

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
ФГБОУ ВПО «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»**

На правах рукописи



**ЖУКОВ ВАСИЛИЙ ЕГОРОВИЧ**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОРГАНИЗАЦИИ  
ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОВОЗНЫМИ ЕМКОСТЯМИ В  
АВИАКОМПАНИИ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДСТВЕННО-СБЫТОВОЙ  
МОДЕЛИ**

Специальность 05.22.01 – Транспортные и транспортно-технологические  
системы страны, ее регионов и городов, организация производства на  
транспорте

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Научный руководитель  
доктор технических наук  
доцент В.П. Маслаков

Санкт-Петербург – 2014

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Введение.....                                                                                            | 4   |
| Глава 1. Авиакомпания как элемент системы воздушного транспорта<br>России .....                          | 12  |
| 1.1 Системный подход к моделированию сложных производственных<br>процессов .....                         | 12  |
| 1.2 Моделирование и оптимизация бизнес-процессов авиакомпании.....                                       | 14  |
| 1.3 Разработка задач по оптимизации парка воздушных судов .....                                          | 24  |
| 1.4 Анализ методов решения задач моделирования производственной<br>деятельности авиакомпании .....       | 27  |
| 1.5 Параметрический анализ для построения модели .....                                                   | 29  |
| Выводы по главе 1 .....                                                                                  | 35  |
| Глава 2. Модель Форрестера как инструмент анализа производственных<br>процессов .....                    | 38  |
| 2.1 Динамическое моделирование авиатранспортного предприятия .....                                       | 38  |
| 2.2 Исходные допущения для системы уравнений динамической модели ...                                     | 46  |
| 2.3 Уравнения для совокупной авиалинии .....                                                             | 48  |
| 2.4 Уравнения для авиакомпании .....                                                                     | 59  |
| 2.5 Начальные условия .....                                                                              | 68  |
| 2.6 Использование динамической модели для анализа структуры<br>управления .....                          | 71  |
| Выводы по главе 2 ..                                                                                     | 78  |
| Глава 3. Оценка работоспособности производственно-сбытовой модели<br>авиатранспортного предприятия ..... | 80  |
| 3.1 Структурная схема построения модели .....                                                            | 80  |
| 3.2 Исследование поведения модели совокупной авиалинии .....                                             | 84  |
| 3.3 Исследование поведения модели авиакомпании как производственного<br>звена .....                      | 98  |
| 3.4 Валидация модели .....                                                                               | 112 |

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Выводы по главе 3 .....                                                                      | 117 |
| Глава 4. Методика применения динамической производственно-сбытовой модели авиакомпании ..... | 120 |
| 4.1 Оценка пригодности модели .....                                                          | 120 |
| 4.2 Блок – схема вычислительного алгоритма модели .....                                      | 122 |
| 4.3 Функциональная реализация возможностей модели .....                                      | 126 |
| Выводы по главе 4 ....                                                                       | 130 |
| Заключение .....                                                                             | 132 |
| Список литературы .....                                                                      | 137 |

## Введение

В последние годы в практической деятельности авиатранспортных предприятий наблюдается интенсификация процессов поиска и синтеза рациональных методов управления. Организационные преобразования структуры предприятий отрасли, выражены не только в разделении объединенных авиаотрядов (ОАО) аэропорты и авиакомпании, но и формирование альянсов авиакомпаний, широкое использование методов аутсорсинга в практике организации производства авиатранспортных услуг.

Объектом исследования является большая организационно-техническая система – авиакомпания, в которой решаются задачи по предоставлению транспортной услуги пассажирам.

Диссертационное исследование основывается на научных трудах отечественных и зарубежных авторов по теории экономико-математического моделирования, таких как П.П. Обсоров [40], Н.Н. Масюк [34], А.К. Иванов [21], К.А. Багриновский [5], А.А. Васин [12], В.С. Иозайтис [22], Шеер Август-Вильгельм [49], Е.В. Шикин [52], по моделированию и исследованию производственных процессов на транспорте – Е.П. Истомин [23], А.С. Бутов [10], Н.М. Шеремет [51], Е.А. Сеславина [45], имитационного динамического моделирования – С.А. Аристов [4], Ю.Н. Карпов [24], Т. Нейлор [38], Ю.И. Неймарк [39], Дж. Форрестер [47], Р. Шенон [50], исследования организационных структур управления транспортом – Т.В. Федина [46], А.В. Завгородняя [19], транспортной логистики – О.В. Репина [44], Е.Н. Комаристый [26], К. Лавлок [31], информационных систем и технологий – В.С. Маклаков [33], О’Лири [42]. Работы в области гражданской авиации – В.В. Андрианова [1], Г.А. Крыжановского [29], Е.Н. Зайцева [53], В.П. Маслакова [54].

В работе использовались источники в виде публикаций в научных и отраслевых изданиях, материалы информационного и аналитического содержания ИКАО, данные Транспортно-клиринговой палаты (ТКП).

На практике, в настоящее время применяется достаточно большое число методов и методик позволяющие решать отдельные частные задачи оперативного управления производственной деятельностью авиатранспортного предприятия. Методы управления находят свое применение в виде формализованных моделей реализованных на языке программирования.

Программные продукты, инструменты оперативного управления производством, складываются из набора продуктов решающих частные задачи управления производством, так например, отдельные разработки фирмы Sabre позволяют решать деинтегрированные задачи, обеспечивающие решение частных задач управления авиакомпанией. Модуль APM (Airline Profitability Module) для построения оптимальных расписаний выполнения полетов. Модуль AF (Fleet Assignment) для управления парком воздушных судов. Модуль AP (Air Price) - анализ и управление тарифами. Отечественные разработки: СППР «СИРИУС-2» предназначена для автоматизации задач аналитической обработки больших объемов финансово-экономической информации для принятия важных стратегических и оперативных решений в интересах бизнеса. Подсистема OpenSky/Sched -составление расписания полетов. Автоматизированная система КОМПАС поддерживает задачи, связанные с учетом выполненных рейсов, учетом бланков строгой отчетности авиакомпании, взаиморасчетов с агентами по продаже перевозок и расчетов интерлайн с авиакомпаниями, учетом доходов и расходов от авиаперевозок, расчетом НДС с выручки и т.д. Автоматизированная система «Экипаж» предназначена для организации долгосрочного и краткосрочного планирования, оперативного управления и учета летной работы подразделений авиакомпании. Система SkyActivities обеспечивает прогнозирование производственных и финансовых показателей работы авиакомпании.

Существующие в настоящее время системы, часто называемые автоматизированные рабочие места (АРМ) обеспечены корректным математическим инструментарием, но имеют ограниченную область применения.

Применение в последние годы интегрированных ERP- систем решает задачу повышения эффективности управления авиатранспортным предприятием только частично ввиду формальной неопределенности вычислительной философии системы. В силу этого, вопросы совершенствования оперативного управления в системе производства авиатранспортной услуги нельзя считать достаточно изученными и научно проработанными. Следовательно, научное исследование, представленное в данной работе, является актуальным.

Актуальность исследования представленного в данной работе состоит в том, что многих отечественных авиакомпаний является характерным отсутствие практических методик и методов, дающих возможность решать задачи количественной оценки и повышения эффективности оперативного управления.

Условия задачи, поставленные в работе, основываются на практически наблюдаемых тенденциях в системе управления авиатранспортным предприятием, где явно прослеживается тенденция повышения ответственности руководителя за результаты деятельности предприятия. Что обусловлено повышением степени дефицита ресурсов, и как результат наблюдается перевод полномочий по принятию оперативных решений на верхние уровни управления. Следовательно, происходит увеличение нормы занятости руководителя и снижение эффективности управления предприятием.

Однако, устойчивый рост авиаперевозок, наблюдаемый в последние годы, предполагает дальнейшее развитие рынка авиатранспортных услуг, следовательно, повышение требований к участникам рынка, повышение требований к эффективности стратегического планирования и принятию кардинальных решений по развитию оперативного управления.

Научная задача, решение является сутью настоящей работы, заключается в разработке модели способной обеспечить обоснованное принятие решений на оперативном уровне управления, при этом принимаемое решение будет синергетическим по своей форме.

Применение методики построения дескриптивной модели позволит изучить возможные рациональные, близкие к оптимальным решения, направленные на совершенствование оперативного управления. Принятие решений будет отрабатываться на модели в виде формализованного описания устойчивых и объективных связей между показателями, формирующими порядок взаимодействия отдельных элементов структуры производственной системы, которой является авиакомпания.

Выбор метода формализации поставленной задачи определен тем, что в разнообразии научных подходов и методов совершенствования систем управления основными являются методы оптимизации управленческих решений. Модель производственной динамики, представленная в работе, не предлагает оптимизационных решений, она только иллюстрирует изменения в производственных процессах при принятии управленческих решений, тем самым, оставляя право выбора оптимального решения за лицом, принимающим решения.

Следовательно, теоретическая значимость работы состоит в реализации этого нового подхода использования модели производственной динамики.

К новым научным результатам, содержащимся в диссертационной работе можно отнести:

- предложение по использованию динамической производственно-сбытовой модели Форрестера как инструмента решения производственной задачи, целью которого является увеличение эффективности управления авиапредприятием. В отличие от существующих в настоящее время моделей управления авиатранспортным производством динамическая производственно-сбытовая модель обладает всеми необходимыми параметрами для решения управленческих задач, в том числе и в больших организационно-технических системах. Это позволяет моделировать организационно-техническую систему не просто как открытую систему, а как две взаимосвязанные системы – производственный уровень и уровень реализации, в работе называемый «совокупная авиалиния»;

- формулирование производства авиатранспортной услуги в ее товарном проявлении как потока заказов, формирующих спрос на выполнение перевозок воздушными судами и потока готовой продукции способной удовлетворить этот спрос. В отличие от ранее в существовавшей практики анализа производственной деятельности авиатранспортного предприятия, предлагается ввести в модель единицу товарного производства услуги – пассажирские кресла. Введение такой единицы измерения производства позволяет применить в модели единообразные потоки готовой продукции и спроса на эту продукцию;

- моделирование производства авиатранспортной услуги произведено с учетом адаптация математического аппарата модели индустриальной динамики. Так как транспортная услуга специфически отличается от производства реального товара. Осуществленная интерпретация уравнений модели открывает новые возможности в моделировании процессов производства авиатранспортной услуги;

- решение задачи формализации процесса производства транспортной услуги, в виде модели индустриальной динамики, для двух основных потоков, наполняющих систему – спроса и предложения, что создает перспективу для многокомпонентного моделирования на основе созданной модели, и для проведения экспериментов с расчетами в системах формирования пассажирской загрузки на любых видах транспорта, а также грузовой и почтовой загрузки;

- принципиальное отличие от других моделей в том, что в построенной модели информационный поток обретает свое формализованное значение применительно к системе производства авиатранспортной услуги. Что позволяет дать новое значение, различным запаздываниям, на которые указывает Форрестер в своем научном труде. При этом модель, предложенная в диссертационной работе, сохраняет порядок запаздываний, предложенных Форрестером, но изменяет их смысловую направленность;

- применение метода формализации условий работы модели без оптового звена, то есть представление уравнений, позволяющих формализовать

соединение двух уровней, производственного уровня и уровня розничной реализации;

- применение в программной реализации кроме блока графической интерпретации, блока оценки эффективности принимаемых решений. Лицо, принимающее решение (ЛПР), используя программную реализацию модели, может оценить правильность принимаемых решений. В модели есть возможность моделировать показатели производственной деятельности, такие как доходная ставка и коэффициент использования воздушных судов, что открывает новые возможности для изучения эффективности управления.

На защиту выносятся:

1. Формализованный алгоритм построения структуры модели производственной динамики для авиатранспортной услуги.
2. Модель функционирования авиакомпании в виде динамической имитационной модели предприятия.
3. Предложения по использованию модели производственной динамики в дескриптивном исполнении.
4. Предложения по использованию результатов моделирования в их графической интерпретации.
5. Предложения по использованию модели производственной динамики для оценки эффективности управления провозными емкостями авиакомпании.

Практическая значимость работы заключается в том, что итогом работы стала принципиально новая модель, в основе которой только теория и принцип моделирования, предложенные Дж. Форрестером. Предложенный в работе и реализованный в модели подход позволяет исследовать систему производящую услугу, в виде описания реакции производственного звена на динамически изменяющийся спрос в условиях ограниченности ресурсов. Использование системной динамики при принятии управленческих решений позволяет соединить практический опыт лица, принимающего решения с математической интерпретацией управленческого решения представленного посредством

моделирования. Модель может быть использована при создании вычислительного алгоритма систем принятия решений или комплексных систем управления производством (ERP-систем), а также для моделирования конкретных узко профилированных задач управления на предприятиях транспорта и транспортно-логистических организаций.

Результаты исследования использованы в учебном процессе, при написании дипломных работ, частично вошли в состав пособия «Организация производства в сфере воздушного транспорта». Практическое применение представленного в работе метода моделирования отдельных технологических процессов нашло выражение в моделях управления грузовыми перевозками выполненными для транспортно-логистических организаций «TAS AVIATION pvt.ltd» и ООО «ВИРТРАНС».

Основные публикации автора по теме:

Статьи:

1. Жуков В.Е. Динамическое моделирование процесса производства авиатранспортной услуги // Екатеринбург.: Научно-технический журнал «Транспорт Урала» № 3 (18) 2008г. 15-18 с.
2. Жуков В.Е. Имитационная модель «Авиакомпания»// М.: Научно-технический журнал «Мир транспорта» №4. 2008 г. 90-93 с.
3. Маслаков В.П. Жуков В.Е. Моделирование бизнес-процессов авиапредприятия // М.: Информационный бюллетень «Авиационный рынок: информация, новости, комментарии», № 11. 2009 г. 26-31 с.
4. Жуков В.Е. Динамическое моделирование процесса производства транспортной услуги // Ростов на Дону.: Вестник РГУПС №4. 2009 г. 60-64 с.
5. Жуков В.Е. Имитационное моделирование ERP-систем // М.: Научно-технический журнал «Мир транспорта» №4. 2011 г. 78-83 с.
6. Жуков В.Е. Динамическое моделирование системы управления авиатранспортным предприятием// М.: Международный научный журнал «Экономика и предпринимательство» № 2(31). 2013 г. 201-204 с.

7. Жуков В.Е. Графическая интерпретация работы имитационной модели производственной динамики для авиакомпании// М.: Международный научный журнал «Экономика и предпринимательство» № 9 (38). 2013г. 522-529 с.

Работа выполнена на 143 листах, включает 5 таблиц, 52 рисунка.

## **Глава 1. Авиакомпания как элемент системы воздушного транспорта России**

### **1.1 Системный подход к моделированию сложных производственных процессов**

Управление современным авиатранспортным процессом становится достаточно сложно, так как структура организационного взаимодействия постоянно усложняется. Сложность связана с особенностью межэлементных взаимоотношений организационной структуры и организационными системами, с которыми они взаимодействуют. Изменения характеристик системы взаимосвязаны, сложность этих взаимодействий требует разработки методологии системного анализа. Для изучения поведения любой сложной системы полезным и важным инструментом анализа становится имитационное моделирование. Высказывание Томаса Нейлора: «оценку эффективности экономических решений лица, ответственные за их выработку, могут проводить одним из трех способов. Во-первых, есть возможность, по крайней мере, теоретическая, проводить управляемые эксперименты с экономической системой (фирмой, отраслью или экономикой страны). Однако на практике такая возможность обычно оказывается неосуществимой. Фирме, иногда удастся осуществить соответствующий эксперимент, например, с различными вариантами рекламной и рыночной политик, а затем сравнить их результаты. Тем не менее, маловероятно, что в тех редких случаях, когда проводятся реальные эксперименты с экономическими системами, можно сохранить значения всех переменных неизменными и тем самым получить надежное сравнение различных экономических решений. Во-вторых, если есть данные о развитии экономической системы за некоторый период времени в прошлом, можно попытаться провести эксперимент на этих данных. Когда же нельзя провести управляемый эксперимент и нет данных о развитии системы в прошлом (или в этих данных слишком велики случайные возмущения), остается единственная возможность; построить модель рассматриваемой

экономической системы, связывающую эндогенные переменные с экзогенными и провести имитационный эксперимент» [38]. Это же утверждение мы встречаем в книге Аристова С.А [4].

При построении модели реальной системы необходимо придерживаться условий – не пытаться построить очень простую тривиальную модель, но и с другой стороны нельзя увлекаться детализацией модели, что может привести к её громоздкости и значительной дороговизне. Р.Шеннон предостерегает: «Опасность, которая подстерегает нас при построении логической блок-схемы реально действующей системы, заключается в том, что модель имеет тенденцию обрастать деталями и элементами, которые порой ничего не вносят в понимание данной задачи. Почти всегда наблюдается тенденция имитировать избыточное число деталей, поэтому следует строить модель, ориентированную на решение вопросов, на которые требуется найти ответы, а не имитировать реальную систему во всех подробностях. Модель должна отображать только те аспекты системы, которые соответствуют задачам исследования» [50]. В этой же книге Р. Шеннон приводит очень интересную мысль: «Во многих исследованиях моделирование может на этом закончиться. В удивительно большом числе случаев в результате точного и последовательного описания ситуаций становятся очевидны дефекты и «узкие места» системы, так что необходимость продолжать исследования с помощью имитационных методов отпадает» [50].

