполагалось, что объемы перевозок, приходящиеся на каждый из самолетов (Ан-24, Ан-26, Як-42, Л-410), в среднем одинаковы и составляют около 30%.

Одновременно с этим предполагалось, что стоимость основных составляющих себестоимости перевозок (авиатопливо, амортизация самолетов, аэропортовые и навигационные сборы) как главных компонент тарифов, в случае оптимистического прогноза ускоренными темпами приближается к мировым рыночным ценам, а в случае пессимистического прогноза, может оставаться частично регулируемой государством, так же, как и тарифы в целом [66, 74].

В случае эвристического прогноза, изменение указанных составлявших себестоимости предполагалось будет следовать сложившейся практике монотонного роста [17]. Прогнозы изменения среднего тарифа отправки из КАУ приведены в Таблице 2.12.

Таблица 2.12 - Прогноз среднего тарифа (с учетом багажной выручки) по «Авиационные линии Кубани» (млн. долларов).

Годы	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Оптим	40,7	71,8	95,0	125	150	172	198	218
Эврист	40,7	71,8	94	120	143	163	182	200
Пессим	40,7	71,8	93	115	132	147	160	170

2.5. Прогноз среднего процента комиссионных от продаж авиаперевозок

Процент комиссионных от продажи авиаперевозок в течение длительного предшествующего периода оставался стабильной величиной и находился в пределах 7 - 8%. Это определялось устойчивым экономическим положением авиапредприятия, несущественной ролью процесса продажи в перевозочном процессе в целом в условиях неудовлетворенного спроса на авиаперевозки, недостатком агентств и агентов. При этом процент комиссионных в отношениях авиакомпаний и агентств за рубежом был и остается высоким (10-12%) [113].

В условиях резкого увеличения количества агентств и фирм, пытающихся развить свой бизнес на рынке продаж авиаперевозок, надеяться на возможность роста комиссионных до уровня мировых величин в ближайший период не логично. Этому же препятствует неустойчивое экономическое положение авиакомпаний [63].

Именно поэтому бизнес-план оперирует двумя вариантами прогноза возможного изменения доли комиссионных от выручки за продажу.

1. Эвристический прогноз, основанный на незначительном снижении величины комиссионных по годам планируемого периода, в соответствии со статистикой последнего времени.

2. Пессимистический прогноз, учитывающий, что процент комиссионных может быть существенно снижен, в связи со стремительным ростом предложений по продаже перевозок, в том числе на условиях, более выгодных для авиакомпании [119].

Прогнозные оценки среднего процента комиссионных от продаж приведены в Таблицах 2.13.1 - 2.13.3.

Таблица 2.13.1 - Прогноз среднего процента комиссионных авиакомпании «Авиалинии Кубани» от продажи пассажирских авиаперевозок.

Годы	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**
Эврист.	7,35	6,87	7,22	7,20	7,00	6,80	6,60	6,40
Пессим	7,35	6,87	7,20	6,50	5,80	5,40	5,10	5,00

Таблица 2.13.2 - Прогноз денежного оборота от продажи авиаперевозок (выручка пассажирская и багажная) авиакомпании «Авиалинии Кубани» (млн. долларов США)

Годы	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**
Оптим.	240	388	503	650	810	963	1188	1417
Эврист.	240	388	489	624	729	815	892	960
Пессим	240	388	474	552	581	588	576	544

Таблица 2.13.3 - Прогноз доходов авиакомпании «Авиалинии Кубани» от продажи пассажирских авиаперевозок (млн. долларов США)

Годы	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**
Оптим	18.0	27,4	36,0	47,0	57,0	66,0	78,0	91,0
Эврист.	18,0	27,4	35,0	45,0	51,0	55,0	59,0	61,0
Пессим	18,0	27,4	34.2	36,0	34.1	31.8	29,4	27,2

2.6. Прогноз изменения численности работников и уровня оплаты труда

В соответствии с социально-экономической политикой государства авиакомпания «Авиационные линии Кубани» не планировала существенного сокращения численности рабочих мест и работников. Планировалось проведение линии на уменьшение числа работающих в объеме 4 - 7% в год. Вместе с тем, при неблагоприятном стечении обстоятельств возможно было сокращение численности работников вдвое (пессимистический прогноз).

Увеличение среднемесячной заработной платы как из фонда оплаты труда, так и из фонда потребления связывается с планируемой инфляцией роста цен на товары и услуги и на уровне 13 - 25% в год.

С учетом прогнозирования незначительного увеличения объема продаж авиабилетов к концу планируемого периода допускалось сокращение более чем на 7% некоторых категорий работников и перепрофилирование их на другие виды деятельности (регистрация пассажиров, работа, связанная с туризмом, страхованием, экономический анализ и статистика и др.).

Результаты прогноза приведены в Таблицах 2.14.1 и 2.14.2, где представлены 3 варианта прогнозных оценок.

Таблица 2.14.1 - Прогноз по численности работающих

Годы	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**
Оптим.	1792	1799	1750	1700	1650	1600	1550	1500
Эврист.	1792	1799	1700	1550	1400	1300	1250	1200
Пессим	1792	1799	1700	1550	1350	1180	1000	850

Таблица 2.14.2 - Прогноз по фонду оплаты труда (млн. долларов США)

Годы	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Оптим.	4,2	5,6	5,9	6,1	6,6	7,0	7,5	7,8
Эврист.	4,2	5,6	5,7	6,0	6,4	6,8	7,2	7,6
Пессим	4,2	5,6	5,7	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8

1.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.

2.0птимистический прогноз, предполагающий наименьший процент роста заработной платы (15% в год) и наименьшее сокращение численности (около 3% в год) при максимальных общих затратах на зарплату.

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

При этом 1-ый вариант прогноза предполагает «экономию» на «заработной плате» в объеме 25% по сравнению с оптимистическим вариантом и в объеме 23% по сравнению с эвристическим прогнозом.

При проведении в жизнь решений о численности работников необходимо было учитывать:

-избыточность персонала;

-расширение числа рабочих мест по новым развивающимся направлениям деятельности;

-повышение производительности труда;

-переквалификацию части работающих на новые направления деятельности (турбизнес, продажа международных и грузовых авиаперевозок, расширение услуг и т.д.);

-рост инфляции [118].

ВЫВОДЫ РАЗДЕЛА 2

1. На основании анализа имевших место в период 1996-2017 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 (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 не играют большой роли.

2. Сведения о годовых результатах, ежегодно представляемые всеми авиакомпаниями, однозначно свидетельствуют о наличии цикла взлет - стабильность – спад, что свидетельствует об определенной периодичности показателей авиакомпаний.

3. Статистика продаж пассажирских авиабилетов предшествующего

периода показывает хорошую коррелируемость их с объемами перевозок даже в нестабильных условиях деятельности. В изменившихся же условиях, борьба за самовыживаемость 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, не достаточную эффективность усилий по сохранению своего места и роли на рынке продаж перевозок.

3. Важную роль при построении прогнозов играет информация о взаимной корреляционной связи помесячного числа продаж авиабилетов. С этой целью рассматривались массивы числа продаж за период 2013-2017 гг. 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.

Наличие заметной помесячной корреляционной связи существенно повышает точность прогноза даже при заметных флуктуациях прогнозируемой величины. В отдельных случаях ошибка прогноза может уменьшится до 1-2%. Особенно это заметно при прогнозировании числа проданных авиабилетов в случае повышении тарифов.

При построение прогностических зависимостей основных показателей авиакомпании в случае повышения тарифов достаточно эффективным является

использование гиперболической зависимости, дающей возможность оценить прогноз прибыли авиакомпании при повышении тарифов с достоверностью не хуже 2 - 3%.

4.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.

- 0птимистический 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.

При этом 1-ый вариант прогноза предполагает «экономию» на «заработной плате» в объеме 25% по сравнению с оптимистическим вариантом и в объеме 23% по сравнению с эвристическим прогнозом.

При проведении в жизнь решений о численности работников необходимо было учитывать:

- изменение состава и численности персонала;

- расширение числа рабочих мест по новым развивающимся направлениям деятельности;

- повышение производительности труда;

- переквалификацию части работающих на новые направления деятельности (турбизнес, продажа международных и грузовых авиаперевозок, расширение услуг и т.д.);

- рост инфляции.

3. РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВИАКОМПАНИИ ДЛЯ НЕСТАБИЛЬНОГО ПЕРИОДА ЕЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

3.1. Постановка задачи

Задача прогнозирования результатов производства и сбыта производимых товаров (услуг) была есть и всегда будет относиться к одной из центральных проблем, требующих регулярного решения. Для авиакомпании, в конечном счете, оценка результатов ее деятельности напрямую связана с достоверностью прогноза перевозок пассажиров и грузов, количественным показателем которых выступают число проданных авиабилетов - N и масса перевезенного груза - M. Сложность прогноза усугубляется тем, что оба показателя в очень сильной степени зависят огромного числа самых разнообразных факторов, зачастую очень далеких от проблем авиакомпании и авиации – погода и время года, организация труда в авиакомпании и уровень заработной платы ее работников, спады и подъемы в отечественной экономике и, наконец, даже политическая обстановка в мире.

Одним из элементов, определяющих успех работы авиакомпании, является такой показатель как регулярность полетов, однозначно связанный с задержками времени вылета и прилета воздушного судна.

Причины таких задержек весьма разнообразны. Здесь можно выделить три группы причин. Во-первых, это объективные причины – погодные условия, во-вторых, различные технические причины (состояние воздушного судна, неприбытие самолета и т.п.). Третья группа причин – это различные и субъективные факторы, связанные с организацией работы в авиакомпанию [97].

Сегодня целевая функция любой авиакомпании сводится, в конечном счете, к получению максимальной прибыли при условии обеспечения на заданном уровне безопасности полетов и прочих ограничений, накладываемых государственными и международными требованиями. Реализация этой задачи требует наличия качественного прогноза числа продаваемых авиабилетов и количества перевозимых пассажиров и грузов [106].

Используемые в настоящее время методы прогноза оценок числа перевозимых авиапассажиров и грузов сводятся к определению названных величин, опираясь на аналогичные показатели предыдущих лет. Как правило, такие прогнозы сводятся к определению соответствующих математических ожиданий. В стороне расчетов остается прогноз дисперсий и радиусов корреляций. Знание этих величин дало бы возможность существенно улучшить точность прогноза [98].

Естественно, что прорыв в вопросе повышения точности прогноза может осуществить, только опираясь на нахождении и использовании в дальнейшем соответствующих плотностей распределения вероятностей (ПРВ) прогнозируемых величин

Сказанное дает возможность перейти к разработке адекватных статистических моделей, которые дадут возможность провести оценки экономической эффективности более точного прогноза, которые будем проводить на трех показателях: количестве перевозимых авиапассажиров, числе продаваемых авиабилетов, а также задержке рейсов (время и число) [85].

При рассмотрении прогностических задач, связанных с авиакомпаниями, в подавляющем большинстве случае 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. [17,18]. Именно поэтому рабочим аппаратом соответствующих задач выступает математическая статистика и теория вероятностей [29].

Не вызывает сомнения тот факт, что любое из перечисленных событий зависит от громадного числа факторов и причин, среди которых можно назвать экономическое состояния региона и покупательная способность населения, климатические и погодные условия, культурные и хозяйственные связи с другими регионами, транспортное обеспечение и состояние автодорог, возрастной состав населения, время года и суток, месяц и день недели и т.д.

Ясно, что все причины, приводящие к этим событиям, независимы друг от друга и вполне допустимо считать, что вклад каждого из факторов в общем случае относительно невелик.

В рамках такого подхода вполне допустимо считать, что количественная оценка исследуемого события (время, количество, *кг*, деньги и т.д.) - представляет собой сумму большого числа малых слагаемых, порожденных отдельными факторами [28]. 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:

$$W(\xi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(\xi-\xi_0)^2}{\sigma^2}}, \qquad (3.1)$$

где σ - среднее квадратичное значение случайной величины ξ,

ξ_0 – математическое ожидание случайной величины ξ,

Таким образом, с высокой степенью точности можно утверждать, что количество перевозимых авиапассажиров и грузов, время задержки вылетов в месяц и код, в квартал и сутки и т.д. с неумолимостью подчиняется распределению, определяемому формулой (3.1) [38, 44].

3.2. Статистическая экономико-математическая модель прогноза для нестабильного периода экономического состояния авиакомпании

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 [37, 46, 50].

В случае малости временного интервала $\Delta t = t_2 - t_1$, искомую задачу решает двумерная плотность распределения вероятностей $W(x_1, x_2)$. При этом одномерные плотности $W(x_1)$ и $W(x_2)$ представляют собой одномерные нормальные законы, а поэтому образованная на их базе двумерная плотность $W(x_1, x_2)$ является классическим двумерным Гауссовым законом [40]:

$$W(x_1, x_2) = \frac{1}{2\pi\sigma_1\sigma_2\sqrt{1-\rho^2}} \exp\left\{-\frac{1}{2(1-\rho^2)}\left[\frac{(x_1 - x_{01})^2}{\sigma_1^2} - 2\rho\frac{(x_1 - x_{01})(x_2 - x_{02})}{\sigma_1\sigma_2} + \frac{(x_2 - x_{02})^2}{\sigma_2^2}\right]\right\} \quad (3.2)$$

где $\begin{cases} x_{01} = x_0(t_1) \\ x_{02} = x_0(t_2) \\ \sigma_1 = \sigma(t_1) \\ \sigma_2 = \sigma(t_2) \end{cases}$

ρ - коэффициент корреляции между значениями $x(t_1) = x_1$ и $x(t_2) = x_2$.