Не смотря на полноту и сложность модели, она всего лишь отображение реального объекта и определенных допущениях. До тех пор пока не выполнена валидация модели, нельзя утверждать то, что полученные с её помощью результаты, действительно, адекватно отражают работу исследуемого объекта. «Оценка адекватности и точности математической модели любого типа, в том числе и имитационной, является важнейшей задачей моделирования, так как любые исследования на неадекватной модели теряют смысл» [22].

## **1.2 Моделирование и оптимизация бизнес-процессов авиакомпании**

Моделирование один из методов исследования во многих областях знаний. Для оценки работы сложных систем, разработки и реализации управленческих решений одним из методов является моделирование.

Современная концепция моделирования производственных систем предполагает разработку сложного и разнообразного инструментария, обеспечивающего анализ функционирования предприятия. Но, несмотря на разнообразие методов изучения систем управления и их взаимодействия с объектом управления в области управления еще нет единого системного подхода.

Научно обоснованный подход к разработке систем управления еще не достаточно глубоко проник в практику создания систем управления авиапредприятиями, что приводит, в основном, к разработке отдельных частных решений без достаточного потенциала для развития.

Вследствие чего возникают разнообразные «гибридные» формы хозяйствования и управления, в которых очень часто прослеживаются внутренние противоречия и преобладают не эффективные или функционально лишние связи. Такие разработки не увеличивают эффективность управления предприятием, и приводят привлечению дополнительных ресурсов для поддержания неэффективных систем управления.

Выход из данной ситуации – соблюдение постулатов классической теории управления и базовых принципов системного подхода. Что предполагает уже на концептуальном уровне проектирования систем управления авиапредприятиями четкое определение общей основы описания управленческих процессов, то есть закрепление начальных положений дальнейшего исследования, создания аксиом от которых должно отталкиваться дальнейший научный поиск. Нужно определить основные структурные элементы модели управления. В целом элементы модели управления должны характеризовать основные компоненты контура управления.

В качестве примера построения модели можно остановиться на предложениях высказанных в статье Сухова С.В. [67]. «Классическая теория оптимального регулирования устанавливает то, что модель управления произвольным объектом должна включать: 1) модель наблюдателя; 2) модель объекта управления; 3) модель регулятора; 4) критерий оптимизации (целевой функционал)» [67].

Модели образующий единый контур управления, предложенные С.В.Суховым [67] включают в себя:

- «Модель учетно-аналитической системы (МУАС)» [67]. Модель осуществляет формализацию алгоритма способного произвести оценку состояния предприятия. МУАС формирует систему управленческого учета, сбор, обработка и представление информации для принятия управленческих решений. Задача модели предоставить информацию так, что бы управленческие решения были корректны по своей сути. Алгоритм работы МУАС предусматривает учет случайных возмущений и ошибок, которые могут возникнуть при искажении поступающей информации или неточности её представления. На основе МУАС формируется структура внутренней отчетности.

- «Модель функционирования предприятия (МФП)» [67]. Модель на основании формального описания состояния объекта управления разрабатывает алгоритм разработки управленческих решений. Основой для формирования массива управленческих решений служит информация, полученная от аналитической системы. МФП могут иметь несколько основных решений в зависимости от задач, которые стоят перед разработчиком. Варианты формализации модели могут охватывать технологические процессы и взаимозависимости параметров ресурсных потоков организации.

- «Модель организационно-распорядительной системы (МОРС)» [67]. Модель генерации управленческих решений по формализованному признаку и выработки и управляющих воздействий, которые целенаправленно изменяют состояние организации. МОРС предназначена для формирования

административной системы управления. С помощью этой модели разрабатывается организационная структура. Модель служит базой для создания организационно-распорядительных документов. В этом смысле МОРС и МУАС имеют сходную структуру, так как имеют одинаковый принцип построения.

- «Целевая функция управления предприятием (ЦФУП)» [67]. Алгоритм работы модели предусматривает оценку эффективности работы организации по критерию заинтересованности сторон – участников организации (собственников, руководства, персонала предприятия и др.). Эффективность коммерческого предприятия – это величина выгоды, извлекаемая из его деятельности в виде имущества или дохода. Эффективность по целевому критерию рассматривается независимо от МУАС, МФП и МОРС, но поддерживает с ними функциональную связь. Следовательно, можно задавать несколько разных условий оценки эффективности в рамках связи МУАС—МФП—МОРС и использовать несколько целевых функций.

Критерий эффективности в своем интегральном выражении предоставляет возможность оценить организационные преобразования, а не только частные аспекты деятельности предприятия. Использование интегрального критерия оценки эффективности управления придает всем процессам производства целевой характер, что позволяет управлять организацией как единой системой.

В итоге создание моделей управления авиапредприятиями на основе интегрированных показателей привело к тому, что технологические процессы управления стали функционально объединенными и даже получили обобщающее название бизнес-процессы.

Состояние объекта управления оценивается множеством входных параметров  $\{x\}$ , выходных параметров  $\{y\}$ . Информация  $\{Y_f\}$  о фактических значениях параметров поступает на вход системы управления (рисунок 1.1), которая реализована на принципе обратной связи, то есть система связывает выход системы управления с его входом. Фактическое значение каждого

параметра  $\{Y_f\}$  сравнивается с программным. На основании информации о величине отклонения  $\{\Delta y\}$  формируются управляющие воздействия  $\{u\}$ . Выбор воздействий осуществляется на основе предварительного анализа последствий. Множество результирующих воздействий  $\{x\}$  вызывает соответствующее улучшение состояния объекта управления.

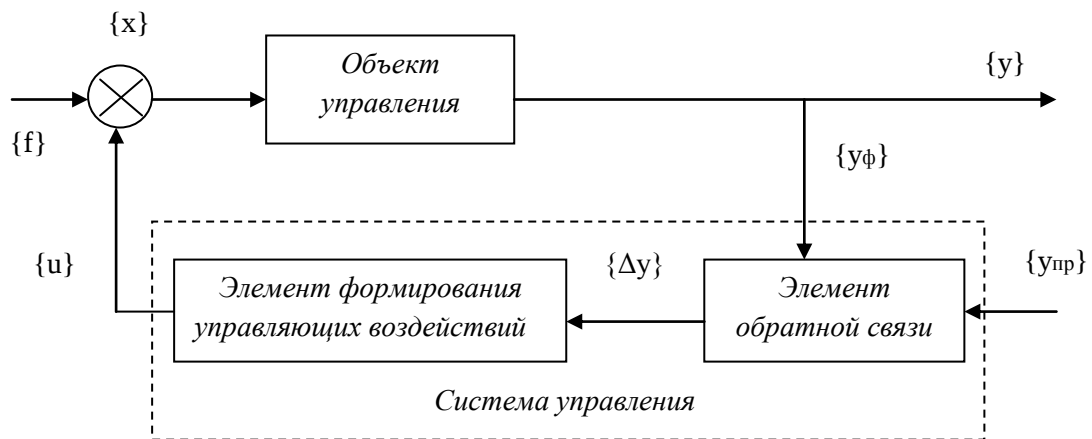


Рисунок 1.1 — Графическое представление модели управления производственной системой [64]:

- $\{x\}$  – множество входных параметров;
- $\{y\}$  – множество выходных параметров;
- $\{y_f\}$  – информация о фактических параметрах;
- $\{y_{пр}\}$  – программные значения параметров;
- $\{\Delta y\}$  – информация о величине отклонения;
- $\{u\}$  – совокупность управляющих воздействий;
- $\{f\}$  – совокупность помех.

Обобщенная схема, отражающая системный подход к управлению авиатранспортным производством приведена в качестве примера на рисунке 1.2. Системный подход к управлению означает, что люди (рабочая сила), ресурсы, структуры, задачи и технологии рассматриваются руководителем, как взаимосвязанные элементы, ориентированные на достижение разных целей в условиях изменяющейся внешней среды.



Рисунок 1.2 — Системный подход к управлению авиатранспортным производством:

(ТКМ – тоннокилометр; ПКМ – пассажирокилометр)

Концепция и принципы перехода авиапредприятий на технологии оптимизации бизнес-процессов должны основываться на следующих положениях:

1. «Авиапредприятия можно охарактеризовать по общности социального, экономического и производственного факторов как – социально-экономические производственные объекты» [64].

2. В теории и практике управления авиапредприятиями использовать четыре важнейших подхода, которые вносят существенный вклад в развитие теории и практики управления:

- представление управления как процесса;
- подход с точки зрения количественного описания процессов;
- системный подход;

- ситуационный подход.

3. Проблемы большинства российских авиапредприятий – отсутствие понимания «миссии предприятия», неразвитость инфраструктуры, низкая информационная насыщенность механизмов управления и контроля, низкая культура мотивации деятельности и управления.

4. Первоочередной задачей любого предприятия является создание собственной системы общего контроля качества и организации труда в системе управления.

5. Процедуры, выполняющие функции управления, являются бизнес-функциями, которые можно описать, используя экономико-математические модели. Маршруты решения задач управления состоят из множества разнородных и противоречивых бизнес-функций. В таком случае маршруты или варианты решения задач управления (бизнес-процессы) поддаются оптимизации.

6. Возникновение нового направления в теории управления – системного проектирования бизнес-функций на основе оптимизации бизнес-процессов.

7. Поскольку провести эксперимент на реальной авиационной системе невозможно, использование экономико-математических моделей состоящих из формальных описаний элементов системы и их совместного функционирования является единственным способом исследования, включающего вопросы:

- эффективной эксплуатации воздушных судов;
- практической организации авиатранспортной работы;
- анализа производственно-финансовых показателей авиапредприятий;
- прогнозирования развития авиатранспортной работы;
- сравнительного анализа воздушных судов;
- параметрического моделирования авиатранспортной работы;
- статистических методов анализа;
- методов оптимизации;
- параметрического моделирования воздушных судов;

- декомпозиции задач исследования ввиду большой размерности и неопределенности;
- построение частных моделей подсистем;
- описание бизнес-функций;
- разработка классификаций и баз данных по авиатранспортной работе, воздушным судам и авиапредприятиям.

8. Авиапредприятия необходимо рассматривать как системы, полностью зависящие от собственной целевой функции и специфики, причем последние имеют непостоянный характер в зависимости от параметров внешней среды.

9. Для реализации условий перехода на технологии оптимизации бизнес-процессов необходимо решение следующих задач:

- многофакторный, функциональный и статистический анализ работы подразделений авиапредприятия в целом с получением математических моделей процессов его функционирования;
- описание и анализ бизнес-процессов авиапредприятия с выявлением основных направлений его совершенствования;
- разработка мероприятий по снижению издержек сохраненных технологических процессов.

«Ввиду того, что авиапредприятие, как объект исследования, целесообразно рассматривать в качестве относительно самостоятельного элемента экономической системы страны, то синтез системы оптимального управления авиакомпанией, представляет собой процесс формирования экономической гомеостатической системы. Исходя из этого положения, должен быть сконструирован реальный хозяйственный механизм, преобразующий все изменения внешней и внутренней среды авиакомпании в конкретные результирующие показатели работы авиакомпании, эффективности ее управления. При этом оценивается динамика этих показателей и создается возможность их прогнозирования в реальном масштабе времени. С другой стороны авиакомпания представляет собой большую организационно-техническую систему (БОТС)» [54]. Пути оптимизации управления

авиакомпанией приводят к решению комплексной задачи, в которой рассматриваются методы организации работ подготовленными специалистами, способными обеспечить эффективное управление.

Последовательность исследования сложных систем, предложенная в работе Маслакова В.П. [54] приведена на рисунке 1.3.

В современных условиях проектирование и создание имитационных моделей воспроизводящих работу авиатранспортного предприятия сориентировано на моделирование больших систем, в которых имитации в оперативном контуре предприятия нет места. Однако детальное изучение системы транспортного обеспечения процесса производства авиатранспортной услуги вскрывает большие резервы повышения эффективности управления авиатранспортным предприятием.

Анализ влияния отдельных выделенных бизнес-процессов, таких как:

- оптимизация парка ВС;
- системный подход в управлении;
- целевое управление;
- маркетинговое управление;
- ситуационное управление;
- управление рисками;
- оптимизация организационных структур;
- управление на основе конкурентной стратегии;
- структурирование кадровой политики.

Показал, что наиболее существенным и определяющим эффективность авиапредприятия, являются бизнес-процессы, сгруппированные в определенные взаимосвязанные по структуре звенья:

1) Оптимизация парка ВС – целевое управление – управление на основе конкурентной стратегии – маркетинговое управление;

2) Оптимизация организационных структур – системный подход в управлении – ситуационное управление – управление рисками – структурирование кадровой политики.

Таким образом, ключевыми задачами перехода на технологии оптимизации бизнес-процессов являются:

- оптимизация парка воздушных судов авиапредприятия;
- оптимизация организационных структур.

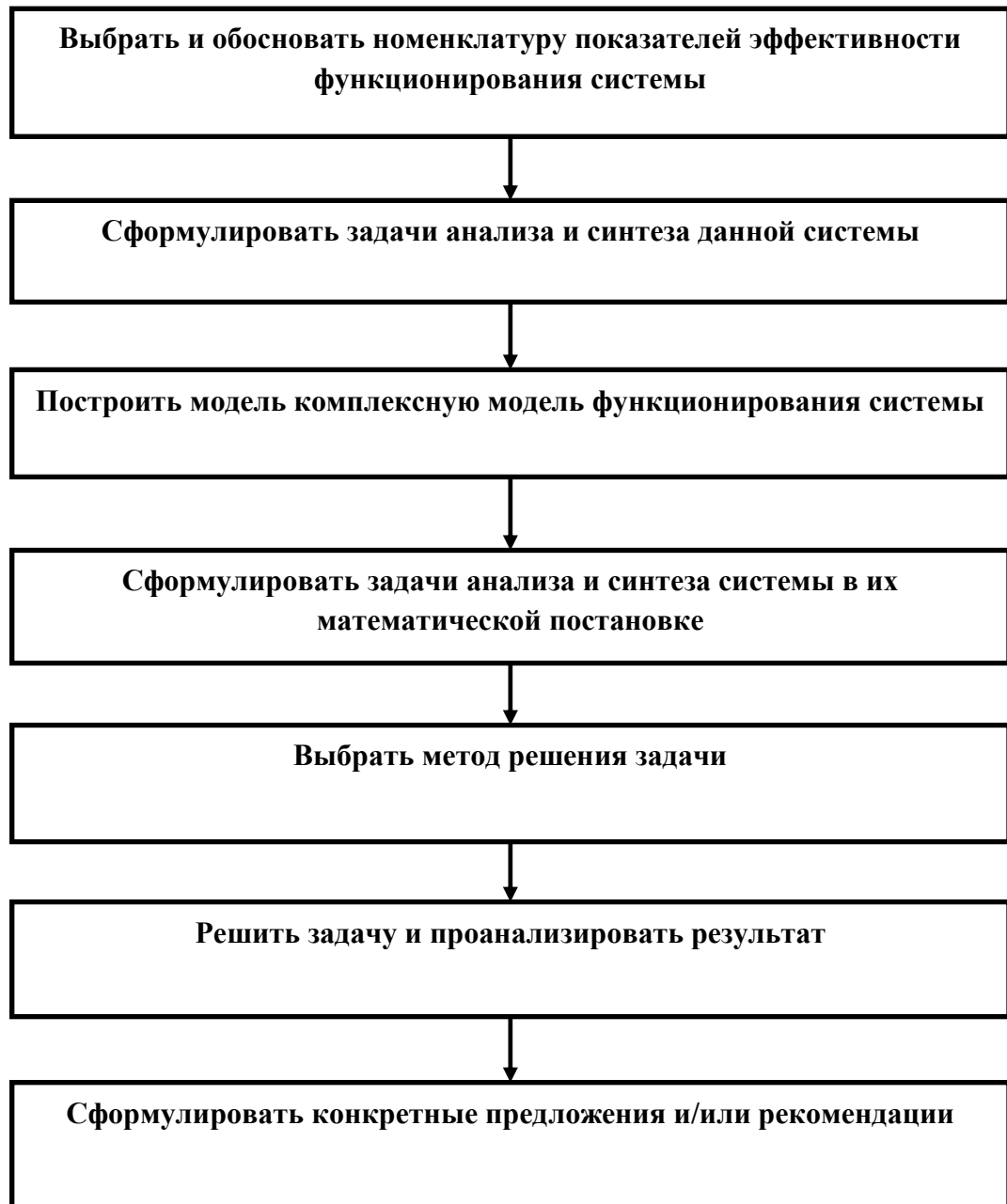


Рисунок 1.3 — Последовательность исследования сложных систем при использовании системного подхода[54]

Все остальные – является частными задачами по разработке мероприятий по сокращению издержек сохраненных технологических процессов.

«Разработку комплексных методов совершенствования системы управления авиакомпанией» [54] можно представить в виде блок-схемы рисунок 1.4.

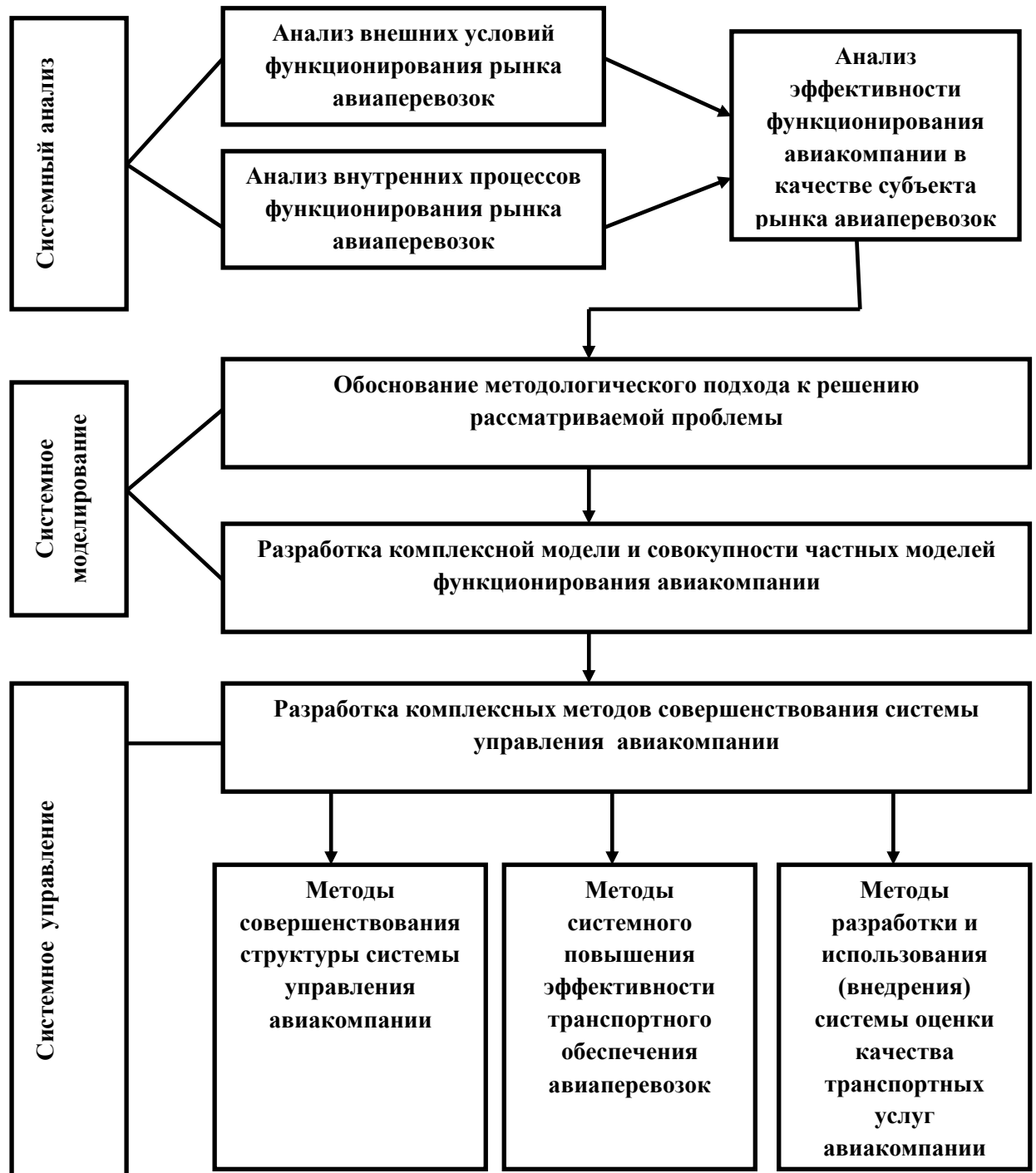


Рисунок 1.4 — Блок-схема последовательности разработки комплексных методов совершенствования системы управления авиакомпанией

### 1.3 Разработка задач по оптимизации парка воздушных судов

Управление парком воздушных судов авиакомпании можно рассмотреть на примере предложенной группой авторов имитационной модели [58]. Структурная схема, которой представлена на рисунке 1.5.

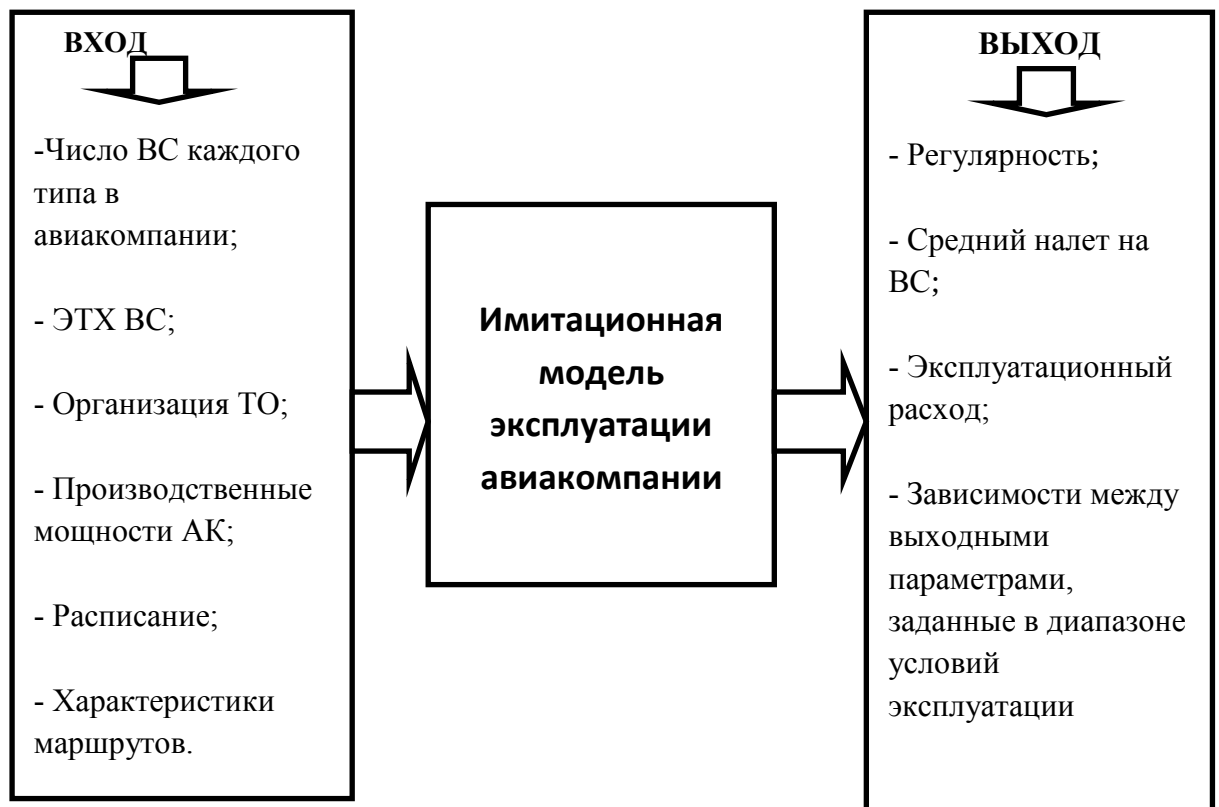


Рисунок 1.5 — Имитационная модель эксплуатации для авиакомпании [58]

Работа с имитационной моделью выглядит следующим образом.

Работа модели включает в себя определенные организационные элементы, в которых учитываются существующие условия, исходный уровень параметров, формируется набор сценариев производственной деятельности и формируются управленческие решения, в виде изменения отдельных параметров модели, её эксплуатации и применения, эти действия будут формировать матрицу моделирования. Модель реализует установленные сценарии, результаты моделирования анализируются с целью определения эффективных решений. Выполнение серии исследований с различными параметрами на входе системы определяется их зависимость от выходных

параметров, которые и определяют наиболее эффективные решения. Полученные результаты можно свести в таблицы или интерпретировать графически.

В случае необходимости, модель может быть доработана, с изменением структуры или детализации. Анализ эффективности технических и организационных мероприятий по критерию «стоимость – эффективность» [58] помогает принимать обоснованные управленческие решения.

Авиатранспортные предприятия являются непосредственными производителями транспортной продукции, и каждое отдельное предприятие и их совокупность в общей транспортной системе страны представляют собой, как уже было сказано ранее, большую организационно-техническую систему (БОТС) характеризующуюся следующими свойствами:

- большой размерностью;
- сложностью выполняемых функций;
- иерархичностью структуры;
- цельностью;
- динамикой;
- сложностью взаимодействия и взаимовлияния подсистем и элементов;
- признаками воздействия внешней среды.

Неопределенностью информации о состоянии элементов в связи с непредсказуемыми воздействиями внешней среды во времени;

- наличием целей и ресурсами.

Определенный интерес для исследования задачи формирования структуры модели и управление ей представляет подход, изложенный в статье Портникова Б.А. [66] и работе Сергеева Д.И. [55] «Управление структурой и размерностью парка воздушных судов, задействованных на авиационных работах, осуществляется с применением теории оптимального управления сложными системами, что предполагает решение ряда задач:

- оптимизация процесса выбора типа и типоразмеров ВС;
- выбор оптимальных режимов эксплуатации;

- выявление внутренних параметров авиационных работ и связей между ними;
- определение условий функционирования сложной системы;
- исследование устойчивости объемов авиаработ» [55], [66].

Проведенный анализ предыдущих исследований [30,44,55] показал, что функциональная схема исследования, принятая в выполненных ранее работах по данному направлению обладает рядом недостатков, не позволяющих получить полного решения в настоящей постановке в виду большой размерности сочетаний параметров.

В данной работе предлагается использовать для анализа бизнес-процессов авиакомпаний имитационную модель, построенную на базе производственно-сбытовой модели Дж. Форрестера. Процесс производства авиатранспортной услуги описывается с использованием уравнений модели индустриальной динамики. В отличие от модели, предложенной в работе [58], особенности технического обслуживания ВС, введения рейсов в расписание представляют собой не моделируемый параметр, а набор правил принятия управленческих решений, которые имеют четкую функциональную зависимость от внутренних внешних факторов способных повлиять на продолжительность этих процессов. Динамика изменений параметров модели, связанная с особенностью изменения аргументов отдельных функций управления моделью и детерминирована на основе имеющихся знаний и опыта управления авиакомпанией. Предложенная модель отражает динамику встречных потоков – заказов на перевозку и предоставленных под эти заказы пассажирских кресел. При этом в модели четко определено понятие производственной мощности авиакомпании – как потенциала в виде пассажирских кресел, которые авиакомпания способна предоставить под перевозку пассажиров. Следовательно, моделируемым входным параметром данной модели будет спрос на перевозку. По амплитуде изменения спроса на перевозку можно решить задачу о запасах производственной мощности авиакомпании. Модель позволяет имитировать оперативное управление парком

ВС, при этом в модели предусмотрен блок оценки эффективности принимаемых решений. Что позволяет планировать использование ВС при наилучшем показателе эффективности управления (экономической рентабельности). В целом модель детерминирована, но имеется возможность использовать специальный режим, предусматривающий стохастическое изменение потоков модели. В целом модель управления бизнес-процессами на основе модели индустриальной динамики позволяет оказаться от излишней детализации производственного процесса и изучая интегрированные показатели решать частные задачи оперативного управления авиапредприятием.

#### **1.4 Анализ методов решения задач моделирования производственной деятельности авиакомпании**

Большинство динамических систем — это совокупность взаимодействующих между собой подсистем и отдельных элементов, определенным образом соединенных друг с другом. Составление дифференциальных уравнений начинается с декомпозиции (разделения) системы на отдельные элементы. Дифференциальные уравнения и уравнения связей между ними описывают процессы как изменение в динамической системе происходящие во времени.

Зная уравнения элементов и уравнения связей динамической системы, можно построить ее структурную схему. Анализ построенных динамических моделей представляет собой операционное исчисление. Под операционным исчислением понимается один из методов математического анализа,

Суть этого метода состоит в том, что некоторые типы интегро-дифференциальных уравнений приводятся к решению более простых алгебраических задач. Это метод нашел широкое применение при исследовании динамических систем, поскольку с его помощью можно осуществить анализ переходных и установившихся процессов. Значительная польза метода в том, что сложные операции дифференцирования и

интегрирования оригинального объекта заменяют более простыми алгебраическими изображениями. В книге Еремина Е. Л. указывается на использование метода: «Это позволяет дифференциальные уравнения относительно функции  $f(t)$  заменить в пространстве изображений на алгебраическое уравнение» [17]. Приемы операционного исчисления использованы при формализации модели во второй главе работы.

Методологический подход к моделированию процессов авиатранспортного производства достаточно точно сформулирован в статье Елисова Л.Н. и Налобина Н.В. [63]. Первый подход состоит в том, что множество показателей сводится к одному (интегральному) с помощью аддитивной, мультипликативной или комбинированной модели. Второй подход состоит в том, что в качестве основного выбирается один из показателей, а остальные все не учитываются. При этом выбор основного показателя должен осуществляться в строгом соответствии с целями управления, условиями функционирования объекта управления и задачами оценки эффективности. Третий подход состоит в том, что показатели располагаются в ранговый ряд в порядке их важности. «Оптимизацию управленческого решения проводят по самому важному показателю, а затем определяют область возможных решений, где этот показатель отличается от оптимального его значения на установленную величину» [63].

Имитационному моделированию транспортно-производственных систем посвящены работа Безеля Б.П., Миротина Л.Б. и Сулейменова Т.Б. [6]. Моделирование производственной составляющей транспортной деятельности, определяемой величиной спроса, величиной расходов на организацию производства, размером производственной базы представлено в нескольких работах, в частности в работах Маслакова В.П. [54], Зайцева Е.Н. [53]. Одной из составляющей процесса моделирования деятельности авиатранспортного предприятия является моделирование входящего потока модели, потока заказов на перевозку. Моделированию процессов изучения спроса на перевозку во

взаимосвязи с тарифной политикой авиакомпании и ее оптимизации посвящены работы Комаристого Е.Н. [26] и Костроминой Е.В. [27]

Методология решения вопросов отраслевого моделирования опирается на работы таких авторов как С.В. Арженовский [3], Ю.К. Поносов [43] в которых отражены вопросы построения динамических моделей. «Предложения транспортных подсистем моделируется с помощью производственных функций, которые строятся на основе динамики трудовых ресурсов и динамики основных производственных фондов. При этом динамика основных производственных фондов моделируется с учетом инвестиционных процессов, возможности которых определяются финансовыми ресурсами транспортных подсистем» [43].

### **1.5 Параметрический анализ для построения модели**

В 2008 году отечественными авиаперевозчиками перевезено 49,8 миллионов пассажиров.

Следует отметить, что 54% всего объема перевозок пассажиров выполнили пять авиакомпаний: Аэрофлот, Сибирь, Трансаэро, ГТК Россия, ЮТэйр.

Практическое использование модели, предлагаемой в данной работе, предполагает исследование сравнимых исходных параметров, которые послужат основой для построения структуры модели и формирования значений уровней, определяющих потоки в модели. Важно, чтобы показатели, используемые для расчета исходных данных при построении модели могли быть сравнимы и получены одинаковым расчетным методом. Для этого основываясь общедоступных данных, и используя нижеприведенные формулы для расчета показателей определяющих параметры модели получим показатели средней дальности полета, коэффициента использования воздушных судов, производственных мощностей авиакомпаний и другие.

Построение модели предполагает использование отдельных расчетных показателей характеризующих деятельность авиакомпании. К таким показателям относятся – средняя дальность полета (среднее тарифное расстояние):

$$L_T = PO_{\phi} / N_{\text{пас.}\phi}, \quad (1.4)$$

где  $L_T$  – средняя дальность полета, км.;

$PO_{\phi}$  – выполненный пассажирооборот, пасс.км;

$N_{\text{пас.}\phi}$  – фактическое количество перевезенных пассажиров.

- коэффициент использования самолетов:

$$K_p = \frac{PO_{\phi}}{PO_p}, \quad (1.5)$$

где  $K_p$  – коэффициент использования самолетов (ВС в сутки);

$PO_p$  – расчетный пассажирооборот, пасс.км;

$$PO_p = (E_{\text{пасс}} \times L_T \times 365) \times K_{\text{зк}}, \quad (1.6)$$

где  $E_{\text{пасс}}$  – суммарная пассажирская емкость воздушных судов, кресла;

$K_{\text{зк}}$  – коэффициент занятости кресел;

- производственная мощность авиакомпании:

$$ПМ = (E_{\text{пасс}} \times 365) \times K_p, \quad (1.7)$$

где ПМ – производственная мощность авиакомпании, кресла ;

- расчетное количество рейсов:

$$N_p = N_{\text{ВС}} \times 365 \times K_p, \quad (1.8)$$

где  $N_p$  – расчетное количество рейсов;

$N_{\text{ВС}}$  – количество воздушных судов в авиакомпании.

Сравнение производственных возможностей авиакомпаний детерминирующих их деятельность мы интегрируем из таблицы 11 приложения 2. Сравнительный анализ мы представим в виде таблицы (таблица 1.1) и графиков (рисунки 1.1 – 1.5).