Теорему Байеса, которую будем использовать для дальнейших рассуждений, запишем следующим образом:

$$W(x_1, x_2) = W(x_1|x_2)W(x_2) = W(x_2|x_1)W(x_1), \quad (3.3)$$

где $W(x_1|x_2)$, $W(x_2|x_1)$ - условные плотности распределения вероятностей.

Равенство (1.3) дает возможность записать выражение для искомой апостериорной плотности распределения вероятностей в виде:

$$W(x_2|x_1) = \frac{W(x_1, x_2)}{W(x_1)}. \quad (3.4)$$

Здесь следует обратить особое внимание на то, что вследствие принципиального отличия функции $W(x_2|x_1)$ (и по смыслу, и по назначению) от одномерной плотности распределения, каковой является функция $W(x_2)$, их числовые характеристики (дисперсия и математическое ожидание) будут существенно отличаться друг от друга [50, 52]. Обозначим эти характеристик для функции $W(x_2)$ как σ_2 и x_{02} соответственно.

В этом случае выражение для математического ожидания x_{002} будет иметь вид:

$$x_{002} = \int_{-\infty}^{\infty} x_2 W(x_2|x_1)dx_2 = \int_{-\infty}^{\infty} x_2 \frac{W(x_1,x_2)}{W(x_1)}dx_2 = \frac{1}{W(x_1)}\int_{-\infty}^{\infty} x_2 W(x_1|x_2)dx_2 . \quad (3.5)$$

Представим в явном виде выражение для $W(x_2|x_1)$, опираясь на формулу (3.2). Одномерная плотность распределения $W(x_1)$ очевидно будет равна:

$$W(x_1) = \int_{-\infty}^{\infty} W(x_1,x_2)dx_2 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_1}\exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2}(x_1 - x_{10})^2\right\}. \quad (3.6)$$

Из соотношения (3.4) будем иметь:

$$W(x_2|x_1) = C\exp\left\{-\frac{1}{2\sqrt{1-\rho^2}}\left[\frac{(x_2 - x_{02})^2}{\sigma_2^2} - 2\rho\frac{(x_1 - x_{01})(x_2 - x_{02})}{\sigma_1\sigma_2}\right]\right\}, \quad (3.7)$$

где C – постоянная интегрирования (по отношению к переменной x_2), значение и смысл которой будет изложен ниже.

Поскольку переменная x_2 в выражении (3.7) фигурирует только в показателе экспоненты и носит квадратичный характер, то, следовательно, искомая плотность распределения вероятности представляет собой закон Гаусса [65].

Преобразуем выражение (3.7) следующим образом:

$$W(x_2|x_1) = C_1 \exp\left\{-\frac{1}{2(1-\rho^2)}\left[\frac{x_2 - x_{02}}{\sigma_2} - \rho\frac{x_1 - x_{01}}{\sigma_1}\right]^2\right\} =$$

$$= C_1 \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma_2^2(1-\rho^2)}\left[x_2 - x_{02} - \rho\frac{\sigma_2}{\sigma_1}(x_1 - x_{01})\right]^2\right\} = \quad (3.8)$$

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

Константа C_1, входящая в формулу (3.8), может быть легко получена путем сравнения со стандартным представлением закона Гаусса.

Из (3.8) можно сразу получить явное представления для математического ожидания случайной величины x_2:

$$x_{002} = x_{02} + \rho\frac{\sigma_2}{\sigma_1}(x_1 - x_{01}) \quad (3.9)$$

Таким образом, формула (3.9) дает возможность по знанию случайной величины в момент времени t_1 провести корректировку прогноза на момент t_2

Таким образом, при прогнозе вместо x_{02} необходимо использовать уточненную величину x_{002}.

Как видно из формулы (3.9), решающую роль при корректировке прогноза играет степень коррелированности, т.е. радиус корреляции ρ исследуемого процесса, причем с учетом его знака, при равенстве нулю которого корректировка не требуется [52, 54].

Из соотношения (3.9) наглядно видно влияние средних квадратичных значений σ_1 и σ_2 на математическое ожидание прогнозируемой величины.

Особо следует обратить внимание на функциональную зависимость корректирующего слагаемого от значения средне квадратичного отклонения σ_1^2 Названная взаимосвязь показывает, что даже при практически полном отсутствии корреляционной связи корректирующее слагаемое увеличивается

при росте значения σ_2^2 и достигает достаточно больших значений при большом значении средне квадратичного отклонения.

Следует обратить внимание, что при наличии сильной корреляционной связи даже большом значении средне квадратичного отклонения σ_1^2 корректировку можно избежать.

Если σ_1^2 мало, корректировка может быть весьма заметна.

Следует обратить внимание, что корректировка прогноза в сильной степени зависит от точности проведенного прогноза на момент времени t_1, т.е. отличие спрогнозированного значения x_{01} от его истинного значения x_1.

Иными словами, чем более достоверным был проведен прогноз, тем корректирующее слагаемое будет меньше, т.е. тем меньше x_{002} и x_{02} отличаются между собой.

Оценим как и что влияют на средне квадратичное значение прогнозируемой величины (дисперсии - σ_{2n}^2):

$$\sigma_{2n}^2 = \overline{x_2^2} - \left(\overline{x}\right)^2 = \overline{x_2^2} - x_{002}^2, \tag{3.10}$$

где:

$$\overline{x_2^2} = \int_{-\infty}^{\infty} x_2^2 W\left(x_2 \middle| x_1\right) dx_2 \tag{3.11}$$

Использование соотношений (3.9) - (3.11) открывает путь к представлению значения среднего квадратичного отклонения исследуемой величины следующим образом:

$$\sigma_{2n} = \sigma_2 \sqrt{1-\rho^2} \tag{3.12}$$

Формула (3.12) однозначно свидетельствует, что, каков бы ни был коэффициент корреляции ($\rho \neq 0$), имеет место повышение точности прогноза, что является следствием уменьшения значения дисперсии [21].

Данные, приведенные в Таблице 3.1, иллюстрирует количественную связь между коэффициентом корреляции ρ и степенью повышением достоверности

прогноза - $k = 1 - (\sigma_{2n} / \sigma_2)$, выраженного в процентах, т.е.:

Таблица 3.1 - Повышение точности прогноза

ρ	0,00	0,10	0,20	0.30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
k ,%	0,00	0,50	2,02	4,61	8,35	13,4	20,0	28,6	40,0	63,6	100

Как видно, влияние значения коэффициента корреляции на точность прогноза реально начинает проявлять себя при $\rho \geq 0{,}4 - 0{,}45$ [99].

Рисунок 3.1 – Зависимость точности прогноза от радиуса корреляции

3.3. Проверка гипотезы о Гауссовом распределении событий авиакомпаний

Практика показывает, что для абсолютного большинства названных в предыдущем параграфе, так называемых событий авиакомпаний, куда в рамках данной работы относятся: число проданных авиабилетов, масса перевезенного груза, количество и время задержек времени вылета и прилета воздушного судна

и т.п. Для количественных характеристик перечисленных случайных событий, как было показано в разделе 3.2, в соответствии с центральной предельной теоремой, характерно нормальное распределение [50].

Рассмотрим особенности, связанные с проверкой гипотезы о Гауссовом распределении количественных характеристик событий, происходящих в авиакомпаниях.

Для обоснования гипотезы о том, 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 [68].

Итак, основное предположение – плотностью распределения рассматриваемой случайной величины – X является закон Гаусса –$F_1(x)$. Основная задача состоит в том, чтобы дать ответ на вопросы:

Функция распределения исследуемой случайной X представляет собой Гауссов закон - $F_1(x)$?

Статистические законы исследуемой случайной величина X не подчиняется закону Гаусса (альтернативная гипотеза)?

Центральной является задача, которая должна дать ответ на вопрос: «Подчиняются ли имеющийся массив данных – X нормальному закону $F_1(x)$?». С этой целью набор экспериментальных данных количеством N размещается внутри r интервалов одинаковой длины $h=N/r$. Высота прямоугольника, опирающегося на этот интервал, выбирается равной числу попавших в интервал исследуемых данных [42, 43]. В этом случае в каждом из интервалов плотность точек будет определяться равенством:

$$\frac{p_i^*}{h} = \frac{\nu_i}{nh}, \quad i = \overline{1,r}, \tag{3.13}$$

где ν_i - число точек в i-ом интервале из общего массива данных,

$p_i^* / h = \nu_i / nh$ - относительная частота.

Для проверки соответствия статистических закономерностей известным в теории плотностям распределения вероятностей целесообразно выбрать, так называемый критерий χ^2, дающий возможность количественно оценивать правомерность использования того или иного закона распределения [27]. Количественной мерой в этих случаях выступает следующая величина:

$$\chi^2 = N\sum_{i=1}^{r}\frac{\left(p_i^* - p_i\right)^2}{p_i} = \sum_{i=1}^{r}\frac{\left(\nu_i - Np_i\right)}{Np_i} = \sum_{i=1}^{r}\frac{\nu_i^2}{Np_i} - N, \qquad (3.14)$$

p_i^* - относительная частота,

p_i - вероятность попадания случайной величины *X* в *i*-й интервал.

Своего рода универсальность такому подходу придает тот факт, что с ростом объема выборки плотность распределения случайной величины χ^2 с увеличением количества элементов в выборке стремится к универсальному распределению, имеющем *k*=*r*-*s*-1 степеней свободы, где s – определяется при помощи специальных стандартных таблиц [36].

Сказанное открывает путь для возможности использования критерия χ^2 для сравнения предполагаемого распределения с экспериментальными данными [26].

Таким образом, алгоритм проведения сравнения по критерию χ^2 сводится к следующим операциям:

1. Определение значения числа χ^2.

2. Определение параметра *k*=*r*-*s*-1, т.е. числа степеней свободы.

3. Выбор, опираясь на поставленные цели и задачи, уровня значимости α (обычно и чаще всего параметр α принимают равным 0,01 или 0,05).

4. Определение, опираясь на численные значения раннее найденных параметров *k* и α, при помощи специальных стандартных таблиц, искомое

значение параметра $\chi^2_{k;\alpha}$ при помощи следующего соотношения

$$P\left(\chi^2 > \chi^2_{k;\alpha}\right) = \int_{\chi^2_{k;\alpha}}^{\infty} p_1\left(\chi^2\right) d\chi^2 = 1 - F_1\left(\chi^2_{k;\alpha}\right) \tag{3.15}$$

5. Возможны ситуации $\chi^2 > \chi^2_{k;\alpha}$ или $\chi^2 < \chi^2_{k;\alpha}$.

В первом случае считается, что предлагаемая плотность распределения плохо согласуется с фактическим на уровне α.

Во втором случае считается хорошо согласованным на том же уровне α.

Найдем выборочные среднее m_x^* и дисперсию D_x^*:

$$m_x^* = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{r} a_i \nu_i = \sum_{i=1}^{r} a_i p_i^* \tag{3.16}$$

$$D_x^* = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{r} a_i^2 \nu_i - \left(m_x^*\right)^2 = \sum_{i=1}^{r} a_i^2 p_i^* - \left(m_x^*\right)^2, \tag{3.17}$$

где r - число интервалов группировки; a_i - середины интервалов [115].

Для построения требуемого прогноза числа проданных авиабилетов необходимо быть уверенным в обоснованности выбора соответствующей плотности распределения вероятностей. Наша основная гипотеза сводится, что таковой является Гауссов закон. Используем сведения, представленные в Таблице 3.1.

Для придания общности и симметрии приводимых в дальнейшем преобразований разобьем предельное значение прогнозируемой величины (в частности, число проданных авиабилетов) на 5 интервалов длиной $l=N/5$. В этом случае первый интервал будет иметь границы [0, $N/5$], второй - [$N/5+1$, $2N/5$], третий - [$2N/5+1$, $3N/5$] и т.д. Введем обозначение $N/5=q$. В этом случае интервалы будут записываться в виде [0, q], [$q+1$, $2q$], [$2q+1$, $3q$] и т.д.

Для определенности примем $N=500$. В этом случае $q=100$. Для придания симметрии начало отсчета переместим в середину. В этом случае границы первого интервала будут [-250, -150), второго - [-150, -50), третьего - [-50, 50), четвертого - [50, 150), пятого - [150, 250].

Это дает возможность определить относительные частоты попадания в интервалы разбиения, что представлено в Таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Относительные частоты попадания в интервалы разбиения (меры расхождения)

h_i	-250...-150	-150...-50	-50...50	50...150	150...250
p_i	0.0831	0.2822	0.3808	0.2021	0.0513

Соотношения (3.15) и (3.16) дают возможность заменить в формуле (3.18) теоретические значения параметров и другими величинами и (выборочные значения), которые можно найти из названных соотношений.

$$\begin{cases} m_x^* = \sum_{i=1}^{5} a_i p_i^* = -200 \cdot 0.1 - 100 \cdot 0.26 - 0 \cdot 4 + 100 \cdot 0.2 + 200 \cdot 0.04 = -18 \\ D_x^* = \sum_{i=1}^{5} a_i^2 p_i^* - \left(m_x^*\right)^2 = 4000 \cdot 0.1 + 10000 \cdot 0.26 + 10000 \cdot 0.2 + 40000 \cdot 0.04 - \\ -3.24 = 9876 \\ \sigma_x^* = \sqrt{D_x^*} = \sqrt{9876} = 99.3 \end{cases} \quad (3.18)$$

где a_i - середины интервалов: -200, -100, 0, 100, 200.

Таким образом, искомая плотность распределения будет иметь вид (3.19):

$$\hat{p}_1(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}\right\} = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot 99.3} \exp\left\{-\frac{(x+1.8)^2}{2 \cdot 98.76}\right\} \quad (3.19)$$

В этом случае мера расхождения (3.20) будет представлять собой следующую разность:

$$p_i = \Phi\left(\frac{x_{i+1} - m}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{x_i - m}{\sigma}\right), \quad (3.20)$$

где x_i, x_{i+1} - границы *i*-го интервала, а $\Phi(x)$ - табулированный интеграл Гаусса.