Среди показателей таблицы 1.1 следует обратить внимание на коэффициент использования самолетов. Так в статье Грэйд Ковалт «Снижение

расходов авиакомпаний путем увеличения коэффициента использования самолетов» [71] отмечается, что крупнейшим структуральным препятствием для повышения производительности деятельности сетевых авиакомпаний США является величина наземного времени, необходимого для перехода пассажиров с рейса на рейс в узловых аэропортах. Если сетевые авиакомпании повысят среднюю производительность самолетов при прямых перевозках на 0,1%, то они смогут снизить потенциальные расходы на одно располагаемое кресло на 1.5 цента, а общие расходы снизятся 12% ежегодно.

Таблица 1.1 — Сводный анализ расчетных и фактических показателей

| Показатель                                                       | «Аэрофлот» | «S7»      | «ТРАНСАЭРО» | ЮТэйр     | «Уральские авиалинии» |
|------------------------------------------------------------------|------------|-----------|-------------|-----------|-----------------------|
| Среднесписочное<br>Количество ВС                                 | 92         | 61        | 24          | 90        | 21                    |
| Средняя дальность<br>полета (км.)                                | 3073       | 2550      | 3648        | 1620      | 2587                  |
| Коэффициент<br>использования<br>самолетов (ВС/в<br>сутки)        | 1,66       | 1,87      | 1,43        | 1,36      | 1,20                  |
| Расчетное<br>количество рейсов в<br>год                          | 55 743     | 41 636    | 12 527      | 44 676    | 9 198                 |
| Пассажировместимо<br>сть парка ВС<br>(пасс.)                     | 17 104     | 11 127    | 6 100       | 7 381     | 3 657                 |
| Производственная<br>мощность<br>авиакомпаний (<br>кресел в год ) | 10 363 313 | 7 127 187 | 3 183 895   | 3 663 928 | 1 601 766             |
| Коэффициент<br>занятости кресел                                  | 0,73       | 0,75      | 0,67        | 0,73      | 0,63                  |
| Производительность<br>ВС (пасс.км/час)                           | 115395     | 116286    | 144748      | 41908     | 93253                 |

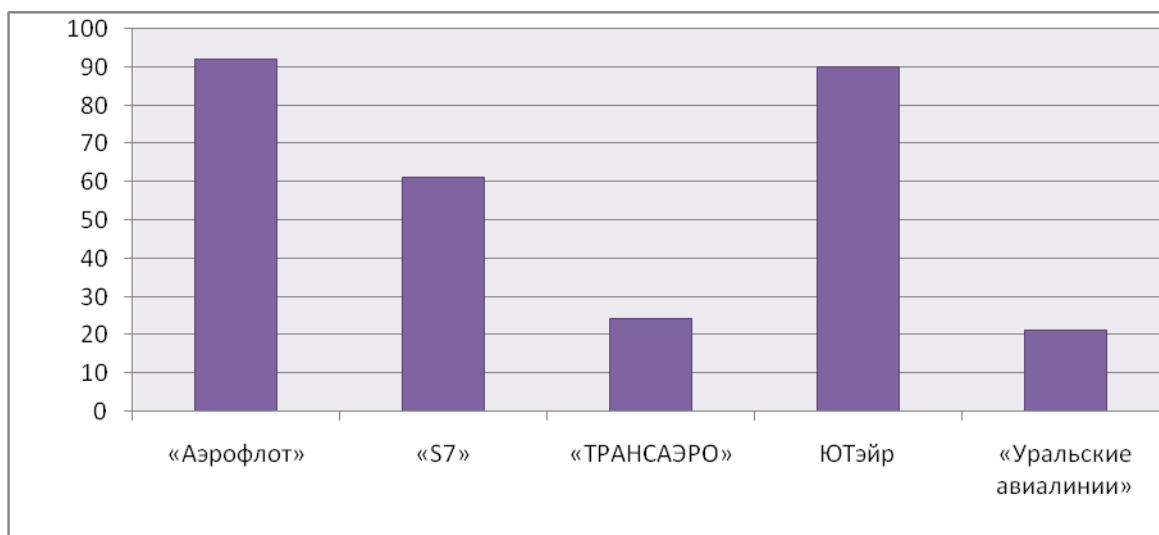


Рисунок 1.6 — Парк воздушных судов авиакомпаний

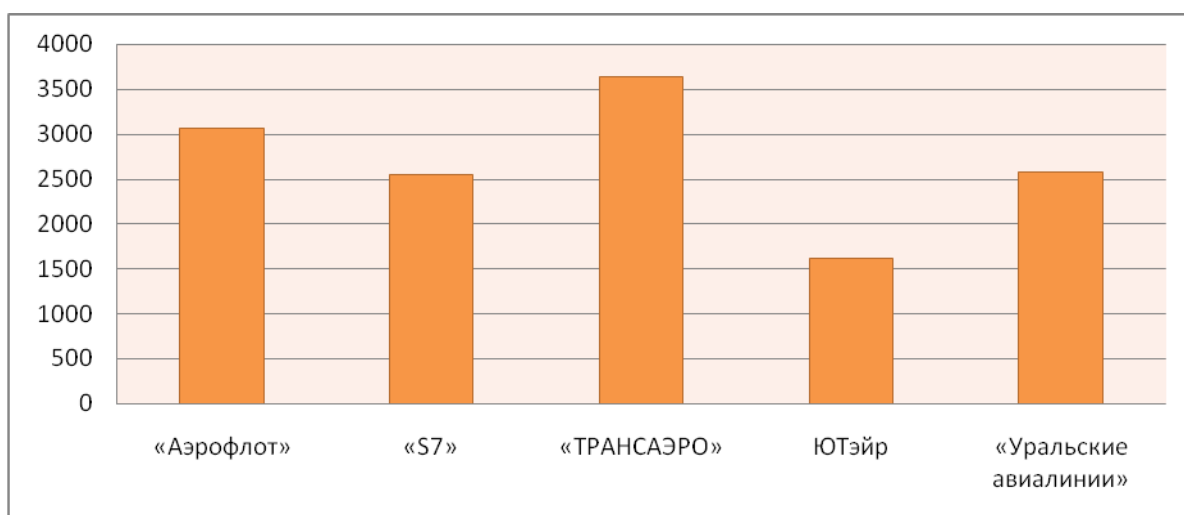


Рисунок 1.7 — Среднее тарифное расстояние

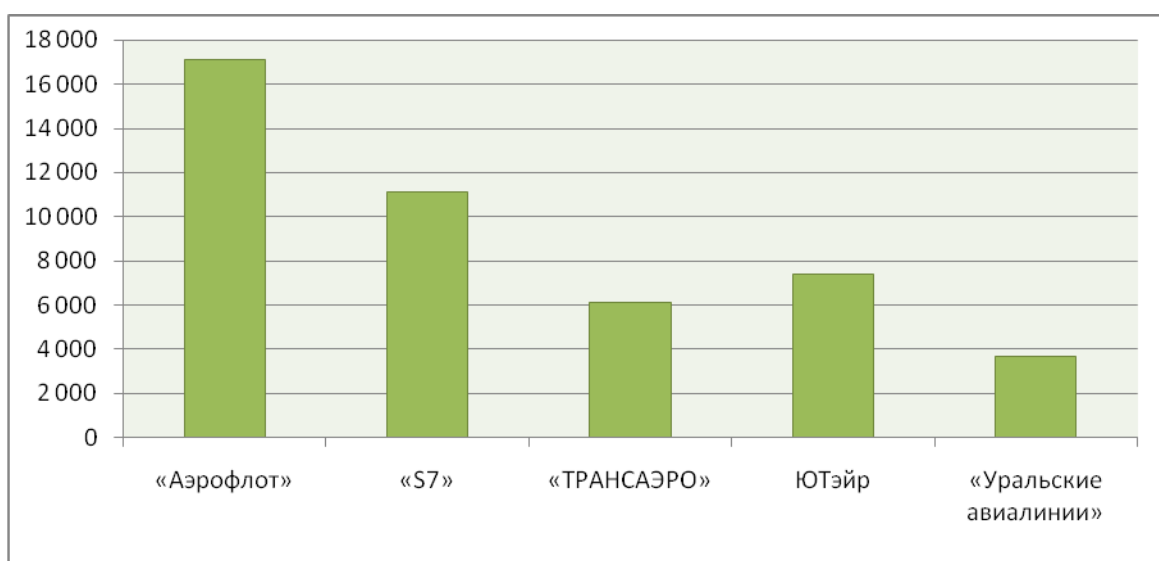


Рисунок 1.8 — Пассажирская емкость парка воздушных судов

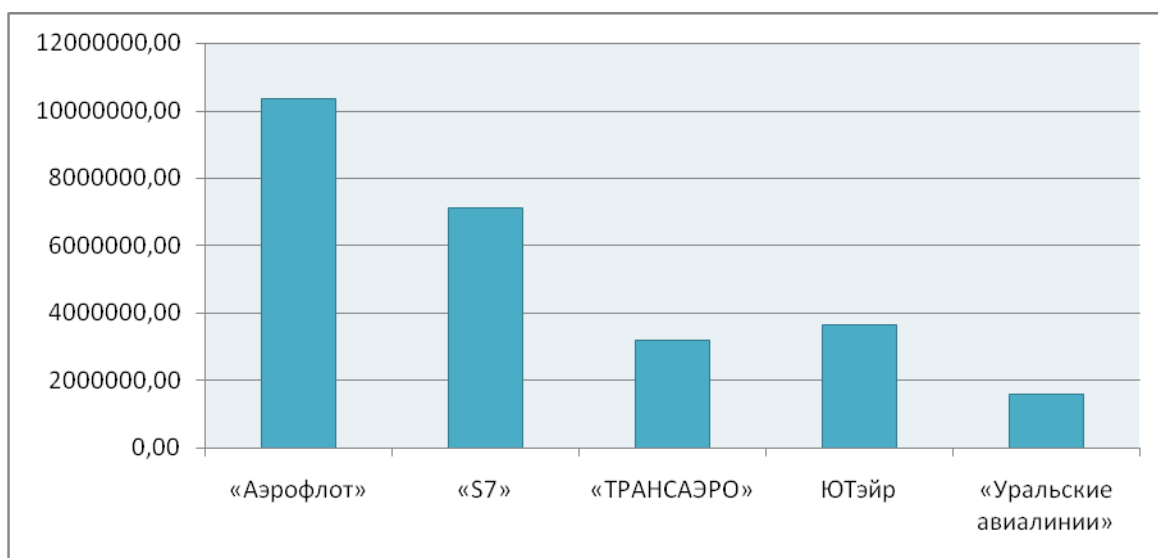


Рисунок 1.9 — Производственная мощность авиакомпаний

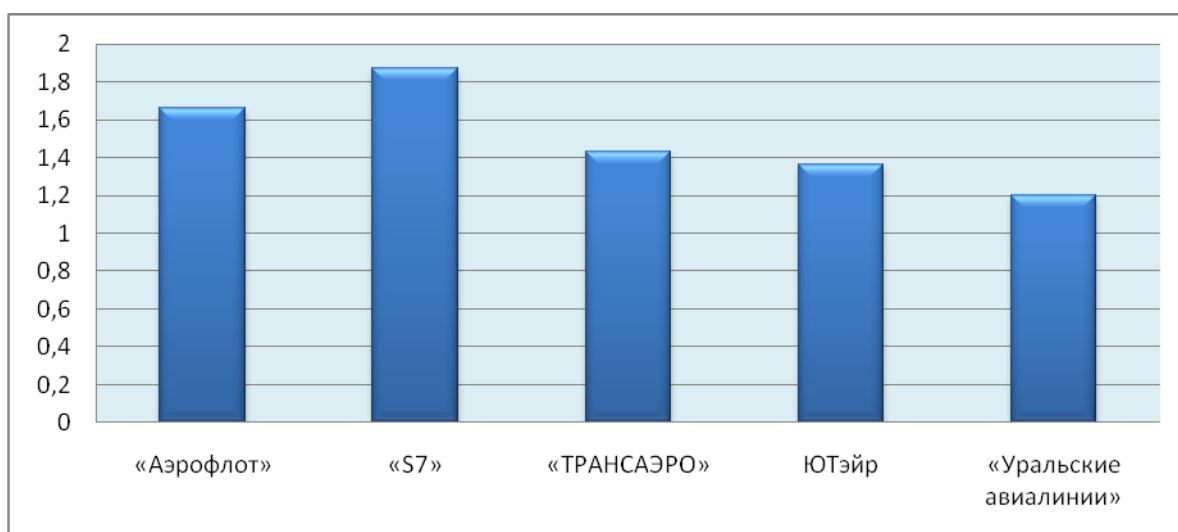


Рисунок.1.11 — Коэффициент использования воздушных судов

В сравнительном анализе, представленном графически, отражены основные расчетные значения деятельности авиакомпаний. Следует отметить, что реальные показатели могут быть и выше расчетных, поскольку для их получения приняты коэффициенты, учитывающие ситуацию соответствующую данным, полученным за 2006 год.

Полученные в ходе сбора информации и анализа данные о производственной деятельности ведущих авиакомпаний России позволяют подвести итоги этого анализа. Лидирующее место в отрасли закрепилось за авиакомпанией «Аэрофлот». Авиакомпанией «Аэрофлот» перевезено самое

большое количество пассажиров. Авиакомпания уверенно лидирует по объему выполненного пассажирооборота. При этом объем выполненного пассажирооборота приведен к своему показателю за счет объема перевозок авиапассажиров, так как среднее тарифное расстояние у авиакомпании «Аэрофлот» ниже среднего тарифного расстояния авиакомпании «ТРАНСАЭРО».

Авиакомпания «ТРАНСАЭРО» имеет самое большое среднее тарифное расстояние, но сравнительно небольшая пассажирская емкость парка воздушных судов, низкий коэффициент использования самолетов, низкий коэффициент занятости кресел значительно снижает производственную мощность авиакомпании. Однако за низкими показателями скрывается большой потенциал и увеличение коэффициента использования самолетов позволит увеличить производственную мощность авиакомпании на 979 000 пассажирских кресел в год.

Достаточно взвешенное положение среди лидеров отрасли занимает авиакомпания «S7». Авиакомпания имеет самый высокий коэффициент использования самолетов, что делает расчетный показатель производственной мощности достаточно высоким, тем самым определяя видимый производственный запас. Однако авиакомпания «S7» выполняет, в основном, внутренние пассажирские авиаперевозки в связи, с чем такой показатель как среднее тарифное расстояние является почти самым низким среди представленных авиакомпаний.

На последнем месте по этому показателю находится авиакомпания «ЮТэйр». Поскольку парк воздушных судов авиакомпании «ЮТэйр» состоит из среднемагистральных и ближнемагистральных воздушных судов то абсолютный показатель, такой как количество воздушных судов, не влияет на показатель – производственная мощность авиакомпании. Хотя по этому показателю авиакомпания «ЮТэйр» находится на третьем месте, но лишь незначительно опережая авиакомпанию «ТРАНСАЭРО». Но динамика этих показателей выше у авиакомпании «ЮТэйр». Так увеличение коэффициента

использования самолетов на 0,44 даст прирост производственной мощности на 1 185 389 пассажирских кресел в год, что больше чем у авиакомпании «ТРАНСАЭРО» на 206 389 кресел. Объемные показатели работы авиакомпании «ЮТэйр» снижает такой показатель как среднее тарифное расстояние. Этот показатель самый маленький среди представленных авиакомпаний. Если рассматривать объемные и качественные показатели производственной деятельности авиакомпаний, то можно выделить пары конкурирующих авиакомпаний – «Аэрофлот», «S7» и «ТРАНСАЭРО», «ЮТэйр». Авиакомпания «Аэрофлот» имеет больший чем у «S7» парк воздушных судов и большее среднее тарифное расстояние, но если пассажирскую емкость авиакомпании «S7» представить в эквивалентной авиакомпании «Аэрофлот» то производственная мощность авиакомпании «S7» будет выше на 1 311 022 кресла в год, чем у авиакомпании «Аэрофлот», за счет высокого коэффициента использования самолетов.

Немного отстает от конкурирующих лидеров авиакомпания «Уральские авиалинии», но стоит отметить, что авиакомпания «Уральские авиалинии» входит в состав авиакомпаний перевозящих более одного миллиона пассажиров в год. Расчетные показатели подчеркивают перспективы роста производственных показателей авиакомпании, резервы видны в увеличении коэффициента использования самолетов, в увеличении среднего тарифного расстояния и в увеличении провозных емкостей. В целом представленные к анализу авиакомпании имеют положительную динамику производственных и финансовых показателей.

### **Выводы по главе 1**

Итогом анализа показателей производственной деятельности авиакомпаний будет то, что любая из представленных авиакомпаний может стать объектом исследования ввиду сравнимости результатов производственной деятельности, интерпретированных в расчетные показатели для построения темпов движения информационного ресурса модели.

Анализ методологических принципов построения моделей производственной деятельности авиатранспортных предприятий, показывает наличие множества подходов и принципов моделирования производственной деятельности. Объединяющим принципом построения моделей производственной деятельности авиатранспортного предприятия является использование в моделировании довольно известных уравнений Коши и функции Коба-Дугласа. Имитационные модели, использующие этот аппарат формализации производственной деятельности позволяют получить интегрированный оптимальный показатель или коэффициент оценки производственной деятельности, или множество экстремумов решения производственной задачи. И в том и в другом случае от лица, принимающего решения скрыт смысл происходящих изменений, приведших к появлению оптимального решения либо получения предлагаемого выбора из множества решений. В этом случае модель производственной динамики позволяет исследователю зримо участвовать в оценке развивающегося процесса производственной деятельности.