В качестве примера возьмем интервал (50...150), в этом случае получим (3.21):

$$p_4 = \Phi\left(\frac{150 + 18}{99.3}\right) + \Phi\left(\frac{50 + 18}{99.3}\right) \quad (3.21)$$

Таблица 3.3. содержит сведения о других интервалах *h*.

Таблица 3.3 - Меры расхождения

h_i	-250...-150	-150...-50	-50...50	50...150	150...250
p_i	0.0821	0.2818	0.3794	0.2012	0.0417

В итоге искомый параметр χ^2, т.е. расхождение, будет равен (3.22):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{5} \frac{(\nu_i - np_i)^2}{np_i} = 3.769 \qquad (3.22)$$

Поскольку проведено изменение обоих параметров в нормальном законе распределении, изменится число степеней свободы и станет равным k=5-1-2=2.

Используя специальные таблицы, содержащие процентные точки распределения случайной величины χ^2, $P\left[\chi_k^2 > \chi_{k;\alpha}^2\right] = \alpha$, для уровня α=0.01 и параметра k=2 при помощи специальных таблиц определяем, что $\chi_{k;\alpha}^2 = \chi_{k;0,01}^2 = 9{,}32$.

Поскольку χ^2=3,769< =9.32, предположение о нормальном законе числа реализованных авиабилетов можно на уровне значимости, равном 0,01, правомерно считать справедливым [53].

3.4. Прогноз загрузки воздушного суднапри повышении тарифов

Как видно, для относительно «спокойных» ситуаций на рынке авиационных услуг построение прогноза развития событий в общем не такая уж сложная задача. Можно смело использовать ту или иную методику прогностического расчета.

Однако, 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 [71].

Такие скачки заставляют искать новые методы и методики построения прогностических расчетов, поскольку от успешности этих расчетов, в конечном счете, зависит будущее любой авиакомпании.

Здесь следует обратить особое внимание на тот факт, что речь идет о принципиально новом моменте, когда при подходе к задачам реализуется переход от стационарных к сугубо нестационарным процессам.

Сказанное свидетельствует о наличии некоторой «оптимальной» (по критерию максимума прибыли) ставки повышения тарифов в условиях постоянных инфляционных процессов в стране, т.е., в конечном счете, речь идет о возможности прогнозирования пассажирских и грузовых загрузок рейсов с введением новых цен на авиационные услуги.

Каждая из действующих сегодня авиакомпаний имеет большой опыт, изменения своей политики, вызванной влиянием изменения тарифов на показатели ее работы.

Даже, несмотря на флуктуационный во времени характер, свойственный изменениям всех без исключения основных выходных характеристик деятельности авиакомпаний, в их временной зависимости четко просматривается своего рода периодичность, выражающая в смене подъемов на некоторый максимальный уровень N и последующих спадов за некоторое время на минимальный уровень N_0.

Анализ временных флуктуаций выходных параметров 8 авиакомпаний («ВИМ-Авиа», «Таймыр», «Уральские Авиалинии», «КрасАвиа», «Трансаэро», «ЮТэйр», «Северный ветер», «Сибирь»), имевших место за последние 20 лет, показал, что продолжительность времени стабилизации (T-t_1) существенно

больше длительности переходного процесса t_1, который, в свою очередь, существенно меньше периода самого цикла *T*.

При разработке прогноза узловое место отводится этапу стабилизации, имеющего место на временном интервале ($0<t<t_1$), где решающая, определяющая роль прогнозируемой характеристике.

Представим функцию $N(\xi)$ в виде Тейлоровского ряда (3.23) на безразмерном временном интервале $0<\xi<\xi_1=t_1/T<<1$:

$$N(\xi)=N(0)+N'(0)\xi+\frac{1}{2}N''(0)\xi^2+o(\xi^2). \qquad (3.23)$$

Поскольку $\xi<<1$, то в соотношении (3.23) можно ограничиться только линейным приближением. Это обосновывается тем, что для реальных фактических зависимостей функция $N(\xi)$ достаточно гладкая, а поэтому получи выражение (3.24):

$$n(\xi)=\frac{N(\xi)}{N}=\frac{N_0}{N}\left[1-\left(1-\frac{N_1}{N}\cdot\frac{N}{N_0}\right)\frac{\xi}{\xi_1}\right]=q_0\left[1-\left(1-\frac{q_1}{q_0}\right)\frac{\xi}{\xi_1}\right]. \qquad (3.24)$$

Соотношение (3.24) является узловым при решении задачи об определении изменении предполагаемой прибыли, которая связана с изменением тарифов. Формула (3.24) будет «работать», если будет возможность уметь грамотно строить прогноз трех параметров:

- t_1 -продолжительность переходного этапа

- $q_1=N_1/N$ - относительное *изменение загрузки* воздушного судна;

- $q_0=N_0/N$, т.е. относительное *снижение загрузки* воздушного судна.

Таким образом, знание перечисленных выше трех величин и число рейсов, выполненных за период *T* дает возможность спрогнозировать прибыль, которую получит авиакомпания после повышения тарифов.

3.5. Прогноз прибыли авиакомпании при повышении тарифов

Рассмотрим задачу оценки прибыли $P(T)$, которую может получить авиакомпания за период времени T, которая возникает при повышении тарифов.

Прогноз этой оценки будет опираться на следующие базовые показатели, относящиеся к j-ому рейсу: загрузка - Z_j, затраты на его выполнение C_j и стоимость авиауслуги (авиабилета) [61].

Очевидно, что оценка прибыли авиакомпании p_j после выполнения ее j-ого рейса может быть определена из следующего соотношения (3.25):

$$p_j = BZ_j - C_j. \qquad (3.25)$$

На первом рассматриваемом этапе за время $(T - t_1)$, т.е. до того момента, когда произошло повышение тарифа, загрузка, очевидно, была пропорциональна следующей величине $N(T - t_1)$, а после повышения тарифов, т.е. на временном участке той же длительности она будет пропорциональна величине $N_1(T - t_1)$.

Для определения коэффициента пропорциональности k (3.26) для переходного этапа, необходимо провести соответствующее интегрирование формулы (3.24):

$$k = \int_0^{\xi_1} n(\xi) d\xi = \frac{\xi_1}{2}(q_0 + q_1). \qquad (3.26)$$

Как видно, полученная авиакомпанией прибыль от выполнения ею за время полного цикла длительностью T j-го рейса будет определяться следующим равенством (3.27):

$$p_j = (BZ_j - C_j)[N_1(T - t_1) + 0.5(N_0 + N_1)t_1] = (BZ_j - C_j)[N_1 T + 0.5(N_0 - N_1)t_1] \qquad (3.27)$$

Приведенное выражение (3.28) дает возможность получить искомое соотношение для величины прибыли, которую следует ожидать при выполнении такого же рейса на следующем цикле.

$$p_{1j} = (B_1 Z_j - C_{1j})[N_3 T + 0.5(N_2 - N_3) t_1]. \quad (3.28)$$

Естественно, что изменении размера прибыли может легко быть найдена путем простой разницы соотношений (3.27) и (3.28).

Для последующего анализа наибольший интерес представляется ситуация, при которой удается сохранить уровень рентабельности.

Общий рост цен на различные услуги, постоянно растущая инфляция с неизбежностью влечет за собой удорожание стоимости авиационных услуг.

В таких условиях требование к неизменности рентабельности влечет за собой требование выполнения равенства (3.29):

$$B_1/B = C_{1j}/C_j = b = const. \quad (3.29)$$

Достаточно естественным представляется допущение, что с достаточной точностью в каждом цикле неизменным является отношение стабильного уровня к его минимальному значению (3.30), т.е.:

$$N_0 / N_1 = N_2 / N_3 = 1/r > 1. \quad (3.30)$$

Введем следующее равенство (3.31):

$$N_2 / N_1 = g < 1. \quad (3.31)$$

С учетом введенных равенств (3.30) и (3.31) выражение для изменения значения прибыли представим в следующем виде (3.32):

$$\Delta p = p_j - p_{1j} = (BZ_j - C_j)\ N_0 [Tr + 0.5(1-r)\ t_1](1-brg). \quad (3.32)$$

Проведем анализ полученного соотношения (3.32).

В силу того, что $t_1/T << 1$, выражение, представленное в квадратных скобках, поскольку имеет место выполнение очевидного неравенства (3.31), не меняет своего знака и всегда остается положительным. Именно поэтому общий знак соотношения (3.32) зависит только от знака соотношения, фигурирующего в круглых скобках.

Как видно, прибыль при росте тариф может вырасти лишь в том случае, когда будет выполняться неравенство $brg > 1$. При этом, что крайне важно,

фигурирующий в неравенстве (3.32) параметр g, который целесообразно, образно говоря, можно трактовать как «коэффициент испуга» покупателя, сам в очень сильной степени напрямую связан с коэффициентом роста цен b.

Представляется достаточно естественной степенная зависимость этого коэффициента от коэффициента роста цен b (3.33), т.е.:

$$g = \alpha / b^s, \tag{3.33}$$

где s – можно трактовать в качестве некой «степени испуга».

Итак, о выигрыше авиакомпании можно говорить, если «степень испуга» (3.34) покупателя s окажется меньше, чем

$$s < 1 + \frac{\lg \alpha r}{\lg b}. \tag{3.34}$$

Если учитывать инфляционные процессы, то вариации изменения прибыли целесообразно оценивать при помощи равенств (3.27) и (3.11), приводящих к соотношению (3.35):

$$(p_j - p_{1j}) / p_j = 1\text{-rgb}. \tag{3.35}$$

Естественным является вопрос, насколько (во сколько раз) надо увеличить тариф на авиаперевозки, чтобы обеспечить получение авиакомпанией максимальной прибыли.

Для решения этой задачи будем опираться на равенство (3.32), рассматриваемое как некоторую функцию параметра r.

Как видно, речь идет о квадратичной зависимости, для которой характерно наличие экстремального значения.

Полученные соотношения выводят на утверждение, что максимум прибыли может быть реализован при выполнении равенства (3.36):

$$b = \frac{1}{\left(2r - \frac{t_1}{2T - t_1}\right) g} \approx \frac{1}{2rg}. \tag{3.36}$$

Если воспользоваться равенством (3.33), то получим (3.37):

$$b = \sqrt[s-1]{2\alpha r}. \tag{3.37}$$

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

Рассмотрим влияние механизма расходов, производимых авиакомпанией, на ее деятельность [85].

Общая прибыль $P(T)$ (3.38), формируемая в авиакомпании за время T, складывается из отдельных (парциальных) долей - p_{ij}, получаемых в результате выполнения каждого из j-го рейса по каждому из i-ого маршрута за тот же промежуток времени T, т.е.:

$$P(T) = \sum_{i=1}^{L} \sum_{j=}^{M_i(T)} p_{ij}\,, \qquad (3.38)$$

где

$M_i(T)$ - число рейсов, выполненных на i-ой воздушной линии за время T

L- число воздушных линий, обслуживаемых авиакомпанией.

Каждое из слагаемых p_{ij} в формуле (3.38) – это прибыль, получаемая авиакомпанией в результате выполнения ее на i-ой воздушной линии j-ого рейса.

Иными словами, сказанное можно представить в виде равенства (3.39):

$$p_{ij} = K_{ij} A_i - C_{ij}\,, \qquad (3.39)$$

где

K_{ij} - число пассажиров, обслуживаемых авиакомпанией на i-ой воздушной линии на каждом из j-ом рейсе,

A_i - тариф, установленный авиакомпанией на авиаперевозки на і-ой воздушной линии.

В свою очередь, общие затраты (3.40) по каждому из j-ому рейсу - формируются из затрат, произведенных:

- в «чужих» аэропортах - $C_j^{(1)}$,

- в базовом аэропорту $C_j^{(2)}$,

- на оплату ГСМ $C_j^{(3)}$.

Иными словами,

$$C_j = C_j^{(1)} + C_j^{(2)} + C_j^{(3)}. \qquad (3.40)$$

Расходы, выполненные авиакомпанией в чужих аэропортах, к которым относятся аэропорты, находящиеся вне прямой юрисдикции базовой авиакомпании, складываются из следующих составляющих, складывающихся из различных видов обслуживания – аэронавигационного, коммерческого, самолетовылетов.

Рассмотрим последовательно формирование расходов по каждому из видов обслуживания.

1. Расходы на аэронавигационное обслуживание в «чужих» аэропортах.

В этом случае общие расходы $C_{j1}^{(1)}$ можно определить путем прямого суммирования в соответствии с нижеприведенной формулой (3.41):

$$C_{j1}^{(1)} = \sum_{k=1}^{m} S_k h_1, \qquad (3.41)$$

где

S_k - количество самолетокилометров, выполненных *k*-ым «чужим» аэропортом над самолетами авиакомпании,

h_1 - стоимость обслуживания самолетокилометра.

2. Расходы по коммерческому обслуживанию в «чужих» аэропортах

В этом случае общие расходы $C_j^{(2)}$ можно определить путем прямого суммирования в соответствии с нижеприведенной формулой (3.42):

$$C_{j2}^{(2)} = \sum_{k=1}^{m} \left[K_j h_{1k} + \left(Q_b + Q_p + Q_g \right) h_{2k} \right], \qquad (3.42)$$

где

K_j - количество пассажиров на *j*-ом рейсе *i*-ой воздушной линии,

h_{1k} - размер ставки за коммерческое обслуживание в *k*-ом аэропорту одного авиапассажира,

Q_b - масса (в тоннах) платного багажа, перевозимого на *j*-ом рейсе *i*-ой воздушной линии,

Q_p - масса (в тоннах) почты, перевозимой на *j*-ом рейсе *i*-ой воздушной линии,

Q_g - масса (в тоннах) груза, перевозимого на *j*-ом рейсе *i*-ой воздушной линии,

h_{2k} - размер ставки за коммерческое обслуживание одной перевозимой тонны.