В динамической модели Дж Форрестера не предлагается оптимальное решение целевой функции. Модель становится инструментом изучения динамики производственных процессов, где право выбора решения, в зависимости от ситуации, предоставлено экспериментатору. Имитация изменения параметров модели позволяет ЛПР наработать методику оценки эффективности принимаемых решений и на ее основе принимать оптимальные решения. Возможности построения графической интерпретации правил принятия решений и динамики результатов, получаемых при принятии управленческих решений делает производственно-сбытовую модель Дж. Форрестера наиболее эффективной в совершенствовании процесса оперативного управления авиатранспортным предприятием. В связи с этим можно резюмировать вывод о правильности выбора инструмента исследования диссертационной задачи.

Постановка имитационного эксперимента позволяет сравнить результаты, полученные при эксперименте с результатами функционирования реальной системы, что позволит оценить предложенную модель и, при необходимости, её модифицировать. При этом нормативная модель может послужить основой проведения разных экспериментов данные, которых могут использоваться при построении разных дескриптивных моделей. В свою очередь дескриптивная модель может в процессе исправления дать может толчок для построения разных нормативных моделей.

В дальнейшем мы формализуем и строим дескриптивную модель, описывающую процесс производства авиатранспортной услуги. Алгоритмической основой модели будет производственно-сбытовая модель Дж. Форрестера. Модель позволяет реализовать индуктивный метод решения управленческой задачи – от изучения общих вопросов изучения функциональных основных потоков модели к решению частных задач по оперативному управлению авиакомпанией. Изучение структуры производственных отношений, создаваемых динамикой изменения потоков в модели, взаимодействие структурных уровней позволит выполнить регулировки мгновенных запасов, определить характер и величину запаздываний, зашлюзовать первоначальную структуру потоков с потоками, не описанными в первоначальном варианте и в итоге построить нормативную модель процесса производства авиатранспортной услуги.

## **Глава 2. Модель Форрестера как инструмент анализа производственных процессов**

### **2.1 Динамическое моделирование авиатранспортного предприятия**

«Синергия человеческого и технического факторов позволяет рациональнее использовать информационные, временные, человеческие, материальные и иные ресурсы для обоснования управленческих решений» [33].

Моделирование абстрактных сложных систем, когда не рассматриваются индивидуальные объекты системы (сотрудники, средства производства, товары), а рассматриваются только суммарные количественные характеристики потоков таких объектов, изучения зависимости потоков этих объектов одного от другого было предложено Дж. Форрестером, профессором Массачусетского технологического института (США) почти 50 лет назад. Дж. Форрестер применил методы исследования, существующей в сервомеханизмах обратной связи для описания работы динамичных сложных систем – производственных и социальных. Его модели демонстрировали, что динамика работы сложных систем зависит от «структуры связей и временных задержек» [47]. Было изучено влияние структуры связей и задержек на принятие решений по управлению сложными системами.

«Парадигма компьютерного моделирования, при которой для исследуемой системы строятся графические диаграммы причинных связей и глобальных влияний одних параметров на другие параметры во времени, а затем модель, созданная на основе этих диаграмм, имитируется на компьютере, получила название системная динамика» [22].

Возможность графической интерпретации работы компонентов системы и их взаимосвязей позволяет системной динамике создать удобное визуальное представление моделей сложных систем, а также их имитационной компьютерной реализации.

Сложные связи и взаимные влияния процессов часто встречаются в бизнесе, экологии, социальных системах, урбанистике и прочих. Системная динамика оказалась очень эффективным методом для представления и анализа организационных систем, она дает исследователю понимание эффекта, который производит на систему изменение тех или иных параметров, позволяет сравнить альтернативные решения по управлению системой с выбором наилучшего решения.

«Динамическое моделирование предприятия представляет собой исследование предприятия как информационной системы с обратной связью; оно предусматривает применение моделей для проектирования усовершенствованных форм организации и улучшения общего руководства» [47].

С помощью модели производственной динамики создается структурная схема, в которой соединены функциональные задачи управления. Построение динамической модели состоит из нескольких этапов:

- изучение проблемы;
- выделение взаимодействующих факторов в наблюдаемых процессах;
- формулирование правил, которые показывают, как возникают решения, в основе которых потоки информации;
- наблюдение цепи взаимодействий информационном потоке обратной связи, где соединяются действия и решения;
- построение модели решения, включающей источники информации, взаимосвязи компонентов системы и правил принятия решений;
- запуск в работу системы, описываемой моделью;
- интерпретация полученных результатов с имеющимися сведениями о реально работающей системе;
- внесение изменений в модель с тем, чтобы сделать ее достаточно тождественной реальной системе;

- использование в моделировании решений, которые могут быть применимы к реальной системе, для проверки как эти решения могут улучшить работу реальной системы;

- модернизация реально работающей системы для обеспечения более эффективного функционирования системы по результатам проведенного эксперимента.

Для изучения продуктовой системы необходима информация трех видов:

- об организационно-управленческой структуре;
- о запаздываниях действий и решений;
- о правилах, регулирующих процессы формирования производственной программы авиакомпании.

Предлагаемая модель имеет ряд отличий от классической производственно-сбытовой модели Дж. Форрестера. Авиакомпания производит транспортную услугу, данный продукт имеет специфические свойства, производство и потребление происходит одновременно, и нет возможности производства услуги в запас. Но это не означает, что в модели будут отсутствовать такие компоненты как запаздывания и усиления. Мы предлагаем рассматривать организационную структуру модели, состоящую из двух уровней: совокупной авиалинии (как аналог розничного звена производственно-сбытовой модели) и авиакомпании (аналог производственного звена). Совокупная авиалиния это суммарное количество воздушных трасс, по которым выполняет полеты авиакомпания, совокупная авиалиния обладает пассажирской емкостью, величина которой имеет конечное значение. Разница между потребленным количеством услуги и пассажирской емкостью совокупной авиалинии создает резерв для удовлетворения спроса на перевозки, но этот резерв нельзя считать запасом ввиду того, что его значение будет иметь реактивный характер. Уровень системы, который мы назвали авиакомпания, отражает процедуру производства транспортной услуги и тоже обладает такой характеристикой как пассажирская емкость, но на этом уровне

объем производства мы будем измерять в пассажирских креслах, оценивая возможности авиакомпании обеспечить процесс перевозки пассажиров достаточным количеством мест. Для определения динамических характеристик системы нужно знать характер и величину запаздывания в потоках спроса и предложения на авиационные перевозки. Несмотря на то, что при предоставлении транспортной услуги можно говорить о том, что не оказанная услуга исчезает навсегда и запаздывание предоставления услуги так же приводит к ее потере, в системе устанавливаются специфические запаздывания, связанные с процессом продажи и предоставления перевозки.

Правила выдачи пассажирских кресел в авиалинию и регулирования резерва пассажирских мест в системе характеризуются следующим:

- использование данных о величине продаж и в соответствии с запаздыванием в предоставлении перевозки, формирует заказы производственному звену (авиакомпанияи);
- после прохождения времени, которое будет достаточным для вывода усредненного показателя колебаний продаж, постепенно увеличивается резерв пассажирских кресел.

Выдача авиакомпанией провозных емкостей (пассажирских кресел) зависит также от величины продаж в будущем. Методы прогнозирования, в основе которых экстраполяция, позволяющая распространить существующую тенденцию на будущий период, и позволяющая создать менее устойчивую, колеблющуюся систему.

При построении модели мы предполагаем, что ее основой являются непрерывные потоки и в которых могут быть представлены необходимые для исследования переменные. Реальные системы очень близки имитационным системам. Система с непрерывными потоками дает возможность закрепить позицию для последующего уточнения хода реальных действий. «Модель с непрерывными потоками способствует концентрации внимания на центральных моментах системы. Отвлечение внимания на отдельные изолированные события затемняет центральный костяк системы» [47].

Модель позволит решать несколько задач и обладать следующими характерными чертами:

- отражать причинно-следственную связь, которую захочет учесть ЛПР;
- математическое выражение модели должна быть простым;
- число переменных должно быть достаточно большим;
- пригодность модели должна обеспечивать непрерывное взаимодействие, таким образом, чтобы дискретно вводимые величины между решениями, не влияли на результаты, в тоже время модель должна позволить, если понадобится, производить дискретные изменения в решениях.

Модель в виде динамической структура, состоящая из уровней связанных между собой управляемыми потоками, представленная рисунке 2.1, соответствует поставленной задаче.

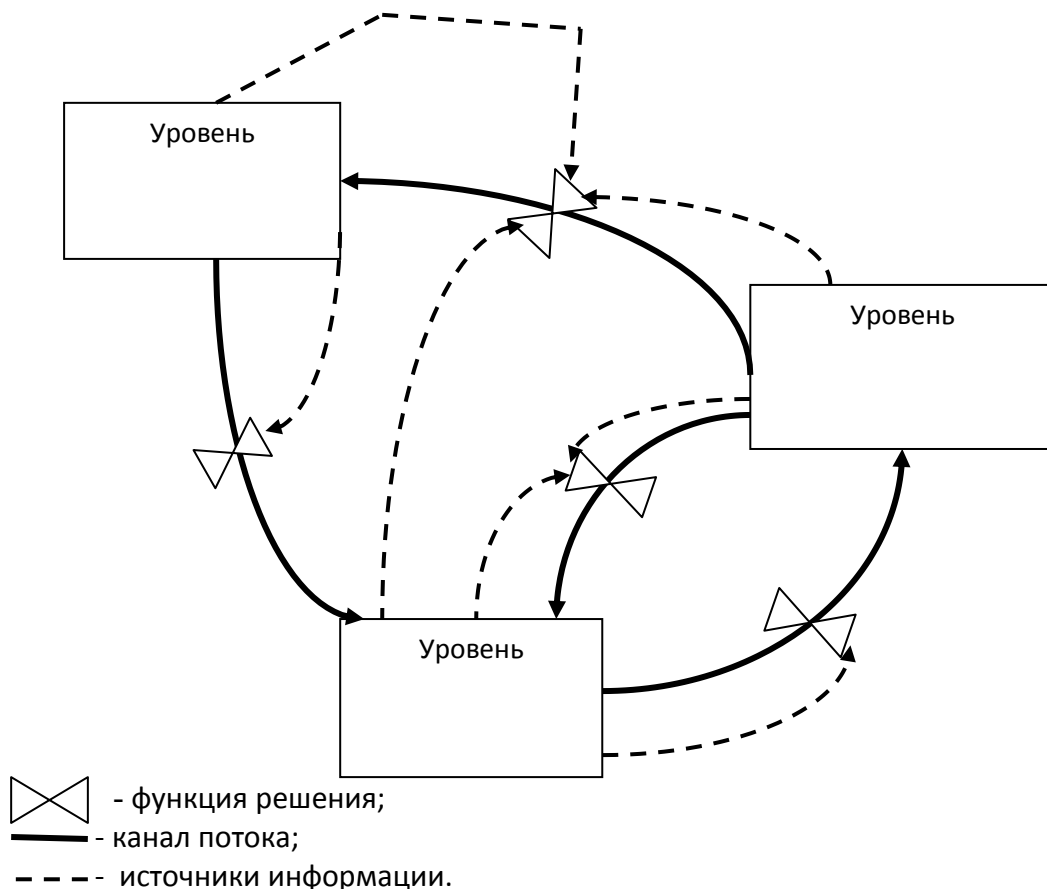


Рисунок 2.1 — Структура модели

Структура модели содержит:

- уровни;
- перемещающие содержимое уровней от одного к другому потоки;
- функции решений (вентили), управляющие темпами потоков между уровнями;
- информационные потоки, коммутирующие уровни с функциями решений

Структура модели, применяемая нами в работе, использована применительно к авиатранспортному предприятию, производящему транспортную услугу. В нашем случае набор элементов модели остается неизменным.

Уровнями будут считаться накопления внутри системы. Модель авиакомпании в понятие уровень включает пассажирскую емкость, потенциальные возможности выполнить перевозку пассажиров. Уровни в модели это зафиксированные значения переменных в данный момент, которые получаются в результате разности между входящими потоками и исходящими, но они не могут быть, но это не накопления, так как общее значение пассажирской емкости не может быть сформировано за счет таких накоплений, их попросту нет. Модели вводится понятие резерва, то есть потенциальной возможности обеспечить перевозки за счет предоставления пассажирских кресел из их суммарного количества.

«Очень важно отметить, что по единице измерения переменных еще нельзя судить, имеем ли мы дело с уровнем или с темпом, так как некоторые уровни измеряются такими же количественными показателями, что и темпы» [47].

В информационной сети модели также предусмотрены уровни. Особенностью уровней в этой сети будет то, что их значения будут измеряться в тех же единицах, что и темпы. К примеру, средний уровень продаж – это интегрированное значение мгновенных фактических темпов продаж за некоторый период времени. В данном случае уравнения для описания темпа

продаж будут те же, что что и для описания других уровней в системе. Но, при «спокойной» системе продаж товаров темп превращается в уровень товаров находящихся в системе. В нашей модели, в случае приведения системы в состояние покоя мы получим нулевое значение уровня, то есть модель авиационного предприятия - это система темпов потоков.

Мгновенные потоки между уровнями в системе определяются как темпы. Темп это активность системы, уровни измеряют состояние, являющееся результатом активности в системе. Установление темпа потока происходит на основе уровней по зависимостям, которые определяют функции решений, и наоборот темпы определяют уровни. В состав уровней, определяющих темпы потока, входит уровень, из которого исходит данный поток.

Функции решений формулируют поведение, определяющее, каким образом наличие информации о состоянии уровня приводит к выбору решений, определяющих величины текущих темпов. Решения о предстоящих действиях выражаются в форме темпов потока. Функция решения это уравнение, определяющее реакцию потока на состояние уровней. Функция решения, при определенных условиях, детально разработанная цепь вычислений, которые выполняются с учетом изменения некоторых дополнительных условий. Функции решений, устанавливающих темпы, зависят от информации об уровнях. «Темпы не определяются другими темпами» [47]. Но в нашей модели, особенно на уровне совокупной авиалинии, состояние уровня определяется мгновенным значением темпа, получившего название резерва, следовательно, функция принятия решения будет иметь форму уравнения, где резерв исполняет роль уровня и, следовательно, решения принимаются на основании знаний о резервах. В случае если интервал времени будет весьма короткий, можно установить, в принципе, что конкретное в этот момент времени решение, независимо от других принимаемых в данный момент решений (или мгновенных темпов) в другой части системы.

Базовая структура модели на рисунке 2.1 показывает только одну сеть в виде схемы информационных связей между уровнями и темпами. Для

отражения деятельности предприятия, необходимо установить шесть сетей, представляющих различные типы переменных.

1. Сеть материалов.

2. Сеть заказов - заказы на авиаперевозки; новую рабочую силу. Заказы формируются в результате решений, они связывают явные решения и результаты в форме неявных решений в материальных сетях, сетях денежных средств, трудовых ресурсов и средств производства.

3. Денежные средства, образующие сеть понимаются в модели как кассовая наличность.

4. Рабочая сила в сетевом представлении служит обеспечению многих важных результатов в деятельности компании.

5. Средства производства включают в себя производственные площади, оборудование, воздушные суда, необходимые для производства.

6. Сеть информации это последовательность темпов и уровней имеющих переменное значение, информационная сеть начинается от уровней и темпов в пяти сетях и заканчивается в функциях решений, определяющих темпы в этих сетях, эта сеть является связующей. Происходит перенос информации к точкам решений от каждого из уровней, а также перенос информации о темпах в других сетях к уровням в сети информации. Основная часть модели находится внутри информационной сети.

В рассматриваемой задаче, когда мы имеем в виду авиакомпанию, особенности деятельности, которой не претерпевают сколь либо заметных изменений в течение короткого промежутка времени под влиянием финансовых результатов, поток денежных средств имеет смысл исключить из исходной модели. Это будет означать, что мы имеем дело с авиакомпаниями в стабильный период их жизненного цикла, что подтверждается исследованиями в первой главе части 1.5. В начальной стадии целесообразно пренебречь также потоками персонала и средств производства, так как существуют вполне правдоподобные ситуации, в которых персонал и производительность средств производства не являются теми факторами, которые бы подчеркивали

первоочередность в оказании управленческого воздействия на предприятие. Анализ системы потребует выделения только очевидного влияния на процесс управления. Основной задачей является не достижение полного сходства модели и реальной системы, а демонстрация метода анализа применительно к авиатранспортному предприятию и изучение того как воздействуют на поведение системы формы организации, «запаздывания и руководящие правила» [47].

В дальнейшем можно будет снять ограничения, что даст возможность изучить влияния финансовых потоков на становление новой авиакомпания и проследить на единой модели за изменением в структуре и деловой активности авиатранспортного предприятия за весь период его развития.