3. Расходы по обслуживанию самолетовылетов в «чужих» аэропортах

В этом случае общие расходы $C_j^{(3)}$ можно определить путем прямого суммирования в соответствии с нижеприведенной формулой (3.43):

$$C_{j1}^{(3)} = \sum_{k=1}^{m} \lambda_{jk}, \qquad (3.43)$$

где

m - количество посадок на «чужих» аэродромах во время выполнения *j* - го рейса на *k*-ой воздушной линии,

λ_{jk} - размер тарифа в *j*-ом аэропорту по обслуживанию самолетовылетов на *k*-ой воздушной линии.

Таким образом, суммарные расходы, производимые авиакомпанией, при взаимодействии с «чужими» аэропортами можно найти из следующего очевидного равенства (3.44):

$$C_j = C_j^{(1)} + C_j^{(2)} + C_j^{(3)}. \qquad (3.44)$$

В формуле (3.22) выделим слагаемые, зависящие и не зависящие от числа обслуживаемых авиапассажиров.

Если среди приведенных слагаемых выделить те из них, которые не зависят от количества пассажиров на борту воздушного судна и обозначить их $C_0^{(1)}$ (3.46), то формулу (3.44) можно представить в виде (3.45):

$$C_j = C_0^{(1)} + \sum_{k=1}^{m} K_j h_{1k}\,, \tag{3.45}$$

где

$$C_0^{(1)} = \sum_{k=1}^{m}\left[\lambda_k + \left(Q_b + Q_p + Q_g\right)h_{2k} + S_k h_3\right]. \tag{3.46}$$

Вполне естественным представляется допущение, что h_{1k} одинаково во всех аэропортах, т.е. $h_{1k} = h$. В этом случае, очевидно, равенство (3.47):

$$C_j^{(1)} = C_0^{(1)} + mh_1 K_j\,. \tag{3.47}$$

Расходы $C_j^{(2)}$, производимые авиакомпанией по обслуживанию рейса в базовом аэропорту, группируются в виде стандартного общепринятого набора статей:

- аэронавигационное обслуживание,

- коммерческое обслуживание,

- обслуживание самолетовылетов,

-заработная плата с начислениями летного состава,

-заработная плата с начислениями сотрудников АТБ,

-стоимость текущего и капитального ремонтов и технического обслуживания,

-амортизационные отчисления [62, 63, 64].

Проведем некоторую детализацию приведенных расходов.

Расходы по аэронавигационному обслуживанию $C_{j3}^{(1)}$, по коммерческому обслуживанию $C_{j2}^{(2)}$ и по обслуживанию самолетовылета $C_{j1}^{(3)}$, и определяются аналогично формулам (3.20-3.25).

Заработная плата с отчислениями летного состава производится по общепринятой формуле (3.48):

$$C_{j7}^{(2)} = \frac{\left(F_{zp}^{LS} + \Delta F_{soc}^{LS}\right)t_{ej}}{F_{LS}}\,, \tag{3.48}$$

где

F_{zp}^{LS} - среднегодовой фонд заработной платы летного состава,

ΔF_{soc}^{LS} - отчисления на социальные нужды с заработной платы летного состава,

F_{LS} - фонд времени работы летного состава,

t_{ejj} - время работы экипажа при выполнении *j*-го рейса. Поскольку оно имеет небольшие колебания по рейсам, то можно допустить, что $t_{ejj} = t_e$.

Что касается расчета заработной платы сотрудников АТБ с отчислениями на социальные нужды $C_{j6}^{(2)}$, то последняя определяется по стандартной формуле (3.49):

$$C_{j6}^{(2)} = \frac{\left(F_{ATB}^{T} + \Delta F_{soc}^{T}\right)}{F} H, \qquad (3.49)$$

где F_{ATB}^{T} - среднегодовой фонд заработной платы работников авиационно-технической базы,

ΔF_{soc}^{T} - среднегодовые отчисления на обеспечение занятости, на социальные нужды: на пенсионное, медицинское и социальное страхование, а также выплата транспортного налога.

Стоимость ремонта из расчета на один рейс и расходы на техническое обслуживание определяются при помощи соотношения (3.50):

$$C_{j5}^{(2)} = \frac{\left(\psi_0 + \psi_T + \psi_k\right)}{F} H \qquad (3.50)$$

где ψ_0, ψ_T, ψ_k - среднегодовая стоимость соответственно технического обслуживания, текущего и капитального ремонта ВС, обслуживающих данную воздушную линию.

Наконец, амортизационные отчисления из расчета на один рейс C_{j4}^{2}, как известно, рассчитываются в соответствии с равенством (3.51):

$$C_{j4}^{(2)} = \frac{VH}{F}, \tag{3.51}$$

где V - среднегодовые амортизационные отчисления по каждому типу воздушного судна,

H-средний налет при выполнении одного рейса,

F-действительный фонд времени воздушного судна.

Полученные ранее формулы открывают возможности для расчета общих расходов в расчете на исходный аэропорт (3.52):

$$C_j^{(2)} = \sum_{l=1}^{7} C_{jl} \,. \tag{3.52}$$

Выражение (3.52) можно представить в виде (3.53) при помощи (3.54):

$$C_j^{(2)} = C_0^{(2)} + h_1 K_j, \tag{3.53}$$

где

$$C_0^{(2)} = \sum_{k=1}^{m}\left[\lambda_k + \left(Q_b + Q_p + Q_g\right)h_{2k} + S_k h_3\right] + \frac{VH}{F} + \frac{\psi_0 + \psi_T + \psi_k}{F} H + \frac{F_{zp}^T + \Delta F_{zp}^T}{F} H + \frac{F_{zp}^{LS} + \Delta F_{zp}^{LS}}{F_{LS}} t_e \tag{3.54}$$

Расчет стоимости авиаГСМ, приходящийся на один рейс, определяется при помощи известной формулы (3.55):

$$C_j^{(3)} = \sum_{k=1}^{m} q_k h_{4k} + q_B h_{4B}, \tag{3.55}$$

где q_k, q_b - масса топлива для выполнения одного рейса, заправляемого в k-ом и базовом аэропортах соответственно,

h_{4k}, h_{4b} - -цена за 1 тонну ГСМ в k-ом и базовом аэропортах соответственно

Если иметь в виду, что расход топлива от количества пассажиров практически не зависит, то $C_j^{(3)} = C_0^{(3)}$.

В этом случае:

$$C_j = C_0 + \left(h_{1m} + h_1\right)K_1. \tag{3.56}$$

В равенстве (3.56) $C_0 = C_0^1 + C_0^{(2)} + C_0^{(3)}$ - это расходы на выполнение одного рейса, которые практически не зависят от загрузки.

Введем обозначение: $h = h_1' m + h_1''$, тогда получим (3.57):

$$C_j = C_0 + hK_j \qquad (3.57)$$

Как видно, внешняя среда имеет многочисленные возможности для влияния на экономику авиатранспортной деятельности компании, вследствие чего достаточно сложно построить вполне приемлемый прогноз экономических показателей авиакомпании [62, 63].

В этой связи фигурирующие выше факторы затрат C_{ij}, определяющие прибыль p_{ij}, следует трактовать лишь как ожидаемые.

Что касается загрузки рейсов K_{ij}, то она является принципиально случайной величиной, а поэтому для ее описания необходимо опираться на различного рода аппроксимирующие представления.

При таком подходе прибыль авиакомпании может оцениваться на основе простого соотношения $P_i(m) = \sum_{j=2}^{N_i(m)} p_{ij}$.

В этом случае надо знать всего лишь планируемый тариф T_i и число рейсов N.

3.6. Прогноз изменения основных характеристик деятельности авиакомпаний на основе корреляционных характеристик

Корреляционные характеристики, опирающиеся на численные данные, полученные за длительный период времени, позволяют «увидеть» некоторые медленно меняющиеся и медленно проявляющие себя факторы. Это дает возможность использовать такие характеристики для разработки устойчивого

прогноза на предстоящий период, который, естественно, хотя и не будет обладать наивысшей точностью из возможных ее прогнозов, но как будет продемонстрировано ниже на реальных характеристиках авиакомпаний, обеспечит 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 $\{x_2\}$ просто пропорциональны друг другу, т.е. $\{x_2\}=k\{x_1\}$, где k=1– коэффициент (радиус) корреляции.

Обобщением этого равенства, что соответствует нетождественность 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 - $\{x_1, x_2, \ldots, x_N\}$, сформировать два массива X_1 и X_2 (3.58) по следующему правилу:

$$\begin{cases} X_1 = \{x_1, \ldots, x_{N-1}\} \\ X_2 = \{x_2, \ldots, x_N\} \end{cases}. \qquad (3.58)$$

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 (3.59):

$$x_{N+1} = kx_N + \alpha x_N^2, \qquad (3.59)$$

где параметр α учитывает квадратичный характер зависимости.

Он элементарно находится из формулы (3.59) и выражается через известные значения определяемого параметра в предыдущие годы (3.60):

$$\alpha = \frac{x_N - kx_{N-1}}{x_{N-1}^2}. \qquad (3.60)$$

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 авиакомпаниях «ВИМ-Авиа», «Сибирь», «Таймыр», «Уральские авиалинии», «Трансаэро», «КрасАвиа», «ЮТэйр», «Северный ветер».

Сводные сведения о проведенных операциях представлены в Таблицах 3.4 и 3.5. Отдельной строкой показаны результаты фактической ошибки результатов прогноза, которая, как видно, в большинстве случаев не превышала 10%.

Таблица 3.4 - Сведения о показателях «Общие расходы» и «Прибыль» авиакомпаний «Сибирь», «Северный Ветер», «Таймыр» и «Уральские авиалинии» 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
K	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
Прог-ноз	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», 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

реальном, поскольку он рассчитывался по имевшим место фактическом материале, коэффициенте корреляции за период 2010-2017 гг. приведены в Таблице 3.6.

Обращает на себя внимание показатель корреляции «Трансаэро». Здесь ключевую роль сыграл последний год – год ее закрытия. Практически абсолютная взаимосвязь между расходами и прибылью показала авиакомпания «Уральские авиалинии».

Таблица 3.5 - Сведения о показателях «Общие расходы» и «Прибыль» авиакомпаний «Трансаэро», «КрасАвиа», «ЮТэйр», «ВИМ-Авиа» за период 2010-2017 гг. и прогностический расчет этих показателей на 2017 г.

Год	«Трансаэро»		«КрасАвиа»		«ЮТэйр»		«ВИМ-Авиа»	
	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	52,2	1,33	1,8	-0,15	46,6	-2,86	6,98	0,34
2011	69,27	-2,33	2,1	-0,12	51,06	-3,99	8,27	1,07
2012	84,68	5,65	2,07	-0,12	66,99	-7,55	7,77	0,7
2013	100,08	3,61	1,68	-0,41	77,11	-8,65	8,71	0,19
2014	114,58	-1,91	2,21	-0,59	78,77	-13,1	10,87	0,87
2015	55,39*	-5,6*	2,77	-0,82	51,21	-5,12	11,53	0,88
2016			3,41	-0,74	53,36	-0,3	16,72	0,14
2017			4,13	-0,81	53,53	-1,99	9,77	0,65
K	0,39	-0,39	0,2	0,36	0,5	0,52	0,39	-0,49
α	0,18	0,18	0,04	-1,16	0,01	-0,51	0,02	0,32
Прог-ноз			4,31	-0,86	51,8	-1,82	8,96	0,62
Оши-бка %			4,4%	6,2%	3,2%	8,5%	8,19%	4,6%

Таблица 3.6 - Расчетные (по фактическим показателям, имевшим место за 2010-2017 гг.) значения коэффициента корреляции между «Общими расходами» авиакомпании и полученной ее «Прибылью»

Авиакомпании	**«Сибирь»**	**«Северный ветер»**	**«Таймыр»**	**«Уральские авиалинии»**
Коэффициент корреляции	**0,78**	**0,74**	**-0,51**	**0,96**

Авиакомпании	**«Трансаэро»**	**«КрасАвиа»**	**«ЮТэйр»**	**«Вим-Авиа»**
Коэффициент корреляции	**0,07**	**-0,42**	**-0,59**	**0,47**

Аналогично, как это делалось выше, в соответствии с предложенным методом, опираясь на фактические сведения о трех других важнейших характеристик работы авиакомпании - налет самолетов, процент загрузки воздушных судов и число перевозимых пассажиров, осуществился 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.

Результаты соответствующих расчетов представлены в нижеследующих Таблицах 3.7 – 3.9.

Таблица 3.7 - Сведения о показателях «Налет самолетов, млн. км», «Процент загрузки, %» и «Число перевозимых авиапассажиров, млн. чел.» авиакомпаний «ВИМ-Авиа», «Сибирь» и «Таймыр» за период 2010-2017 гг. и прогностический расчет этих показателей на 2017 г.