## **2.2 Исходные допущения для системы уравнений динамической модели**

Уравнения производственной динамики должны соответствовать обстановке и правилам соединения модели изучаемой системы и процессам выработки решений. Назначение модели – обеспечивать полное представление о реальной системе. Уравнения, используемые в модели двух типов – «уравнения уровней» [47] и «уравнения темпов» [47].

Уровни – это переменное содержимое емкостей в системе. Они определяются дискретно для каждого из интервалов где в который принимается решение, при этом принимается условие, во временных интервалах изменение скорости уровня постоянно. Принимается во внимание, что уравнения, описывающие уровни имеют интегральную форму, но в модели используется алгебраические уравнения для простоты построения вычислительных процессов в блоках модели.

Уравнения, которыми описываются темпы потоков в модели, являются функциями решений. Для уравнений темпов принимается тоже допущение, в каждом интервале времени решение уравнений производится независимо одно от другого. Системное взаимодействие происходит при воздействии темпов на

уровни, а уровни на темпы оказывают воздействие в более поздние интервалы дискретного времени. Действие, совершаемое в следующий временной интервал, определяется уравнением темпа.

Запись системы уравнений производится с условиями, устанавливающими способ её решения. Используемая в модели система уравнений регулирует сети переменных, изменяющиеся во времени взаимодействия. Это условие (изменчивость) определяет необходимость производить решение уравнений для вычисления нового состояния системы, для проведения оценки состояния системы.

В каждый временной момент возможны специфические вычисления, которые определяются характером системы уравнений.

Решение уравнений необходимо выполнять для коротких временных интервалов. Временные интервалы принимаются очень короткими, для принятия допущения о том, что темп потока постоянен. Это допущение принимается для получения нормального приближения к непрерывно изменяющемуся потоку реальной системы. Небольшие интервалы времени позволяют провести отрезки прямых линий такой длины, что они будут очень близко приближаться к любой кривой.

Рассматривая формы алгебраически разностных уравнений, используемых для построения модели, можно отметить, что уравнения темпа для нахождения уровня от данного темпа является уравнением первого порядка. В научных исследованиях, для точности расчетов, часто решают уравнения высшего порядка. В работе для создания модели производственной динамики нет необходимости использовать более строгие методы вычислений, так как в практическом применении это приведет к определенным сложностям.

Наглядность модели и простота прямого формулирования, будет представлять большую ценность, чем незначительное повышение точности, достигаемой с помощью более сложных методов вычислений.

### 2.3 Уравнения для совокупной авиалинии

Уравнения для совокупной авиалинии начинаются с двух уравнений: одно описывает уровень неудовлетворенного спроса на авиаперевозки, второе определяет наличие резерва для выполнения перевозок. В виду особенности построения системы для описания процесса предоставления транспортной услуги, а не продажи реального товара, структура уравнений имеет ряд отличий. Так, например, при построении уравнений, описывающих состояние уровней системы, из него исключается накопительная составляющая, то есть величина запаса от предыдущего исследуемого интервала, поскольку одним из свойств услуги является ее несохраняемость, что приводит к тому, что не оказанная услуга исчезает навсегда и не может быть удовлетворена за счет запаса услуг. В связи этим, особенностью системы будет ее работа с мгновенными состояниями спроса на перевозки и его предложения.

$$UOR.K = (DT) (RRR.JK - SSR.JK), \quad (2.1)$$

где  $UOR$  – неудовлетворенный спрос на авиаперевозку, пассажиры в неделю;

$RRR$  – спрос на перевозку по совокупной авиалинии, определяемый на основе уровня продаж, пассажиры в неделю;

$SSR$  – фактический темп перевозки, пассажиров в неделю;

$DT$  – временной интервал, одна неделя.

Уравнение определяет величину неудовлетворенного в момент времени  $K$ , который определяет настоящий момент в соответствии с темпами входящих и исходящих потоков во временном интервале  $JK$  между решениями уравнений. Входящие и исходящих потоки в интервале  $JK$  постоянными, то есть темпы потоков не меняются. Как уже отмечалось ранее это допущение возможно при достаточно коротком временном интервале, его значение должно быть меньше половины запаздывания «первого порядка» [47].

Второе уравнение описывает уровень резерва пассажирских кресел, который существует в совокупной авиалинии в конкретный момент времени,

следовательно, мы снова имеем дело уравнением уровня описываемого только темпами входящих и исходящих потоков.

$$IAR.K = (DT)(SRR.JK - SSR.JK), \quad (2.2)$$

где  $IAR$  – фактический резерв пассажирских кресел, существующий в совокупной авиалинии, пассажирские кресла;

$SRR$  – темп расчетной пассажирской емкости совокупной авиалинии, определяемый с учетом коэффициента занятости кресел от общей пассажирской емкости авиакомпании, пассажиры в неделю;

$SSR$  – фактический темп перевозки, пассажиров в неделю.

Темп перевозки должен зависеть от величины неудовлетворенного спроса. В предельном случае, когда нет спроса, не будет и перевозки. Возможность более полноценно обеспечить спрос на перевозку существует при наличии резерва, в счет использования которого и возможно удовлетворение спроса. Продажа перевозки отличается от продажи реального товара тем, при продаже реального товара, поставка товаров зависит от наличия запасов и от наличия не выполненных заказов, но не зависит от того поступают ли новые заказы в данный момент, так как товары по этим заказам еще не поступили в продажу. Возможности производственно-сбытовой системы реализации транспортной услуги определяются только темпами поставок пассажирских кресел в совокупную авиалинию и уровнем спроса на перевозку.

Считается, что темп перевозки определяется объемом неудовлетворенного спроса и запаздыванием в выполнении перевозки, которое является переменной величиной. Такой способ определения темпа перевозок позволяет получить следующее уравнение:

$$SSR.KL = \frac{UOR.K}{DFR.K}, \quad (2.3)$$

где  $SSR$  – фактический темп перевозки, пассажиров в неделю;

$UOR$  – неудовлетворенный спрос на авиаперевозку, пассажиры;

$DFR$  – запаздывание (переменное) предоставления перевозки относительно продажи, недели.

Преобразуем предыдущее уравнение, используя вместо фактического темпа перевозок SSR предполагаемый темп перевозок STR.

$$STR.K = \frac{UOR.K}{DFR.K}, \quad (2.4)$$

где STR – предполагаемый темп перевозок, пассажиры в неделю;

UOR – неудовлетворенный спрос на авиаперевозку, пассажиры;

DFR – запаздывание (переменное) предоставления перевозки относительно продажи, недели.

Можно признать, что предполагаемый темп перевозок STR это истинное значение темпа перевозок SSR, но для этого сопоставим значение SRT с предельным темпом поставки кресел в совокупную авиалинию, при котором, за интервал времени решениями уравнений имеющийся резерв пассажирских кресел.

$$NIR.K = \frac{IAR.K}{DT}, \quad (2.5)$$

где NIR – предельный темп перевозок пассажиров, пассажиры в неделю;

IAR – фактический резерв пассажирских кресел, существующий в совокупной авиалинии, пассажирские кресла;

DT – временной интервал, недели.

Таким образом, уравнение темпа пассажирских перевозок можно записать в следующем виде:

$$SSR.KL = \begin{cases} STR.K, & \text{если } NIR.K \geq STR.K \\ NIR.K, & \text{если } NIR.K < STR.K \end{cases} \quad (2.6)$$

где SSR – фактический темп перевозки, пассажиров в неделю;

NIR – предельный темп перевозок пассажиров, пассажиры в неделю;

STR – предполагаемы темп перевозок, пассажиры в неделю.

Уравнение 2.6 определяет темп перевозки пассажиров, во временном интервале KL, он будет таким, что если предельный темп перевозок NIR.K, (уравнения 2.5) равен или больше желаемого темпа перевозок STR.K, (уравнение 2.4), то следует принять тем STR.K. Если NIR.K меньше, чем STR.K, то за темп перевозок принимается NIR. Взаимосвязь уравнений 2.4, 2.5 и 2.6 представлена на диаграмме (рисунок 2.2).

Анализируя составляющие диаграммы потоков можно отметить, что аналитически не описан порядок вычисления запаздывания предоставления перевозки. Уравнение запаздывания будет иметь следующий вид:

$$DFR.K = DHR + DUR \frac{IDR.K}{IAR.K}, \quad (2.7)$$

где DFR – запаздывание предоставления перевозки, недели;

DHR – минимальное запаздывание, минимальный интервал от оформления до предоставления перевозки, недели;

DUR – среднее запаздывание, интервал от оформления до предоставления перевозки обусловленный наличием набора факторов, формирующих раннее обращение к перевозчику, недели;

IDR – желательный резерв пассажирской емкости совокупной авиалинии, пассажирские кресла;

IAR – фактический резерв пассажирской емкости совокупной авиалинии, пассажирские кресла.

Теперь когда установлены константы DHR и DUR, нам известны все величины, входящие в уравнение 2.7, за исключением величины желательного резерва IDR.

Понятие желательный резерв «желательный запас» [47], который можно рассматривать достаточный уровень резерва, является очень важным. Желательный уровень резерва будет влиять на формирование решения о создании дополнительных резервов поставки пассажирских кресел в совокупную авиалинию. Использование понятия достаточный уровень резерва в расчете восполнения резерва системы делает это понятие важным при рассмотрении динамики системы. Так как связь между желательным и средним темпом продаж является прямо пропорциональной, то уравнение связи будет выглядеть следующим образом:

$$IDR.K = (AIR) (RSR.K), \quad (2.8)$$



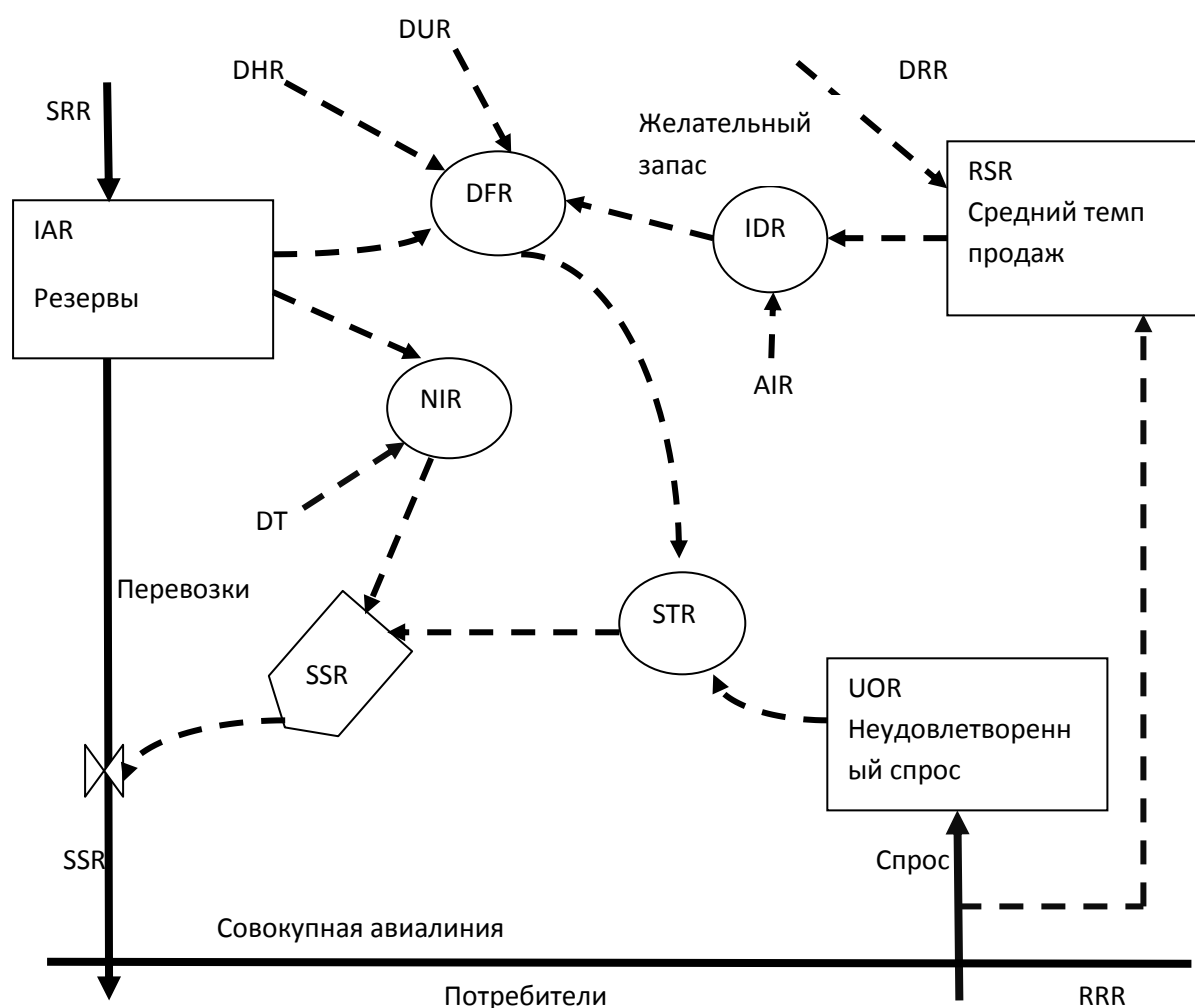


Рисунок 2.3 — Отражение желательного резерва и среднего темпа продаж в диаграмме потоков

Для решения уравнения можно использовать различные метод усреднения. Здесь мы используем «показательное усреднение первого порядка» [47], в следствии чего получится уравнение данного вида:

$$RSR.K = RSR.J + (DT) \times \left( \frac{1}{DRR} \right) \times (RRR.JK - RSR.J), \quad (2.9)$$

где **RSR** – средний темп продаж, величина которого определяется на основании спроса на перевозку, пассажирские кресла в неделю;

**RRR** – спрос на перевозку по совокупной авиалинии, определяемый на основе уровня продаж, пассажиры в неделю;

**DRR** – запаздывание к усреднению объема пассажирской емкости совокупной авиалинии, недели.

Анализ уравнения 2.9 иллюстрирует, значение вновь рассчитанного среднего уровня продаж  $RSR$  который в момент времени  $K$  равен предыдущему значению этого уровня, но откорректированный на долю разности между темпом продаж в течение последнего интервала времени  $RSR.K$  и рассчитанным ранее средним темпом продаж  $RSR.J$ . Константа  $DRR$  устанавливает эту долю разности, на которую еженедельно необходимо корректировать тем продаж; обратная этой константе величина умножается на значение временного интервала  $DT$ , для определения поправки в среднем темпе продаж за интервал времени между вычислениями.

«Усреднение, в основе которого лежит зависимость, описываемая показательной функцией, дает наиболее весомый результат, в том случае, когда оно охватывает данные, полученные в самое последнее время» [47].

В предыдущих уравнениях и на рисунке 2.3 показаны поступающий от клиентов поток заказов на перевозку и факторы, определяющие выполнение этих заказов. Следующее действие – это разработка критерия для принятия решения о формировании производственного задания для авиакомпании. Задание производственному звену, которым является авиакомпания, будет описываться уравнением темпа выдачи исходящего спроса на авиаперевозки.

Принимаемое в соответствии с этим уравнением решение будет явным по форме, поскольку спрос, сформированный в совокупной авиалинии, фактически может быть бесконечным и потому величина объема производственного задания принимается без ограничения. Будет ли поставлено необходимое количество пассажирских кресел в авиалинию, это определяется решениями в уровне производственно-сбытовой модели, определяющим авиакомпанию.

Если установлено определенное время выдачи пассажирских кресел в совокупную авиалинию (это расписание полетов), то необходимо чтобы общая пассажирская вместимость системы была пропорциональна уровню деловой активности. Если не вводить объемы пассажирской вместимости в каналы

системы, то возникнет недостаток резерва пассажирских кресел. Эти факторы выражены в следующем уравнении:

$$PDR.KL = RRR.JK + \left(\frac{1}{DIR}\right) \times [(IDR.K - IAR.K) + (LDR.K - LAR.K) + (UOR.K - UNR.K)] \quad (2.10)$$

где PDR – темп производственного задания сформированного в совокупной авиалинии, пассажиры в неделю;

RRR – спрос на перевозку по совокупной авиалинии, определяемый на основе уровня продаж, пассажиры в неделю;

DIR – запаздывание на оформление перевозки, недели;

IDR – желательный резерв пассажирских кресел в совокупной авиалинии, пассажирские кресла;

LDR – желательная величина спроса, определяющая формирование темпа производственного задания, пассажиры;

LAR – фактическая величина спроса для формирования производственного задания, пассажиры;

UOR – неудовлетворенный спрос на авиаперевозку, пассажиры;

UNR – нормальная величина неудовлетворенного спроса, пассажиры.

Диаграмма потоков, построенная с учетом уравнения 2.10, показана на рисунке 2.4.

Прежде всего, темп формирования производственного задания будет зависеть от сложившегося темпа продаж RRR. Запаздывание DIR есть постоянная времени, отражающая тот темп, с каким авиалиния реагирует на возникновение дефицита пассажирских кресел. Нельзя предположить, что авиалиния будет реагировать немедленно и в полную силу. Более этого обнаружение дефицита в целом по линии, состоящей из большого количества воздушных трасс, потребует существенных временных затрат. Два члена уравнения, относящиеся к величине резерва, дают разницу между желательным и фактическим резервом пассажирских кресел в совокупной авиалинии. Если желательный уровень резерва будет выше или ниже фактического, то величину

темпа производственного задания можно соответственно скорректировать. Желательный уровень резерва будет определен позднее.