	«ВИМ-Авиа»			«Сибирь»			«Таймыр»		
	Налет самолет., млн км	**Процент загрузки %**	**Пасс., млн. чел.**	**Налет самолет., млн км**	**Процент загрузки %**	**Пасс., млн. чел.**	**Налет самолет., 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
2011	23,89	75,8	1,62	97,4	75,6	5,13	19,87	72,8	0,78
2012	19,5	81,3	1,51	112,15	80,0	6,35	27,84	73,9	1,16
2013	17,18	82	1,39	119,54	80,9	7,09	29,85	76,1	1,24
2014	21,9	76	1,62	129,9	79,9	7,94	26,66	74,3	1,11
2015	23,01	73	1,59	128,77	80,3	8,21	25,57	71,2	1,13
2016	32,1	74	2,08	133,88	85,2	9,51	25,8	74,2	1,28
2017	31,4	76	2,14	143,11	85,2	9,95	25,74	78,8	1,41
К-т корр.	0,64	0,31	0,72	0,96	0,77	0,97	-0,29	-0,18	-0,14
α	0,03	0,01	0,42	0,00	0,00	0,08	0,05	0,02	1,25
Прогноз	32,85	83,69	2,18	154,60	90,93	10,47	25,16	83,47	1,47
Ошиб. прог%	4,62	10,12	1,87	8,2	6,73	5,23	2,26	5,93	4,26
Средн.	22,28	77,89	1,66	119,64	80,45	7,38	24,16	74,76	1,08
Откл .	-9,12	1,89	-0,48	-23,47	-4,75	-2,57	-1,58	-4,04	3,97
Ошиб. прог%	-29,1	2,47	-22,4	-16,4	-5,58	-25,83	-6,14	-5,12	23,41

В приведенной Таблице 3.7 и в двух последующих Таблицах 3.8 и 3.9 приведены средние за период 2009 - 2016 годы значения фигурирующих показателей, а также их отклонение от показателей 2017 г. в абсолютном и процентном отношении. Как видно, в абсолютном большинстве случаев прогноз «по среднему» существенно уступает предложенному прогнозу.

Таблица 3.8 - Сведения о показателях «Налет самолетов, млн км», «Процент загрузки, %» и «Число перевозимых авиапассажиров, млн. чел.» авиакомпаний «Уральские авиалинии», «Сибирь», «Трансаэро» и «КрасАвиа» за период 2010-2017 гг. и прогностический расчет этих показателей на 2017 г.

	«Уральские авиалинии»			**«Трансаэро»**			**«КрасАвиа»**		
	Налет самолет., млн км	**Процент загрузки %**	**Пасс., млн. чел.**	**Налет самолет., млн км**	**Процент загрузки %**	**Пасс., млн. чел.**	**Налет самолет., млн км**	**Процент загрузки %**	**Пасс., млн. чел.**
2010	45,06	68,27	1,79	127,21	83,67	6,65	3,33	54,13	0,09
2011	57,93	70,07	2,51	154,98	82,91	8,45	3,86	46,19	0,09
2012	74,81	71,78	3,53	190,89	82,47	10,33	3,28	47,85	0,08
2013	89,93	74,35	4,42	213,90	83,61	12,5	3,85	51,1	0,09
2014	103,65	75,04	5,16	227,14	83,53	13,2	4,69	46,80	0,11
2015	103,47	75,02	5,45	178,5*	81,78	11,22*	6,41	56,28	0,2
2016	115,43	78,31	6,47				6,48	63,77	0,26
2017	134,26	82,58	8,01				8,01	64,75	0,32
К-т корр.	0,96	0,98	0,98	0,63	0,59	0,63	0,18	0,72	0,53
α	0,005	0,041	0.002	0,006	0,039	0,008	0,02	3,35	0,13
Прогноз	143,02	87,6	8,35				8,87	71,1	0,35
Ошиб. прог%.	6,53	6,08	4,24				10,74	9,81	9,36
Средн.	90,57	74,42	4,67	157,32	82,99	10,39	4,99	53,86	0,16
Откл .	-43,69	-8,16	-3,34	-21,19	1,22	-0,82	-3,02	-10,89	-0,16
Ошибка прог%	-32,54	-9,31	-41,7				-37,7	-16,82	-0,5

Таблица 3.9 - Сведения о показателях «Налет самолетов, млн км», «Процент загрузки, %» и «Число перевозимых авиапассажиров» авиакомпаний «ЮТэйр» и «Северный ветер» за период 2010-2017 гг. и прогностический расчет этих показателей на 2017 г.

	«ЮТэйр»			«Северный ветер»		
	Налет самолет., млн км	**Процент загрузки %**	**Пасс., млн. чел.**	**Налет самолет., млн км**	**Процент загрузки %**	**Пасс., млн. чел.**
2010	96,40	76,98	4,42	0,03	90,95	1,2
2011	121,11	79,05	5,8	34,67	87,42	1,72
2012	151,32	81,23	7,77	37,71	89,25	2,17
2013	149,22	82,80	8,18	60,04	87,50	3,65
2014	149,6	83,23	8,56	55,08	91,41	4,48
2015	103,99	77,05	5,54	36,59	91,91	2,67
2016	106,53	78,94	6,65	22,09	90,55	1,79
2017	111,93	81,86	7,28	39,63	85,70	3,55
К-т корр.	0,83	0,88	0,92	0,86	0,91	0,88
α	0,004	0,02	3,35	0,07	0,01	0,09
Прогноз%	118,1	79,13	7,69	41,62	86,34	4,02
Ошиб. прог%	5,51	9,39	5,63	5,02	0,75	13,23
Средн.	123,76	71,19	5,98	35,73	89,34	2,65
Откл .	11,83	-10,67	-1,3	-3,9	3,64	-0,9
Ошиб. прог%	10,57	-13,03	-17,86	-9,84	4,25	-25,25

Достаточно часто в качестве прогнозируемого параметра выступает его численное значение, заключенное в интервале между средним значением минус среднеквадратичное отклонение (параметр σ) и средним значением плюс среднеквадратичное отклонение.

В Таблицах 3.10 и 3.11 представлены рассчитанные по фактическим данным, имевших место в период между 2009 и 20017 годы, искомые для построения названного прогноза величины – средние и среднеквадратичные величины. Определяются 2-σ границы, где по используемой методике проводится построение прогноза. В качестве прогнозируемого года выступает 2017 год, расчет требуемых параметров проводится на основе данных 2009-2016 годов. Как видно, из приведенных данных расчетов, только в 2-х из 21 ситуации традиционно прогнозируемый параметр попал в 2-х σ интервал.

В таблицах приняты следующие обозначения: 1 – Налет самолетов, 2 – Процент загрузки %, 3 – Пассажиропоток.

Таблица 3.10 - 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	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	+	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**

Таблица 3.11 - К расчету прогнозу показателей «Налет самолетов, млн км», «Процент загрузки, %» и «Число перевозимых авиапассажиров» по принципу 2σ авиакомпаний «КрасАвиа», «ЮТэйр» и «Северный ветер» за период 2010-2017 гг. и прогностический расчет этих показателей на 2017 г.

	«КрасАвиа»			**«ЮТэйр»**			**«Северный ветер»**		
	1	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
2017	8,01	64,75	0,26	111,93	75,86	7,30	39,63	85,70	31,42
σ	2,39	19,69	0,09	25,12	3,08	1,73	14,75	2,39	5,27
Ср.+σ	6,3	66,7	0,2	144,0	77,6	8,0	50,4	92,6	27,6
Средн.	**3,9**	**47,0**	**0,1**	**118,8**	**74,5**	**6,3**	**35,7**	**90,2**	**22,3**
Ср.- σ	3,9	47,0	0,1	118,8	74,5	6,3	35,7	90,2	22,3
Закл	**–**	**–**	**–**	**–**	**+**	**–**	**–**	**–**	**–**

Приведенные в последних двух таблицах результаты убедительно свидетельствуют, что в условиях неустойчивой экономике опираться на прогнозы, опирающиеся на принцип 2σ, весьма бесперспективно.

Какова бы ни была методика прогнозирования характеристик авиапредприятия, повысить ее точность можно только четкой организацией его производства, лучшей итоговой характеристикой которой является успешность взаимодействие его организационных структур и служб. В качестве итоговой числовой характеристикой которого может выступать корреляционная матрица его узловых выходных характеристик, к которым в рамках итогов производства целесообразно использовать суммарные расходы и полученная прибыль, пассажиро- и грузопоток, налет самолетов и процент его использования [108].

Для построения искомых матриц были обработаны фактические данные по итоговой деятельности за восьмилетний период с 2010 по 2017 годы показатели семи авиакомпаний – «ВИМ-Авиа», «Сибирь», «Таймыр», «Уральские авиалинии», «КрасАвиа», «ЮТэйр» и «Северный ветер».

Результатом обработки явилось построение корреляционных матриц размером 5×5 для каждой из 7 авиакомпаний [34]. Элементами этих матриц выступали коэффициенты корреляции между каждой парой показателей работы авиакомпаний, 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) [73].

Авиакомпания «ВИМ-Авиа»

$$\boldsymbol{K_{BA}}=\begin{pmatrix} 1{,}00 & -0{,}64 & 0{,}93 & 0{,}50 & -0{,}06 \\ -0{,}64 & 1{,}00 & -0{,}66 & -0{,}74 & -0{,}50 \\ 0{,}93 & -0{,}66 & 1{,}00 & 0{,}68 & 0{,}09 \\ 0{,}50 & -0{,}74 & 0{,}68 & 1{,}00 & 0{,}22 \\ -0{,}06 & -0{,}50 & 0{,}09 & 0{,}22 & 1{,}00 \end{pmatrix} \quad (3.61)$$

В матрице (3.61) обращает на себя внимание наличие достаточно сильной взаимосвязи между налетом самолетного парка и числом перевозимых пассажиров ($К_{13}$=0,93) и практически полное отсутствие взаимосвязи между прибылью авиакомпании и налетом самолетов ($К_{15}$=-0,06), а также очень слабую зависимость между прибылью и числом перевозимых пассажиров ($К_{35}$=0,09). Более того, отрицательный знак у $К_{15}$ свидетельствует, что увеличение налета самолетного парка уменьшает прибыль.

Авиакомпания «Сибирь»

$$\boldsymbol{К_{СБ}}=\begin{pmatrix} 1,00 & 0,90 & 0,98 & 0,94 & 0,80 \\ 0,90 & 1,00 & 0,94 & 0,95 & 0,72 \\ 0,98 & 0,94 & 1,00 & 0,99 & 0,83 \\ 0,94 & 0,95 & 0,99 & 1,00 & 0,78 \\ 0,80 & 0,72 & 0,83 & 0,78 & 1,00 \end{pmatrix} \quad (3.62)$$

Приведенная матрица (3.62) наиболее ярко свидетельствует о слаженности всех служб авиакомпании и их четкой направленности на решение главных задач авиакомпании, в том числе на получение прибыли.

Авиакомпания «Таймыр»

$$\boldsymbol{К_{ТМ}}=\begin{pmatrix} 1,00 & -0,13 & 0,89 & 0,82 & -0,11 \\ -0,13 & 1,00 & 0,13 & 0,05 & 0,09 \\ 0,89 & 0,13 & 1,00 & 0,97 & -0,30 \\ 0,82 & 0,05 & 0,97 & 1,00 & -0,52 \\ -0,11 & 0,09 & -0,30 & -0,52 & 1,00 \end{pmatrix} \quad (3.63)$$

Приведенная матрица (3.63) убедительно показывает наличие достаточно жесткой взаимосвязи между расходами авиакомпании и числом перевозимых пассажиров ($К_{34}$=0,97), а также между расходами и налетом воздушных судов и числом авиапассажиров ($К_{13}$=0,89). В то же время бросается в глаза практически отсутствие какого-либо влияния загрузки воздушных судов на итоги деятельности авиакомпании ($К_{24}$=0,05, $К_{34}$=0,05, $К_{35}$=0,09). Недозагрузка сказывается на убытках в прибыли ($К_{45}$=-0,52).

Авиакомпания «Уральские авиалинии»

$$\boldsymbol{K_{УА}} = \begin{pmatrix} 1{,}00 & 0{,}98 & 0{,}98 & 0{,}95 & 0{,}99 \\ 0{,}97 & 1{,}00 & 0{,}99 & 0{,}97 & 0{,}97 \\ 0{,}99 & 0{,}99 & 1{,}00 & 0{,}98 & 0{,}95 \\ 0{,}95 & 0{,}97 & 0{,}98 & 1{,}00 & 0{,}96 \\ 0{,}92 & 0{,}97 & 0{,}95 & 0{,}96 & 1{,}00 \end{pmatrix} \quad (3.64)$$

По всем показателям (3.64) эта авиакомпания должна быть признана лучшей из всех 7 рассматриваемых в настоящей работе авиакомпаний, о чем убедительно говорит тот факт, что все корреляционные коэффициенты имеют значения более 0,95. Это же свидетельствует, что все службы и структуры авиакомпании слаженно работают на выполнение ее целевой задачи.

Авиакомпания «КрасАвиа»

$$\boldsymbol{K_{КА}} = \begin{pmatrix} 1{,}00 & 0{,}83 & 0{,}97 & 0{,}41 & -0{,}71 \\ 0{,}83 & 1{,}00 & 0{,}92 & 0{,}32 & -0{,}36 \\ 0{,}97 & 0{,}92 & 1{,}00 & 0{,}40 & -0{,}63 \\ 0{,}41 & 0{,}32 & 0{,}40 & 1{,}00 & -0{,}44 \\ -0{,}71 & -0{,}36 & -0{,}63 & -0{,}44 & 1{,}00 \end{pmatrix} \quad (3.65)$$

В рассматриваемом случае (3.65) обращает на себя внимание, что осуществляемые авиакомпанией мероприятия как-то увеличение налета и процента загруженности воздушного судна, рост пассажиропотока влечет ведет к уменьшению прибыли авиакомпании, о чем свидетельствует отрицательные значения коэффициента корреляции в 5 столбце (строчке).

Авиакомпания «ЮТэйр»

$$\boldsymbol{K_{ЮТ}} = \begin{pmatrix} 1{,}00 & 0{,}48 & 0{,}85 & 0{,}75 & -0{,}82 \\ 0{,}48 & 1{,}00 & 0{,}46 & 0{,}27 & -0{,}42 \\ 0{,}85 & 0{,}75 & 1{,}00 & 0{,}96 & -0{,}60 \\ 0{,}75 & 0{,}27 & 0{,}96 & 1{,}00 & -0{,}60 \\ -0{,}82 & -0{,}42 & -0{,}60 & -0{,}60 & 1{,}00 \end{pmatrix} \quad (3.66)$$

Судя по сведениям, приведенным в корреляционной матрице (3.66), хотя отлаженность работы служб и структур авиакомпании в реализации работы по достижению целевой функции авиакомпании находится в удовлетворительном

состоянии (все коэффициент корреляции имеют приемлемые значения), бросается в глаза нерентабельность авиакомпании, т.к. все коэффициенты корреляции с нижним индексом 5 имеют отрицательные значения.

Авиакомпания «Северный ветер»

$$\boldsymbol{K_{CB}} = \begin{pmatrix} 1{,}00 & -0{,}25 & 0{,}87 & 0{,}06 & 0{,}25 \\ -0{,}25 & 1{,}00 & -0{,}16 & 0{,}10 & -0{,}21 \\ 0{,}87 & -0{,}16 & 1{,}00 & 0{,}31 & 0{,}29 \\ 0{,}06 & 0{,}10 & 0{,}31 & 1{,}00 & 0{,}22 \\ 0{,}25 & -0{,}21 & 9{,}29 & 0{,}22 & 1{,}00 \end{pmatrix} \quad (3.67)$$

Как видно из корреляционной матрицы (3.67), проблемы авиакомпании напрямую связаны с недозагрузкой воздушных судов, связанной с уменьшением пассажиропотоков. Об этом свидетельствуют отрицательные значения коэффициентов корреляции K_{12}, $K_{23,}$ K_{52}.

Приведенные матрицы (3.61 – 3.67) дают возможность использовать их для построения прогнозов, опирающихся на знания коэффициентов корреляции, в соответствии с соотношениями, полученными в предыдущих разделах [110].

Выводы к разделу 3

1. 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 (ПРВ) прогнозируемых величин.

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.

2. 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.

Здесь обращает на себя тот факт, что 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.

3. Корреляционные характеристики, опирающиеся на численные данные, полученные за длительный период времени, позволяют «увидеть» некоторые медленно меняющиеся и медленно проявляющие себя факторы. Это дает возможность использовать такие характеристики для разработки устойчивого прогноза на предстоящий период, который, естественно, хотя и не будет обладать наивысшей точностью из возможных ее прогнозов, но как это продемонстрировано на реальных характеристиках авиакомпаний, обеспечивает вполне приемлемую для практики точность.

4. При разработке прогноза изменения прибыли авиакомпании в ситуации повышения тарифов целесообразно введение в качестве определяющих параметров: коэффициентов «испуга» и роста цен, отношения стабильного уровня к его минимальному значению и т.д., используя которые на основании полученных аналитических равенств и неравенств, как показано в работе, можно обеспечить сохранение прибыли, что нашло подтверждение в фактических результатах 8 ведущих авиакомпаний России «ВИМ-Авиа», «Сибирь», «Таймыр», «Трансаэро», «Уральские авиалинии», «КрасАвиа», «ЮТэйр», «Северный ветер».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью работы являлось разработка методов прогноза динамики изменения и построения прогностической оценки основных показателей деятельности авиакомпании для каждого из относительно устойчивых этапов ее функционирования (спад, подъем, переходный период), а также сопоставлению прогностических показателей с фактическими результатами деятельности 8 российских авиакомпаний, имевших место в период 1991-2017 гг.

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

- проведено обоснование и разработаны методы прогнозирования основных показателей авиакомпании для каждого из трех этапов периодов состояния экономики (стабильного, переходного, нестабильного).
- проведено обоснование и реализован синтез аппроксимирующих функциональных зависимостей, описывающих прогнозные показатели, для различных периодов экономического состояния
- проведено сравнение разработанных прогностических показателей с фактическими результатами деятельности 8 российских авиакомпаний, имевших место в период 1991-2017 гг.

По итогам проведенных исследований были получены следующие **основные результаты**:

1. Выявлено, что основу организации производства любой авиакомпании гражданской авиации, составляет умение удачно составить кратко- и долгосрочные прогнозы на реализацию услуг в части объема перевозки пассажиров и грузов и, как следствие, на расходы и доходы от оказания услуг.

2. Проанализированы основные показатели деятельности 9 российский авиакомпаний за 25-летний период.
3. Установлены основные типы зависимостей основных показателей деятельности авиакомпаний (гладкие, сложные, хаотичные), их графическое представление и визуальное распределение.
4. Обосновано оперирование тремя видами прогнозов: пессимистическим, оптимистическим и эвристическим.
5. Рассмотрен и подобран набор аналитических функций для каждой из зависимостей: линейная, квадратичная, кубическая, логарифмическая, экспоненциальная и синусоидальная.
6. Разработана модель прогноза для «гладких» зависимостей, выполнена ее экспериментальная проверка и корректировка.
7. Разработана модель прогноза для «сложных» зависимостей на основе корреляционного анализа, выполнена ее экспериментальная проверка и корректировка.
8. Разработана модель прогноза для «хаотичных» зависимостей на основе гипотезы о Гауссовом распределении, выполнена проверка справедливости применения данной гипотезы, выполнена экспериментальная проверка и корректировка.
9. Показана важная роль взаимной корреляционной связи между показателями при построении прогнозов, которая существенно повышает точность прогноза даже при заметных флуктуациях прогнозируемой величины.
10. Проведена оценка точности полученных моделей прогнозов основных показателей деятельности авиакомпаний для различных периодов.

Полученные результаты позволили сформулировать следующие **выводы**:

1. Проведенный в работе анализ 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, что основу организации производства любой авиакомпании гражданской авиации, занимающейся перевозками пассажиров, грузов и почты, составляет умение удачно предвидеть последствия своей организации производства. Крупные просчеты в этой области приводят к разорению и, в конечном счете, к гибели десятков авиакомпаний, кроме того, а изменение каждого из показателей носит ярко выраженный флуктуационный характер, сопровождающийся резкими подъемами и спадами. Каковы бы ни были 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. Проанализированы фактические суммарные показатели деятельности авиакомпаний РФ, имевшими место за более, чем за четверть вековой период с 1991 по 2017 г., которые показали достаточно явную и четко выраженную периодичность с периодом приблизительно в 20 лет в цикле максимум-минимум.

3. На основании анализа фактических данных 9 авиакомпаний России за период с 1991 по 2017 гг. установлено, что 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 $e^{-0,25(n-n_0)}\sin\left(2\pi\frac{n-n_1}{N}\right)$.

4. Обоснованы применения различных конкретных видов прогнозов показателей деятельности авиакомпании (денежный оборот, объем продаж, средний тариф, изменение численности работников и т.д.) и соответственно разработаны:

– эвристический прогноз, опирающегося на математическую обработку статистических данных за последние 20 лет и их экстраполяцию на ближайшие годы, базирующимся на обработке статистики продаж перевозок, как доли от общего объема отправок, которая практически не изменяется в прогнозируемом периоде.

– оптимистический прогноз, опирающийся на концепцию медленного, но устойчивого роста объема авиаперевозок и сохранения доли продаж авиаперевозок, учитывающим благоприятное развитие экономики, сохранение достигнутого взаимодействия с традиционными партнерами-перевозчиками, развитие отношений с другими авиакомпаниями, в том числе на рынке международных перевозок;

– пессимистический прогноз, опирающийся на концепцию существенного ежегодного падения объема продажи билетов, учитывающим неблагоприятный ход развития экономики, потери доверия со стороны традиционных партнеров, недостаточную эффективность усилий;

5. При построении прогнозов было использовано несколько подходов: первый из них состоял в построении аппроксимирующих аналитических зависимостей. Здесь использовались линейные, квадратичные и в нескольких отдельных случаях кубическая аппроксимация. По ряду показателей удобной оказывалась синусоидальная зависимость, а также эта зависимость, сглаженная экспонентной. Другой путь при построении прогноза опирался на использование корреляционных связей между показателями.

6. Проведен взаимный корреляционный анализ однотипных фактических показателей работы авиакомпаний, который 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. Также обоснованы аналитические зависимости изменения основных показателей работы авиакомпании во времени и выполнены кратко- и долгосрочные прогнозы этих показателей.

7. 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 осуществлено, опираясь на соответствующие плотности распределения вероятностей (ПРВ) прогнозируемых величин.

8. 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 выражаются в рублях, килограммах, часах, числе авиапассажиров и т.п.

9. 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 и существенно повышает точность прогноза даже при заметных

флуктуациях прогнозируемой величины. В отдельных случаях ошибка прогноза может уменьшится до 1-2%.

В заключении укажем **возможные пути дальнейших исследований** в представленной области:

1. Требует детального анализа взаимозависимость основных показателей различных авиапредприятий между собой с целью выявления общих внешних по отношению к ним факторов, влияющих на результаты их деятельности. Это будет способствовать выработке общегосударственных нормативных документов, направленных на повышение эффективности функционирования отечественной гражданской авиации.

2. Требует детального анализа взаимозависимость основных показателей авиапредприятия между собой с целью выявления общих факторов, влияющих на результаты деятельности авиакомпании что будет способствовать повышение эффективности ее функционирования.

Список литературы

1. **Абрамов А. П.** Маркетинг на транспорте. / А. П. Абрамов, В. Г. Галабурда Е. А. Иванова – М.: Желдориздат, 2001. - 329 с.

2. **Айвазян С. А.** Прикладная статистика и основы эконометрики. / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян - М.: ЮНИТИ, 1998. - 1022 с.

3. **Акимова Н. Ф.** Многоуровневая система показателей экономической эффективности управления коммерческой деятельностью авиакомпании. / Н. Ф. Акимова – М.: Доброе слово, 2000.

4. **Андронов А. М.** Теория вероятностей и математическая статистика. / А. М. Андронов, Е. А. Копытов, Л. Я. Гринглаз - Спб.: Питер, 2004. - 461 с.

5. **Андронов А. М.** Математические методы прогнозирования авиационных перевозок пассажиров. / А. М. Андронов, В. Н. Печенцов, А. Н. Хижняк и др. - Рига: РКИИГА, 1978. - 108 с.

6. **Андронов А. М.** Математические методы планирования и управления производственно-хозяйственной деятельностью предприятий гражданской авиации. / А. М. Андронов, А. Н. Хижняк - М.: Транспорт, 1977. - 216 с.

7. **Андронов А. М.** Прогнозирование перевозок пассажиров на воздушном транспорте. / А. М. Андронов, А. Н. Хижняк, И. Е. Швацкий и др. - М.: Транспорт, 1983. - 183 с.

8. **Артамонов Б. В.** Авиатранспортный маркетинг. / Б. В. Артамонов, М. Л. Мамонова - М.: МИИГА, 1990. - 113 с.

9. **Баканов М. И.** Теория экономического анализа. / М. И. Баканов, А. Д. Шеремет - М.: Финансы и статистика, 2001. - 416 с.

10. **Балашов Б. С.** Система мирового воздушного транспорта и российская гражданская авиация. / Б. С. Балашов, В. М. Тихонов - М.: Фонд «Правовая культура», 1992. - 371 с.

11. **Балдин К. В.** Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник / К. В. Балдин, В. Н. Башлыков, А. В Рукосуев. - М.: Дашков и К, 2016. - 472 с.

12. **Балдин К. В.** Математические методы в экономике. / К. В. Балдин, О. Ф. Быстров. - М.: Издательство Московского психолого-социального института; Воронеж: Издательство НПО «МОДЭК», 2003. - 140 с.

13. **Балдин К. В.** Управленческие решения. / К. В. Балдин, С. Н. Воробьев, В. Б. Уткин. - М.: Издательский дом Дашков и К, 2005. - 494 с.

14. **Баттрик Р.** Техника принятия эффективных управленческих решений. / Р. Баттрик; пер. с англ. под ред., В. Н. Фунтова. — 2-е издание. - СПб.: Питер, 2006. - 413 с.

15. **Белявский И. К.** Маркетинговое исследование: информация, анализ, прогноз. / И. К. Белявский. - М.: ИНФРА-М, 2020. - 392 с.

16. **Бешелев С. Д.** Математико-статистические методы экспертных оценок. / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гуревич - М.: Статистика, 1980г. - 263 с.

17. **Большакова Л. В.** Теория вероятностей для экономистов: Учебное пособие / Л. В. Большакова. - М.: Финансы и статистика, 2009. - 208 с.

18. **Бородин А. Н.** Случайные процессы / А. Н. Бородин. - М.: Лань, 2013. - 640 с.

19. **Браверман Э. М.** Математические модели планирования и управления в экономических системах / Э. М. Браверман. – М., 1976. - 366 с.

20. **Брикач Г. Е.** Нелинейная оптимизация в оценках деловой стратегии предприятий. / Г. Е. Брикач. – М.: МОДЭК, 2006. - 198 с.

21. **Буре В. М.** Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник / В. М. Буре. - СПб.: Лань, 2013. - 416 с.

22. **Бучарт Г.** Воздушный транспорт России: старые проблемы и новые перспективы. / Г. Бучарт, П. Смит // Авиатранспортное обозрение. 2003. - №47. - С. 48-50.

23. **Бушкова-Шиклина Э. В.** Механизмы принятия управленческих решений проблема концептуализации /Э. В. Бушкова-Шиклина // Вестник

Нижегородского университета им., Н.И. Лобачевского. 2007. - № 1 (6). - С. 25-29.

24. **Варшавская конвенция по унификации некоторых правил международных воздушных перевозок**, Варшава, 1929 г.

25. **Варенников В. А.** Алгоритмическая структура управления авиапредприятием. / В. А. Варенников, М. М. Кислицин, В. А. Козлов. - П.: Академия ГА, 1987г. - 59 с.