Темп производственного задания, определяемый с помощью уравнения 2.10, зависит от значений нескольких переменных. Это, в частности, желательная величина спроса. Поэтому уравнения переменных, определяющих темп производственного задания, переписываются в их взаимосвязи непосредственно с производством или авиакомпанией в нашей классификации уровней производственно-сбытовой модели.

Уравнение, определяющее желательную величину спроса, будет иметь вид:

$$\text{LDR.K} = (\text{RSR.K})(\text{DCR} + \text{DFF.K}), \quad (2.11)$$

где LDR – желательная величина спроса, определяющая формирование темпа производственного задания, пассажиры;

RSR – средний темп продаж, величина которого определяется на основании спроса на перевозку, пассажирские кресла а неделю;

DCR – запаздывание на оформление заказа в совокупной авиалинии, недели;

DFF – запаздывание на принятие решения в управленческом звене, недели.

Следующее уравнение дает новое выражение фактической величины спроса:

$$\text{LAR.K} = \text{CPR.K} + \text{UOF.K}, \quad (2.12)$$

где LAR – фактическая величина спроса для формирования производственного задания, пассажиры;

UOF – известная величина неудовлетворенного спроса на поставку пассажирских кресел в совокупную авиалинию, пассажирские кресла.



DUR – среднее запаздывание, интервал от оформления до предоставления перевозки обусловленный наличием набора факторов, формирующих раннее обращение к перевозчику, недели.

Нормальное запаздывание от оформления до исполнения перевозки состоит из двух компонентов – один представляет собой среднее минимальное время для оформления перевозки связанное с выполнением необходимых технологических процедур и временем на оформление документов. Второй порожден обычными условиями предварительно оформления вызванного желанием клиента.

Уравнения с 2.1 по 2.13 полностью определяют темпы и вспомогательные переменные в совокупной авиалинии, необходимые для составления уравнений темпов. Теперь надо составить уравнение, описывающее запаздывание между оформлением и предоставлением перевозки. Использование «запаздывания третьего порядка» [48] наиболее точно отображающее наше интуитивное «ощущение» [48] того каким образом процесс оформления перевозки реагирует на различные установившиеся и не установившиеся вводы.

Уравнения, описывающие «запаздывание третьего порядка» [47], предлагаемое в индустриальной модели Форрестера при принятии решения, о размере производственного задания, составляющего объем в виде пассажирской емкости предоставленной в распоряжение совокупной авиалинии, имеют следующий вид.

$$CPR.K = (DT)(PDR.JK - PSR.JK), \quad (2.14)$$

$$PSR.KL = DELAY3(PDR.JK, DCR), \quad (2.15)$$

где CPR – спрос, формирующий объем перевозок, пассажиры;

PDR – темп производственного задания сформированного в совокупной авиалинии, пассажиры в неделю;

PSR – заказы на объем пассажирской емкости, сформированные на основании спроса на перевозку, пассажирские кресла в неделю;

DCR – запаздывание на оформление заказа в совокупной авиалинии, недели;

DELAY3 – индекс определяющий систему уравнений, описывающих «запаздывание третьего порядка» [47].

Системы уравнений представленных выше предполагается использовать для описаний операций в совокупной авиалинии моделируемой в работе. Это не независимыми уравнения, поскольку в них входит переменная UOF, относящаяся к авиакомпании.

## 2.4 Уравнения для авиакомпании

В авиакомпании многие функции, описывающие процессы выполнения заказов на авиаперевозки схожи с соответствующими функциями для совокупной авиалинии. Но следует заметить, что производству присущи некоторые организационные особенности.

Рассмотрим тождественные для производства и совокупной авиалинии уравнения. Уравнения на неудовлетворенные заказы от авиалинии и имеющиеся резервы пассажирских кресел подобны уравнениям 2.1 и 2.2:

$$UOF.K = DT(RRF.JK - SSF.JK), \quad (2.16)$$

$$IAF.K = (DT)(SRF.JK - SSF.JK), \quad (2.17)$$

где UOF – не выполненные авиакомпанией заказы на поставку пассажирских кресел в совокупную авиалинию, пассажирские кресла;

RRF – требования, получаемые авиакомпанией на поставку пассажирских кресел в совокупную авиалинию, пассажирские кресла в неделю;

SSF – поставки пассажирских кресел в совокупную авиалинию, пассажирские кресла в неделю;

IAF – фактический резерв пассажирских кресел авиакомпании, пассажирские кресла;

SRF – плановый темп поставки пассажирских кресел, пассажирские кресла в неделю.

Уравнения 2.16 и 2.17 определили, что авиакомпания имеет возможности по предоставлению пассажирских кресел для насыщения спроса в перевозках. Соответственно темпы поставок будут отображены следующими уравнениями:

$$STF.K = \frac{UOF.K}{DFF.K}, \quad (2.18)$$

$$NIF.K = \frac{IAF.K}{DT}, \quad (2.19)$$

$$SSF.KL = \begin{cases} STF.K, & \text{если } NIF.K \geq STF.K \\ NIF.K, & \text{если } NIF.K < STF.K \end{cases}, \quad (2.20)$$

где STF – проверяемый темп поставок пассажирских кресел в совокупную авиалинию, пассажирские кресла в неделю;

UOF – не выполненные авиакомпанией заказы на поставку пассажирских кресел в совокупную авиалинию, пассажирские кресла;

DFF – запаздывание (переменное по величине) поставки кресел в совокупную авиалинию, недели;

NIF – темп поставок пассажирских кресел в совокупную авиалинию, пассажирские кресла в неделю;

IAF – фактический резерв пассажирских кресел авиакомпании, пассажирские кресла;

DT – временной интервал, недели;

SSF – поставки пассажирских кресел в совокупную авиалинию, пассажирские кресла в неделю.

Уравнения запаздывания выполнения поставки пассажирских кресел в совокупную авиалинию, величины желательного резерва пассажирских кресел и усредненного темпа передачи провозных емкостей под загрузку будут описаны уравнениями:

$$DFF.K = DHF + DUF \times \frac{IDF.K}{AIF.K}, \quad (2.21)$$

$$IDF.K = (AIF)(RSF.K), \quad (2.22)$$

$$RSF.K = RSF.J + (DT) \times \left( \frac{1}{DRF} \right) \times (RRF.JK - SRF.J), \quad (2.23)$$

где DFF – запаздывание (переменное по величине) поставки кресел в совокупную авиалинию, недели;

DHF – минимальное запаздывание выполнения поставки пассажирских кресел в совокупную авиалинию (время на подготовку вылета, недели;

DUF – среднее запаздывание из-за отсутствия воздушных судов для выдачи пассажирских кресел в совокупную авиалинию (время подготовки к вылету плюс время перегона самолета в аэропорт назначения), недели;

IDF – желательный запас пассажирских кресел, обусловленный наличием резерва воздушных судов, пассажирские кресла;

IAF – фактический резерв пассажирских кресел авиакомпании, пассажирские кресла;

AIF – коэффициент пропорциональности, недели;

RSF – усредненные требования к объему поставки пассажирских кресел в совокупную авиалинию, кресла в неделю;

DRF – запаздывание в усреднении требований к объему поставки пассажирских кресел в совокупную авиалинию, недели;

RRF – заказы на пассажирские кресла, поступающие в авиакомпанию, от совокупной авиалинии, кресла в неделю.

Решение, связанное с темпами подготовки и поставки пассажирских кресел в совокупную авиалинию в реальной ситуации зависят от различных практических соображений, определяемых производственными возможностями.

Однако возможности рационального использования парка воздушных судов могут привести к расширению этих возможностей.

Рассматривая это пример необходимо сделать допущение, что темп производства может изменяться непрерывно от нуля до некоторой предельной величины.

Решение поставлять в авиалинию пассажирские кресла в темпе превышающим максимально возможный не приведет к поставкам сверх определенного предела.

«Следует заметить, что «явное» решение хотеть производить, может быть принято вне зависимости от способности производить» [47]. Кроме того, реальная производственная программа поставки пассажирских кресел в совокупную авиалинию может превзойти возможности авиакомпании, а раз так, то фактические поставки пассажирских кресел будут регулироваться неявным подразумеваемым решением, которое определяет зависимость передачи пассажирских кресел (выходная реакция авиакомпании) от таких условий как уже выполняемый объем перевозок, людские ресурсы, доступные материалы и оборудование.

Уравнение желательного темпа производства будет иметь следующий вид:

$$MWF.K = RRF.JK + \left(\frac{1}{DIF}\right) \times [(IDF.K - IAF.K) + (LDF.K - LAF.K) + (UOF.K - UNF.K)], \quad (2.24)$$

где MWF – желательный темп поставки пассажирских кресел в совокупную авиалинию, пассажирские кресла в неделю;

RRF – заказы на пассажирские кресла, поступающие в авиакомпанию, от совокупной авиалинии, пассажирские кресла в неделю;

DIF – запаздывание регулирования резерва пассажирских кресел в совокупную авиалинию, связанное с выдачей воздушных судов в резерв, недели;

IDF – желательный резерв пассажирских кресел, пассажирские кресла;

IAF – фактический резерв пассажирских кресел, пассажирские кресла;

LDF – желательный уровень заказов на пассажирские кресла, пассажирские кресла;

LAF – фактический уровень заказов на пассажирские кресла, пассажирские кресла;

UOF – не выполненные авиакомпанией заказы на поставку пассажирских кресел в совокупную авиалинию, пассажирские кресла;

UNF – нормальный уровень невыполненных авиакомпанией заказов на поставку пассажирских кресел в совокупную авиалинию, пассажирские кресла.

Уравнение 2.24 – это вспомогательное уравнение, а не уравнение темпа, так как полученный из него результат должен сопоставляться с максимальной производственной мощностью авиакомпании. Производственная мощность, которой располагает авиакомпания, не имеет четкой границы; она зависит от состояния воздушного парка, периодичности технического обслуживания, количества персонала летного и наземного состава; однако если вносить в уравнение эти уточнения, то она продолжала бы расширяться за те пределы, которые в этой модели ограничены. Поэтому возможности производственной величины темпа равного потребному количеству кресел будут существовать до тех пор, пока потребное количество кресел будет меньше производственной мощности. При этом мы будем полагать, что обеспечение совокупной авиалинии пассажирскими креслами будет следовать с определенным запаздыванием за формированием производственного задания.

Уравнение представленное ниже определяет решение о темпе выдачи пассажирских кресел в совокупную авиалинию как наименьшем из двух темпов – желательного и ограниченного производственной мощностью:

$$MDF.KL = \begin{cases} MWF.K, & \text{если } ALF \geq MWF.K \\ ALF, & \text{если } ALF < MWF.K \end{cases}, \quad (2.25)$$

где MDF – темп выдачи пассажирских кресел в совокупную авиалинию, определяемый в результате решения, пассажирские кресла в неделю;

MWF – желательный темп поставки пассажирских кресел в совокупную авиалинию, пассажирские кресла в неделю;

ALF – постоянная величина для описания предельной производственной мощности, пассажирские кресла в неделю.

Уравнения формирования резерва пассажирских кресел и нормального уровня невыполненных заказов по поставке кресел в совокупную авиалинию будут иметь следующий вид:

$$LDF.K = (RSF)(DCF+PDF), \quad (2.26)$$

$$LAF.K = (CPF.K + OPF.K), \quad (2.27)$$

$$UNF.K = (PSF.K)(DHF + DUF), \quad (2.28)$$

где LDF – желательный уровень заказов на пассажирские кресла, пассажирские кресла;

RSF – усредненные требования к объему поставки пассажирских кресел в совокупную авиалинию, кресла в неделю;

DCF – запаздывание при оценке ситуации и распределении воздушных судов по трассам совокупной авиалинии, недели;

DPF – запаздывание, связанное с постановкой воздушных судов на трассы совокупной авиалинии, недели;

LAF – фактический уровень заказов на пассажирские кресла, пассажирские кресла;

CPF – пассажирские кресла, возможность появления которых в авиакомпании определяется потенциальными возможностями, связанными с будущим поступлением воздушных судов в авиакомпанию из ремонта и трудоемкой формы регламента технического обслуживания, пассажирские кресла;

OPF – пассажирские кресла в воздушных судах на мелком ремонте или оперативной форме регламента технического обслуживания, пассажирские кресла;

UNF – нормальный уровень невыполненных авиакомпанией заказов на поставку пассажирских кресел в совокупную авиалинию, пассажирские кресла;

DHF – запаздывание, связанное с продолжительностью регламентных работ, недели;

DUF – запаздывание, связанное с отсутствием запасных частей при проведении регламентных работ, недели.

«Как показывает опыт, для преобразования информации в решение о выборе определенного темпа производства необходимо некоторое время» [47]. Оно может быть отражено с помощью показательного запаздывания:

$$CPF.K = CPF.J + (DT) (MDF.JK - MOF.JK), \quad (2.29)$$

$$\text{MOF.KL} = \text{DELAY3}(\text{MDF.JK}, \text{DCF}), \quad (2.30)$$

где CPF – пассажирские кресла, возможность появления которых в авиакомпании определяется потенциальными возможностями, связанными с будущим поступлением воздушных судов в авиакомпанию из ремонта и трудоемких форм регламента технического обслуживания, пассажирские кресла;

MDF – темп выдачи пассажирских кресел в совокупную авиалинию, определяемый в результате решения, пассажирские кресла в неделю;

MOF – производственные заказы на выдачу пассажирских кресел в совокупную авиалинию, пассажирские кресла в неделю;

DCF – запаздывание при оценке ситуации и распределении воздушных судов по трассам совокупной авиалинии, недели;

DELAY3 – индекс определяющий систему уравнений, описывающих «запаздывание третьего порядка» [47].

Рассмотрим процесс производства авиатранспортной услуги. Решение о производстве продукции в виде пассажирских кресел для совокупной авиалинии уже ограничено мощностью авиакомпании, где мощность представляет собой предельную пассажирскую емкость авиакомпании. Допустим, что персонал и средства производства не накладывают никаких ограничений на выпуск продукта – авиатранспортной перевозки. Выпуск продукта (пассажирских кресел) будет зависеть от полученных заказов на поставку пассажирских кресел в совокупную авиалинию, и будет изменяться, реагируя на изменение темпа поступления заказов с запаздыванием на обработку информации и подготовку условий для производства. Функции запаздывания, в модели, будут выбираться в зависимости от изменения темпа производства и характера его изменения. Автором модели производственной динамики Дж. Форрестером предлагается использовать запаздывание третьего порядка. Так как такой вид запаздывания является типичным и характерным для общего набора обстоятельств, с которыми приходится встречаться при производстве.

В этом случае получаются следующие уравнения:

$$OPF.K = OPF.J + (DT)(MOF.JK - SRF.JK), \quad (2.31)$$

$$SRF.KL = DELAY3(MOF.JK, DPF), \quad (2.32)$$

где OPF – пассажирские кресла в воздушных судах на мелком ремонте или оперативной форме регламента технического обслуживания, пассажирские кресла;

MOF – производственные заказы на выдачу пассажирских кресел в совокупную авиалинию, пассажирские кресла в неделю;

SRF – пополнение резерва пассажирских кресел в авиакомпании, пассажирские кресла в неделю;

DPF – запаздывание, связанное с постановкой воздушных судов на трассы совокупной авиалинии, недели;

DELAY3 – функциональное обозначение, указывающее на «уравнение запаздывания третьего порядка» [47].

На этом завершается составление уравнений для авиакомпании, и в целом без ввода новых переменных, завершается формальное описание изучаемой системы. Диаграмма потоков в авиакомпании представлена на рисунке 2.5.