26. **Ватутин В. А.** Теория вероятностей и математическая статистика в задачах / В. А. Ватутин, Г. И. Ивченко, Ю. И. Медведев. - М.: Ленанд, 2015. - 384 с.

27. **Вентцель Е. С.** Задачи и упражнения по теории вероятностей / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. - М.: Высшая школа, 2006. - 448 с.

28. **Вентцель Е. С.** Теория вероятностей. / Е. С. Вентцель. - М.: Высшая школа, 1998. – 576 с.

29. **Вентцель Е. С.** Теория вероятностей и ее инженерные приложения: Учебное пособие для втузов. / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. - 2-е изд. - М.: Высшая школа, 2000. - 383 с.

30. **Вилкас Э. И.** Решения: теория, информация, моделирование. / Э. И. Вилкас, Е. З. Маймикас. - М.: Радио и связь, 1981г. – 328 с.

31. **Воздушный кодекс Российской Федерации** от 19 марта 2001

32. **Вурос А. В.** Экономика отраслевых рынков/А. В. Вурос, Н. М. Розанова - Экономический факультет МГУ, ТЕИС. - М., 2002. – 253 с.

33. **Выполненный грузооборот авиакомпаний Российской Федерации** Электронный ресурс/Федеральное агентство воздушного транспорта. 2009.- Режим доступа: http://www.favt.ru/vp/vga/

34. **Гаптмахер Ф. Р.** Теория матриц. / Ф. Р. Гаптмахер. - М.: Наука, 1967г. – 581 с.

35. **Гейл Д.** Теория линейных экономических моделей / Д. Гейл. – М., 1963. – 419 с.

36. **Гнеденко Б. В.** Курс теории вероятностей. / Б. В. Гнеденко. - М.: Наука, 1988. – 447 с.

37. **Горлач Б. А.** Теория вероятностей и математическая статистика / Б. А. Горлач. - М.: Лань, 2013. - 320 с.

38. **Горяшко А. А.** О некоторых классах задач при организации производства на авиапредприятии /А. А. Горяшко, А. А Дианов // Научный Вестник МГТУГА. – 2012. - № 186 - С. 152.

39. **Горяшко А. А**. Обобщенная модель стационарного рынка грузовых авиаперевозок / А. А. Горяшко, Б. П. Елисеев // Научный Вестник МГТУГА. — 2014. - № 202 - С. 17.

40. **Гусаров В. М.** Статистика: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по экономическим специальностям / В. М. Гусаров, Е. И. Кузнецова. — Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2017. — 479 с.

41. **Диброва Г.С.** Экономика, организация и планирование ГА. / Г. С. Диброва, Е. П. Лисин, А. Н. Хижняк. - М.: Транспорт, 1989. – 263 с.

42. **Драйпер И.** Прикладной регрессионный анализ. / И. Драйпер, Г. Смит. - Пер. с англ. Кн. 1. - М.: Финансы и статистика, 1986. – 366 с.

43. **Драйпер И.** Прикладной регрессионный анализ. / И. Драйпер, Г. Смит. - Пер. с англ. Кн. 2. - М.: Финансы и статистика, 1987. – 351 с.

44. **Дубров А. М.** Многомерные статистические методы. / А. М. Дубров, В. С. Мхитарян, Л. И. Трошин. - М.: Финансы и статистика, 2003. – 352 с.

45. **Дынкин А. А.** Мировая экономика: прогноз до 2020 Г./А. А. Дынкин, И. С. Королев, Е. С. Хесин; под ред. А.А. Дынкина. // М.: Магистр, 2007. - 429 с.

46. **Елисеева И. И.** Общая теория статистики. / И. И. Елисева, М. М. Юзбашева. - М.: Финансы и статистика, 2004. – 656 с.

47. **Емельянов С. В.** Многокритериальные методы принятия решений / Новое в жизни, науке, технике, серия «Математика, кибернетика», № 10 / С. В. Емельянов, О. И. Ларичев - М.: Знание, 1985г. – 32 с.

48. **Емельянов С. В.** Обзор. Проблемы и методы принятия решений. / С. В. Емельянов, В. М. Озерной, О. И. Ларичев. - М.: ВИНИТИ, 1973г. – 43 с.

49. **Заде Л. А.** Основы нового подхода и анализ сложных систем и процессов принятия решений / Математика сегодня / Составитель Шилейко А.В. - М.: Знание, 1974г. - С. 5 - 49.

50. **Каминская Е. А.** Курс математики для технических высших учебных заведений. Часть 4. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие / Е.А. Каминская. - СПб.: Лань, 2013. - 304 с.

51. **Канторович Л. В.** Оптимальные решения в экономике. / Л. В. Канторович, А. Б. Горстко. – М: Наука, 1972. – 231 с.

52. **Карлов А. М.** Теория вероятностей и математическая статистика для экономистов. Учебное пособие / А. М. Карлов. - М.: КноРус, 2015. - 268 с.

53. **Кендалл М. Дж.** Статистические выводы и связи. / М. Дж Кендалл, А. Стьюарт А. - М.: Наука, 1973. – 466 с.

54. **Колмогоров А. Н.** Основные понятия теории вероятностей. / А. Н. Колмогоров. - М.: Наука, 1974. – 120 с.

55. **Комаристый Е. Н.** Определение объема рынка авиаперевозок // «Маркетинг в России и за рубежом» № 1, 2004. – С. 34 – 41.

56. **Комаристый Е. Н.** Система предварительного анализа воздушной линии на основе внешних данных // «Маркетинг в России и за рубежом», №5, 2003. – С. 22.

57. **Конкурентоспособность и перспективы развития российских авиаперевозчиков**/Аналитическая записка. Электронный ресурс. Эксперт. - 2003. -Режим доступа: http://www.raexpert.ru/researches/avia/avia.pdf

58. **Концепция совершенствования хозяйственного механизма и управления экономикой гражданской авиации.** М. 1990.

59. **Конюховский П. В.** Математические методы исследования операций в экономике. / П. В. Конюховский. – СПб., 2000. – 208 с.

60. **Косиченко Е. Ф.** Совершенствование управления транспортом в условиях экономической реформы (на примере гражданской авиации). / Е. Ф. Косиченко. - М.: Транспорт, 1996. – 199 с.

61. **Костромина Е. В.** Авиатранспортный маркетинг. / Е. В. Костромина. — М.: НОУ ВКШ «Авиабизнес», 2003. – 383 с.

62. **Костромина Е. В.** Экономика авиакомпании в условиях рынка / Е. В. Костромина. - 5-е изд., испр. и доп. - М. : Авиабизнес, 2005 (Тип. Россельхозакадемии). – 344 с.

63. **Костромина Е. В.** Экономика авиакомпании. / Е. В. Костромина. - М.: Международные отношения, 1997.

64. **Костромина Е. В.** Экономика ГА. / Е. В. Костромина. - М.: МГТУ ГА, 1994. – 84 с.

65. **Кочетков Е. С.** Теория вероятностей в задачах и упражнениях: Учебное пособие / Е. С. Кочетков, С. О. Смерчинская. - М.: Форум, 2018. - 559 с.

66. **Крамер Г.** Математические методы статистики. / Г. Крамер. - Пер. с англ. - М.: Мир, 1975. – 648.

67. **Краюхин Г. А.** Методика анализа деятельности предприятий в условиях рыночной экономики: Учеб. пособие по специальности 060801 "Экономика и упр. на предприятиях машиностроения" / С.-Петерб. гос. инженер.-экон. акад.; [В. Г. Лебедев и др.]; Под ред. Г. А. Краюхина. - СПб.: СПбГИЭА, 1996. - 234 с.

68. **Кремер Н. Ш.** Теория вероятностей и математическая статистика. / Н. Ш. Кремер. - М.: ЮНИТИ: ЮНИТИ-Дана, 2003. – 773 с.

69. **Кремер Н. Ш.** Исследование операций в экономике: Учебное пособие для вузов / Н.Ш. Кремер, Б.А. Путко, И.М. Тришин, М.Н. Фридман; Под ред. Проф. Н.Ш. Кремера.- М.: ЮНИТИ, 2003. – 407 с.

70. **Крэнделл Р.** Рынок авиаперевозок должен регулироваться / Р. Крэнделл // Авиатранспортное обозрение. 2008. - № 91.

71. **Курило В. М.** Концепция перехода гражданской авиации к рыночным отношениям. / В. М. Курило. - М.: Воздушный транспорт, 1991. – 222 с.

72. **Курило В. М.** Перестройка системы управления в гражданской авиации. Совершенствование планирующих и организационных структур управления ГА: Учебное пособие для вузов гражданской авиации / В. М. Курило; Академия гражданской авиации. - Л.: ОЛАГА, 1990. - 118 с.

73. **Литвин М. И.** Применение матричных балансов для оценки финансового состояния предприятия / М. И. Литвин // Финансы. - № 3, 1995. – С. 14-17.

74. **Логвин А. И.,** Плешакова О.А. Статистическая модель процесса управления авиакомпанией. Научный Вестник МГТУГА, сер. Информатика. Прикладная математика. №77 (4), 2004.

75. **Лукашин Ю.П.** Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования. / Ю.П. Лукашин. - М.: Статистика, 1979. - 256 с.

76. **Лукинский В. С.** Модели и методы теории логистики: Учебное пособие. 2-е издание/ под редакцией В. С. Лукинского. – СПб.: Питер, 2008. – 448 с.

77. **Маленво Э.** Статистические методы эконометрии / Э. Маленво. - Пер. с фр. А. И. Гладышевского [и др.]; Науч. ред. Б. Н. Михалевского и Э. Б. Ершова. - Москва: Статистика, 1975-. - 325 с.

78. **Малыхин В. И.** Математика в экономике: Учебное пособие. / В. И. Малыхин. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 356 с.

79. **Маслаков В.** Стратегическое планирование и эффективность управления авиапредприятиями РФ / В. Маслаков, А. Корень // Авиатранспортное обозрение. 1998.-№ 15. -, С. 39 - 41.

80. **Медницкий В. Г.** Анализ эффективности с помощью оптимизационных моделей / В. Г. Медницкий // Экономика и математические методы. – 1996. – Т. 32, вып. 2. – С. 104 – 116.

81. **Методика оптимизации налета часов, определения себестоимости и цены самолето-часа** № 102/У от 07.02.91

82. **Методические рекомендации по определению себестоимости внутренних и международных рейсов для российских авиакомпаний** № ФСВТ 7.7-188 от 15.07.99.

83. **Методические рекомендации по определению себестоимости рейсов воздушных судов гражданской авиации** № ДВ15.1-178 от 19.10.93.

84. **Методы расчета себестоимости, используемые для принятия решений: современная практика управленческого учета**. Люксембург: Офис официальных изданий Европейского Сообщества. - TACIS, 1997.

85. **Моисеев Н. Н.** Математические задачи системного анализа /Н. Н. Моисеев. - М.: Мир, 1985. – 467 с.

86. **Моисеева Н. К.** Основы теории и практики функционально -стоимостного анализа. / Н. К. Моисеева, М. Г. Карпунин. - М.: Высшая школа, 1988г. - 191 с.

87. **Монахов А. В.** Математические методы анализа экономики. / А. В. Монахов. – СПб: Питер, 2002. – 176 с.

88. **Мхитарян В. С.** Статистические методы в управлении качеством продукции. / В. С. Мхитарян. - М.: Финансы и статистика, 1982г. – 119 с.

89. **Мхитарян В. С.** Теория вероятностей и математическая статистика / В. С. Мхитарян. - М.: Академия (Academia), 2012. - 356 с.

90. **Мятлев В. Д.** Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели: Учебное пособие / В. Д. Мятлев. - М.: Академия, 2018. - 240 с.

91. **Обзор экономического положения воздушного транспорта и перспективы развития 1988-2010**. Циркуляр ИКАО 222-АТ/ОО, Монреаль, 2000.

92. **Особенности формирования российского рынка авиаперевозок** / Аналитическая записка. Электронный ресурс. Эксперт. - 2003. - Режим доступа: http://www.raexpert.ru/researches/avia/avia.pdf

93. **Петров В. И.** Применение линейной алгебры в принятии решений: Метод. указ. / В. И. Петров, М. А. Симонянц. - СПб. : Изд-во СПбГТУ, 1997. – 40 с.

94. **Плешакова О. А.** Выбор управленческого решения как задача на проверку статистических гипотез. Научный Вестник МГТУГА, сер. Эксплуатация воздушного транспорта и ремонт авиационной техники. Безопасность полетов, №75 (9), 2004.

95. **Плешакова О. А.** Математические модели организации производственной деятельности типовой авиакомпании. Научный Вестник МГТУГА, сер. Информатика. Прикладная математика. №77 (4), 2004.

96. **Плешакова О. А.** Процесс управления авиакомпанией как статистическая задача. / О. А Плешакова, А. И. Логвин. -Тезисы докладов МНТК «АВИА 2002». Киев, 2002г.

97. **Плешакова О. А.** Принятие решений при многоальтернативном выборе для статистически неопределенной ситуации. / О. А. Плешакова, А. И Логвин. - Тезисы докладов МНТК «АВИА 2004». Киев, 2004г.

98. **Поспелов Д. А.** Ситуационное управление: теория и практика. / Д. А. Поспелов. - М.: Наука, 1986. – 284 с.

99. **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.

100. **Рао С. Р.** Линейные статистические методы и их применение / С. Р. Рао - М.: Наука, 1968. - 548 с.

101. **Руководство «Обеспечение контроля финансово-экономического состояния авиапредприятий»**, утверждено Приказом ФАС России № 14 от 22.06.96.

102. **Руководство по прогнозированию воздушных перевозок ИКАО**. - Документ 8991-АТ/722, Монреаль, 1985.

103. **Сулицкий В. Н.** Методы статистического анализа в управлении: учеб. Пособие / В. Н. Сулицкий; Акад. нар. хоз-ва при Правительстве РФ. - М.: Дело, 2002. - 519 с.

104. **Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года,** утверждена распоряжением Правительства РФ от 22.11.2008 № 1734-р. Электронный ресурс/Режим доступа:// www.mintrans.ru/pressa/doc/ TransStrateg221120081734r.zip

105. **Федосеев В. В.** Экономико-математические методы и модели в маркетинге: Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Маркетинг" / В. В. Федосеев, Н. Д. Эриашвили; Под ред. В. В. Федосеева. - 2. изд., перераб. и доп. - М.: Юнити, 2001. – 158 с.

106. **Федосин С. А.** Прогнозирование спроса на рынке авиаперевозок / С. А. Федосин, Ю. Д. Есин // МГУ им., Н.П.Огарева». Саранск, 2012.

107. **Федеральные авиационный правила «Общие правила воздушных перевозок пассажиров, багажа, грузов и требования к обслуживанию пассажиров, грузоотправителей, грузополучателей»,** утв. приказом Минтранса РФ от 28 июня 2007 г. N82

108. **Федеральный закон «О государственном регулировании развития авиации».** Принят Государственной Думой 10 декабря 2001 года

109. **Ферстер Э.** Методы корреляционного и регрессионного анализа: Руководство для экономистов / Э. Ферстер, Б. Ренц; Пер. с нем. и предисл. В. М. Ивановой. - М.: Финансы и статистика, 1983. - 302 с.

110. 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.

111. **Фишер С.** Экономика. / С. Фишер, Р. Дорнбуш, Р. Шмалензи. - Пер.с англ. со 2-го изд. — М.: Дело, 1998. – 829 с.

112. **Фридлянд А. А.** Государственное регулирование и монополизм на воздушном транспорте / А. А. Фридлянд, И. В. Щербаков// Бюллетень транспортной информации. 2000. - № 63.

113. **Фридлянд А. А.** Финансовое положение авиаперевозчиков и актуальные задачи регулирования российского авиатранспортного рынка/А. А. Фридлянд//Авиационный рынок: информация, новости, комментарии: информ. бюл. 1999. - № 1 (84). - С. 24 - 28.

114. **Фридлянд А. А.** Регулирование деятельности авиаперевозчиков: учеб. пособие, ч.1. / А. А. Фридлянд, Т. П. Чубакова / Государственное регулирование на воздушном транспорте / МГТУ ГА, М., 2000. - 68 с.

115. **Четыркин Е. М.** Вероятность и статистика. / Е. М. Четыркин, И. Л. Калихман. - М.: Финансы и статистика, 1982. – 319 с.

116. **Чикагская конвенция о международной гражданской авиации** от 7 декабря 1944 г., с поправками 1962,1972 и 1973 гг.

117. **Шеффе Г.** Дисперсионный анализ. / Г. Шеффе. - М.: Наука, 1980. – 512 с.

118. **Эванс Дж.** Маркетинг. / Дж. Эванс, Б. Берман. - Пер. с англ. - М.: Сирин, 2004 (Калуж. тип. стандартов). - 278 с.

119. **Энатская Н. Ю.** Теория вероятностей и математическая статистика для инженерно-технических направлений: Учебник и практикум для прикладного бакалавриата / Н. Ю. Энатская, Е. Р. Хакимуллин. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 399 с.

120. **Юдин. Д. Б.** Математические методы управления в условиях неполной информации. / Д. Б. Юдин. - М.: Сов. Радио, 1974. – 399 с.

121. **Юсупов Р. М.** Статистические методы обработки результатов наблюдений. / Р. М. Юсупов. - М.: Министерство обороны, 1984. – 563 с.

122. **Ямбаева Р.** В поиске резервов доходности / Р. Ямбаева // Авиатранспортное обозрение. 2000.- № 27.

123. **Янке Е.** Специальные функции: Формулы, графики, таблицы. / Е. Янке, Ф. Эмде, Ф. Леш. - Пер. с 6-го перераб. нем. Изд. / Под ред. Л.И. Седова. - 3-е изд., стер. - Москва: Наука, 1977. - 342 с.

124. **Shafer G.** A mathematical theory of evidence. / G/ Shafer. - Princeton Univ. Press. 1976r. – 297 с.

Приложение1

МЕТОДИКА
ПРОГНОЗА ПАССАЖИРООБОРОТА АВИАКОМПАНИИ

1. Исходные положения

Цель Методики – разработка прогноза на период до 2025 года числа численности авиапассажиров, отправляемых авиакомпаниями на примере Московского авиационного узла.

Сложность прогнозирования заключается в том, что в настоящее время для экономики России характерна определенная неустойчивость, проявляющая себя в периодической смене подъемов и спадов, что находит свое естественное отражение в показателях авиакомпаний.

Методика базируется на следующих основных принципах:

I. Поскольку (с точки зрения показателей предыдущих лет, теории управления) экономика РФ представляет собой большую инерционную систему, изменения ее основных характеристик – результат долгосрочно накапливаемых изменений. Следствием этого является высокая степень коррелируемости ее годовых итоговых показателей. Это дает возможность с достаточно высокой степенью достоверности, опираясь на показатели предыдущих лет, прогнозировать соответствующие показатели на следующий и последующие год. Следовательно, предыстория показателей должна быть достаточно длительный.

II. При построении прогноза следует опираться на такой промежуток времени, когда проявляется периодичность процесса (спад-подъем)

III. Особо следует учесть обратить внимание на моменты, когда происходило резкое уменьшение числа отправок.

2. Анализ и учет факторов, определяющих прогноз отправок

I. Основу статистики составляют данные по отправке авиапассажиров. Статистические данные по отправке авиапассажиров за период 1995-2015 гг., представленные в таблице 1.

Таблица 1 - Статистика отправок авиапассажиров из авиакомпаний Московский авиационный узел

№ п/п	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Год	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Отправки	14195	14875	14364	15839	16863	17304	18647

№п/п	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
Год	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Отправки	18972	19712	20451	21191	21931	22671	23411

№ п/п	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**
Год	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Отправки	24405	25142	23520	16061	10727	9549	8357

Периодический характер изменения фактических данных следует учитывать синусоидальной зависимостью

$$\sin\left(\left[n-c\right]\cdot/d-/2\right), \qquad (1)$$

где n – порядковый номер года в Таблице 1.

Поскольку минимальные значения имели место в 1995г. (№1) и 2015 г. (№21), период равен 20 годам, т.е. в соотношении (1) c=1, d=20. Максимум приходится на 2010 г. (№16), что, однако, не совпадает с точкой максимума n=11, характерной для синусоиды. Этот момент может быть скорректировано введением специального временного множителя, в качестве которого выступает экспоненциальная функция. Естественным при аппроксимации является придание степенного характера синусоидальной зависимости.

II. В предложенную модель целесообразно ввести некоторый нормирующий множитель a (булевая переменная, равная 0 для n=1-17, и $a\neq0$ для n>17) (2).

Наиболее эквивалентной является для данных переменных зависимость

$$a=\exp\left\{-0{,}25n\right\}, \quad n>1. \qquad (2)$$

Предполагается, что минимальный объем перевозок всегда выше значения 6000 тыс. человек в год. Именно эта цифра была использована в предлагаемой модели разработанной модели прогнозирования.

3. Базовая модель объема перевозок

Поскольку на процесс перевозки авиапассажиров влияет большое число самых разнообразных факторов, многие из которых взаимосвязаны между собой, представляется нецелесообразным при анализе процесса использование аддитивной модели, что с необходимостью требует опоры на мультипликативный подход.

С учетом изложенного предлагается следующая мультипликативная модель (3):

$$Y = Y_0 + \exp\{b_1 + b_2 n + b_3 a + Z\} \cdot [2 + \sin([n - c]/T - /2)] \quad (3)$$

где

Y – прогнозируемое число отправляемых авиапассажиров,

n - номер года прогнозирования,

Y_0 - “базовое” значение отправок,

T - период в годах,

c – корректирующее число, обеспечивающее совпадение года минимума отправок с минимумом синусоидальной зависимости,

a - определяется формулой (2),

b – некоторые, подлежащие в дальнейшем определению, параметры

Z – некоторая с нулевым средним значением случайная величина, выполняющая роль нормирующего параметра

Соображения, представленные выше, дают возможность перейти к конкретным значениям этих случайных величин: Y=6000, d=10, h=0,25, c=20.

Таким образом, для оценки числа отправленных авиапассажиров (в тыс. человек) можно использовать следующую формулу:

$$Y = 6000 + \exp\{b_1 + b_2 t + b_3 a + Z\} \cdot (2 + \sin(t/2)) \quad (4)$$

4.Статистическое оценивание модели

Для возможности использования модели (4) необходимо из имеющихся данных по имевшим в предыдущие годы данным по отправке авиапассажиров определить входящие в формулу (4) параметры b_i (i=1,2,3)

Для удобства пользования проведем определенным образом линеаризацию полученного соотношения, где определяемые коэффициенты регрессионной модели будут фигурировать просто как множители при известных величинах. С этой целью проведем соответствующее логарифмирование, в результате чего получим:

$$\ln(Y-6000)=b_1+b_2+b_3 n\exp[-0,25n]+b_4\ln[\sin(t/2)+2]+Z \quad (5)$$

Полученное итоговое соотношение содержит 4 подлежащих определению неизвестных коэффициентов b_1,b_2,b_3,b_4. Что касается сопутствующих переменных *T*, то их значения можно получить, опираясь на данные, приведенные в Таблице 2. В рассматриваемом случае роль сопутствующих элементов будут выполнять множители при названных коэффициентах, т.е. соответственно: константа 1, номер года и две функциональные зависимости $\ln[\sin((t-1995)\cdot/10-/2)+2]$ и $\exp[-0,25(t-2005)]$

Введем вектор **B,** координатами которого пусть будут неизвестные параметры $b_1,\ b_2,\ b_3,\ b_4$, т.е. $\mathbf{B}=(b_1,\ b_2,\ b_3,\ b_4)$. Введем также вектор «оценки» с оценочными координатами, т.е. $\hat{\mathbf{B}}=(\hat{b}_1,\ \hat{b}_2,\ \hat{b}_3,\ \hat{b}_4)$.

Опираясь на регрессионную теорию, можно сразу записать соотношение для вектора «оценки»:

$$\hat{\mathbf{B}}=(T^{+}T)^{-1}T^{+}W, \quad (6)$$

где *T* – матрица-столбец, элементами которой являются упоминавшиеся выше сопутствующие переменные,

$W=\ln(Y-6000)$ - вектор логарифмов зарегистрированных значений отправок (см. Табл. 1),

Прямые вычисления выводят на следующие соотношения для необходимых в дальнейшем выражений: вектора $T^{+}W$ и матрицы $T^{+}T$:

$$T^{+}W = \begin{pmatrix} 215{,}97 \\ 3{,}6 \\ 231{,}6 \\ 135{,}41 \\ 2{,}5 \end{pmatrix} \tag{7}$$

$$T^{+}T = \begin{pmatrix} 25 & 277 & 14{,}98 & 0{,}34 \\ 277 & 3973 & 137{,}24 & 5{,}485 \\ 14{,}98 & 137{,}24 & 12{,}85 & 0{,}06 \\ 0{,}34 & 5{,}485 & 0{,}06 & 0{,}03 \end{pmatrix} \tag{8}$$

Прямые вычисления выводят на следующее представление для обратной матрицы - $T^{+}T$

$$\left(T^{+}T\right)^{-1} = \begin{pmatrix} 0{,}26 & -0{,}01 & -0{,}16 & -0{,}20 \\ -0{,}01 & 0{,}003 & -0{,}016 & -0{,}38 \\ -0{,}16 & -0{,}016 & 0{,}42 & 4{,}49 \\ -0{,}20 & -0{,}38 & 4{,}49 & 124{,}59 \end{pmatrix} 2 \tag{9}$$

Для дальнейшего целесообразно образовать вектор, координатами которого будут выступать искомые неизвестные коэффициенты:

$$\hat{B} = \left(T^{+}T\right)^{-1} TW = \begin{pmatrix} 9{,}48 \\ -0{,}07 \\ 2{,}06 \\ -0{,}09 \end{pmatrix} \tag{10}$$

Что касается матрицы сопутствующих элементов *T*, то она будет иметь вид:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & v & 0 \\ 1 & 2 & v & 0 \\ 1 & 3 & v & 0 \\ . & . & . & . \\ 1 & 16 & v & 0 \\ 1 & 17 & v & 0 \\ 1 & 18 & v & a \\ 1 & 19 & v & a \\ 1 & 20 & v & a \\ 1 & 21 & v & a \end{pmatrix}, \qquad (11)$$

где введены следующие обозначения:

$$v = \ln\left[\sin\left((t-i)\cdot/10-/2\right)+2\right], \quad i=\overline{1,21};$$

$$a = \exp\left[-0{,}25(i-18)\right], \quad i=\overline{18,21}.$$

5. Итоговые соотношения для оценки прогноза отправки авиапассажиров

Соотношения (4.3), будучи подставленными в выражение (3.2), дают искомую формулу для оценки числа отправляемых авиапассажиров (в тыс. человек) в n-ом году

$$Y = 6000 + \exp\{9{,}48 - 0{,}07n - 2{,}06a\}\cdot\left[\sin(n/2)+2\right]$$

Расчеты, выполненные по этой формуле на 1996-2000 гг., представлены в таблице 3.

Таблица 3 -Прогнозы отправок пассажиров из Московского авиационного узла (тыс. чел.).

Год	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**
Отправки	23520	16061	10727	17489	25573
Прогноз	(23520)	(16061)	11034	17920	26401

Использование полученных соотношений для более отдаленной перспективам некорректно.