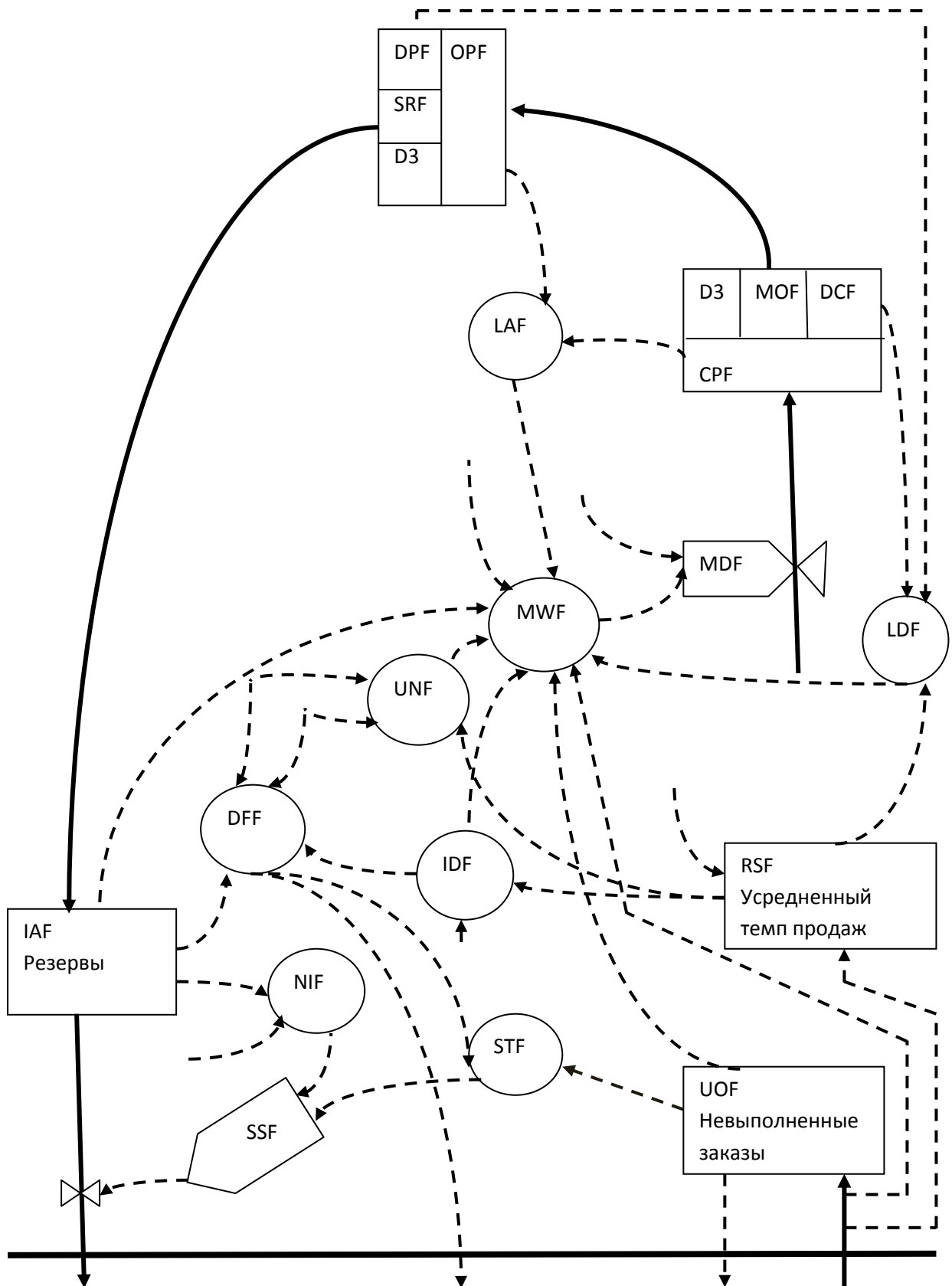


Рисунок 2.5 — Диаграмма потоков в авиакомпании

## 2.5 Начальные условия

Уравнения с 2.1 по 2.32 решаются в моменты времени, чрез интервал  $\Delta T$ .

Для первоначального решения уравнений нужно установить исходные значения переменных величин. Подавляющая часть исследований моделей производственной динамики начинается с изучения системы в стабильных условиях, и без каких либо возмущений в начальный момент времени.

Для анализа работы системы нами приведен детерминированный ввод значений работы авиакомпаний. Продажи авиабилетов RRR единственный независимый ввод, означающий, что допускается условие, что в прошлом продажи не изменялись. «Кроме того, в начальный момент времени система будет находиться в состоянии равновесия независимо от того, является ли она устойчивой» [47]. В модели Дж. Форрестера предлагается неизменный независимый ввод, сохраняющий свою амплитуду от интервала к интервалу. Нами предлагается ввод, отражающий реальную картину продаж с учетом сезонных колебаний спроса на авиационные перевозки, но в целом система предполагает устойчивое состояние.

Начальные значения внешних вводов необходимо устанавливать так, чтобы изменения, в будущем вносимые в систему, не потребовали пересоставления уравнений применительно к новым условиям работы модели.

Начальные и предшествующие значения требований к продажам авиаперевозок RRR должны быть заданы численно:

$$RRR = RRI, \quad (2.33)$$

где RRR – спрос на перевозку по совокупной авиалинии, определяемый на основе уровня продаж, пассажиры в неделю;

RRI – продажи авиаперевозок, единиц в неделю;

Первое, что встречается в системе, - это неудовлетворенный спрос на перевозки UOR, определяемый уравнением 2.1. Нормальный установившейся уровень этой переменной описывается уравнением:

$$UOR.K = (RSR)(DHR+DUR), \quad (2.34)$$

где UOR – неудовлетворенный спрос на авиаперевозку, пассажиры;

RSR – усредненные требования к темпу продаж авиаперевозок, пассажиры в неделю;

DHR – минимальное запаздывание, минимальный интервал от оформления до предоставления перевозки, недели;

DUR – среднее запаздывание, интервал от оформления до предоставления перевозки обусловленный наличием набора факторов, формирующих раннее обращение к перевозчику, недели.

Исходная величина фактического резерва IAR может быть равна желательному резерву, определяемому уравнением 2.8:

$$IAR = (AIR)(RSR), \quad (2.35)$$

где IAR – фактический резерв пассажирских кресел, существующий в совокупной авиалинии, пассажирские кресла;

AIR – постоянный коэффициент пропорциональности (отношение желательного резерва к недельной продаже), недели;

RSR – средний темп продаж, величина которого определяется на основании спроса на перевозку, единицы в неделю.

Следующий уровень в системе уравнений определяет усредненный темп продажи авиаперевозок, который при установившихся условиях будет равен спросу на перевозки:

$$RSR = RRR, \quad (2.36)$$

где RSR – средний темп продаж, величина которого определяется на основании спроса на перевозку, единицы в неделю;

RRR – спрос на перевозку по совокупной авиалинии, определяемый на основе уровня продаж, пассажиры в неделю.

Используя уже известные исходные величины можно решить уравнения 2.4, 2. 5, 2. 6, 2.7, 2.8, которые определяют значения вспомогательных переменных и устанавливают темп перевозок SSR, который равен уровню продаж RRI в установившихся условиях. Теперь можно определить исходные

данные, обеспечивающие формирование производственной программы авиакомпании. Из набора уравнений предлагаемых Дж. Форрестером в нашей системе используется только одно уравнение:

$$CPR = (DCR)(RRR), \quad (2.37)$$

где CPR – спрос формирующий объем перевозок, пассажиры;

DCR – запаздывание на оформление заказа в совокупной авиалинии, недели;

RRR – спрос на перевозку по совокупной авиалинии, определяемый на основе уровня продаж, пассажиры в неделю.

Подобная система уравнений для определения исходных величин применительно к авиакомпании будет иметь вид:

$$RRF = RRR, \quad (2.38)$$

$$UOF = (RSF)(DHF + DUF), \quad (2.39)$$

$$IAF = (AIF)(RSF), \quad (2.40)$$

$$RSF = RRF, \quad (2.41)$$

$$CPF = (DCF)(RRF), \quad (2.42)$$

$$OPF = (DPF)(RRF), \quad (2.43)$$

где RRF – требования, получаемые авиакомпанией на поставку пассажирских кресел в совокупную авиалинию, пассажирские кресла;

RRR – спрос на перевозку по совокупной авиалинии, определяемый на основе уровня продаж, пассажиры в неделю;

UOF – не выполненные авиакомпанией заказы на поставку пассажирских кресел в совокупную авиалинию, пассажирские кресла;

RSF – усредненные требования к объему поставки пассажирских кресел в совокупную авиалинию, кресла в неделю;

DHF – запаздывание, связанное с продолжительностью регламентных работ, недели;

DUF – запаздывание, связанное с отсутствием запасных частей при проведении ремонтных работ, недели;

IAF – фактический резерв пассажирских кресел, пассажирские кресла;

AIF – коэффициент пропорциональности, недели;

CPF – пассажирские кресла, возможность появления которых в авиакомпании определяется потенциальными возможностями, связанными с будущим поступлением воздушных судов в авиакомпанию из ремонта и трудоемких форм технического обслуживания, пассажирские кресла;

DCF – запаздывание при оценке ситуации и распределении воздушных судов по трассам совокупной авиалинии, недели;

OPF – пассажирские кресла в воздушных судах на текущем ремонте или плановой форме регламента технического обслуживания, пассажирские кресла;

DPF – запаздывание, связанное с постановкой воздушных судов на трассы совокупной авиалинии, недели.

Результатом изложения предыдущего материала является система уравнений динамики, уравнений исходных значений и заданных параметров. При проведении испытаний системы будет моделироваться различный тем розничных продаж, темпа будет задаваться каждый раз при формулировании условий, в которые должна быть поставлена система.

## **2.6 Использование динамической модели для анализа структуры управления**

В долгосрочном планировании применимы модели интегрированной обработки данных и принимаемых допущений для того чтобы иметь представление о характере поведения и взаимодействии элементов системы в будущем. Представляет интерес моделирование при изучении роста организации.

«Динамика роста приобретает наибольшее значение в тех отраслях экономики, где технология быстро идет вперед, а «продолжительность жизни» изделия остается короткой» [47]. Это высказывание Дж. Форрестера можно использовать для изучения и моделирования процесса производства транспортной услуги. Комбинации характеристик предоставляемой услуги,

руководящие правила авиатранспортного предприятия, способствующие получению высокой прибыли и быстрому росту в условиях рынка, являются предметом для изучения.

В модель включаются е факторы, которые позволят совершенствовать процесс предоставления транспортной услуги. Так как в модели производственной динамики представлены основные функции предприятия, можно завершить общую картину добавлением алгоритма принятия решений на уровне системы управления организацией.

Управление предприятием имеет различные формы, различные положения и различное происхождение, которые отличаются друг от друга быстротой выполнения решений и целями, которые они преследуют. Указанные особенности находят свое отражение в разной динамике процессов управления в организациях. От того как оперативные функции взаимодействуют друг с другом, при выработке характеристик динамического поведения, так строится взаимодействие между системой управления и оперативными отделами. От особенности рынков, технических изменений и других характеристик авиатранспортного предприятия зависят желательные динамические характеристики структуры управления. Организационные формы присущие производству конкретного товара, не свойственны организационным формам при производстве услуг.

Поскольку необходимые нормы времени для усовершенствования процесса оказания транспортной услуги отличаются от времени принятия решения по конкретному товару, рынок более чувствителен к характеристикам отличным от характеристик рынка реального товара.

Различные динамические характеристики взаимодействия системы и объекта управления можно проиллюстрировать сравнением авиакомпании в виде организации с линейно-функциональной структурой (рисунок 2.6) и организации с проектной организационной структурой (рисунок 2.7). При функциональной структуре построения организации управление различными стадиями производства (технологическим процессом) осуществляется высшим

руководством, что ведет к созданию централизованных групп управления, причем достаточно крупных, участвующих в выработке практических решений. Упор делается на эффективность работы каждой отдельной функциональной единицы. Организационная форма такого вида будет преимущественна, если условия производства меняются очень медленно. С другой стороны, при функциональной структуре управления складывается затруднительное положение при динамичном производстве, коим является производство авиатранспортных услуг, в котором понятие жизненного цикла услуги дифференцировано по воздушным трассам, времени, рынкам, сезонам.

Продолжительный процесс принятия решений высшим руководством и медленный темп принятия решений к руководству функциональным отделом, с его последующей реализацией, требует ощутимого дробления жизненного цикла услуги. Система с функциональной структурой управления в соответствии с рисунком 2.6 не может конкурировать с мобильной системой, показанной на рисунке 2.7. При такой организации высшее руководство динамично взаимодействует с активно действующей частью системы. Постоянного участия системы управления в решениях по каждому отдельному вопросу нет, оперативные решения от исследования рынка до продажи находятся в руках директора и подчиненной ему структуры, разрабатывающей данный вопрос.

В организационной структуре на рисунке 2.7, на уровне системы управления решаются стратегические задачи, общий контроль осуществляется только в виде одобрения целей проекта и его объема в начале его реализации, утверждения бюджета и назначения лица, на которое возлагается ответственность за выполнение проекта. Высшее руководство непрерывно контролирует проект, отслеживая динамику исполнения бюджета и объема работ. Наблюдение за продвижением производства носит пассивный характер в виде разрешений директору проекта продолжать работу. В случае, если потребуются серьезные изменения, при обнаружении несоответствия заданных

темпов развития проекта, могут быть приняты по смещению директора и изменению проекта.



Рисунок 2.6 — Организация с функциональными подразделениями

Результаты работы и сам процесс постоянно находятся под наблюдением, но в первое время – система управления изучает опыт работы объекта для персонификации усилий сотрудников с целью выявления наиболее способных к управленческой деятельности.

В этом месте разработка модели производственной динамики приближается к сфере описания принятия управленческих решений, изучения характерных запаздываний при их принятии, описанию источников информации, изучению моральных факторов, оценке успехов руководителя и организации в целом.

Ранее рассмотренная модель содержит некоторые из этих факторов. Но не все факторы управления имеют прямое проявление на поведение модели,

задача исследователя выявить и объединить факторы, являющиеся решающими для изучаемых проблем.

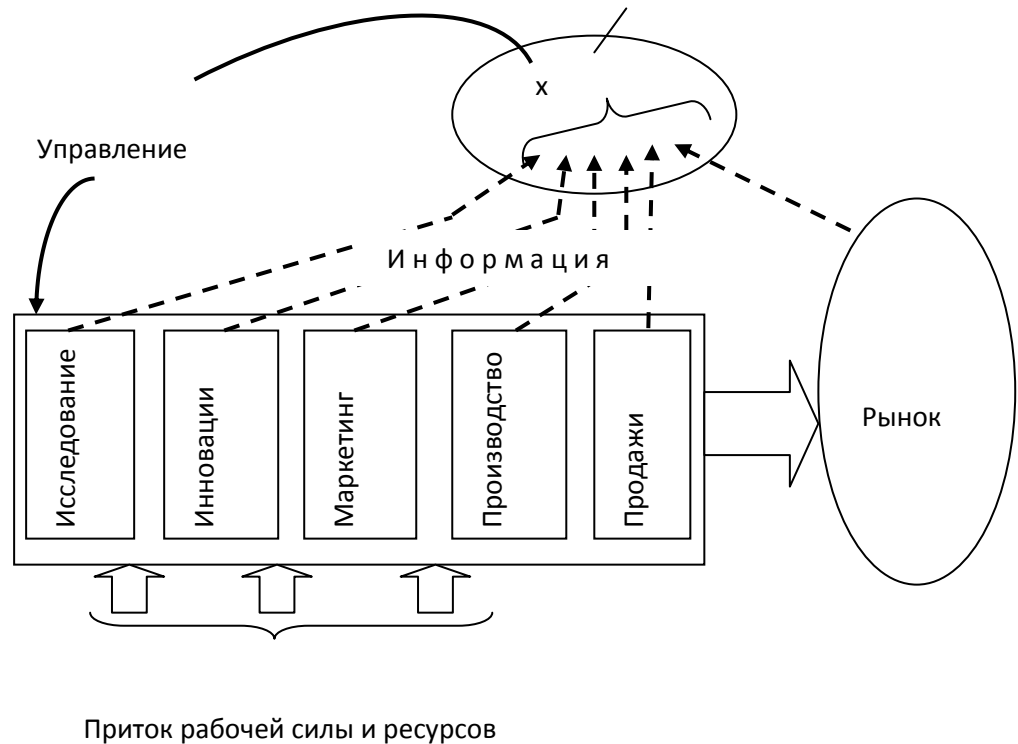


Рисунок 2.7 — Организация с целевым управлением для осуществления проекта

Важным этапом исследования динамики системы организации является изучение временных затрат на принятие управленческих решений. Исследования причин изменения уровня продаж и уровня получаемой прибыли напрямую были связаны с динамикой принятия управленческих решений.

Снижение прибыли опережает снижение продаж ввиду наличия постоянных расходов компании и их роста. Графически модель, описывающую динамику поведения компании в условиях изучения управленческого поведения, представлена на рисунке 2.8.

Представленная модель производственной динамики соединяет некоторые упрощенные характеристики освоения новых направлений выполнения авиатранспортной работы, роста рынка и распределения ресурсов руководства. Система, отображенная в модели, оказалась в высокой степени

нелинейной. Рисунок 2.8 показывает главные изучаемые взаимоотношения. В начальных условиях, к примеру, выхода на новую линию первым делом является оформление соответствующей идеи по каждому действию работы на планируемом направлении. Если освоение новых маршрутов будет удачным, то для расширения коммерческой работы в условиях увеличивающихся продаж потребуется создание резерва пассажирских кресел. В этой ситуации усилия для развития продаж кажутся малоэффективными, так как продажи растут как бы сами по себе. Отсутствие внимания со стороны руководства может привести к появлению толерантного отношения к ключевым позициям качества транспортной услуги и, как следствие, к снижению спроса на перевозки.

Временная дифференциация руководства, как видно на рисунке 2.8 в этой модели определяется очередностью потребностей подразделений и степенью их удовлетворения. Изменение напряженности в различных участках системы приводит к перераспределению времени между этим участками.

Например, если упадет уровень спроса, повысится напряженность в области продаж, неудовлетворенный спрос уменьшится, а резерв, а резерв пассажирских мест станет завышенным.

Руководящие правила создают относительный приоритет отдельных подразделений системы. Изменение работы системы напрямую связано с коэффициентом приоритета. Важными элементами модели системы являются функции распределения и временные постоянные, устанавливающие порядок распределения времени. В итоге, использование модели позволяет изучать результаты поведения руководства в различных производственных и рыночных ситуациях.

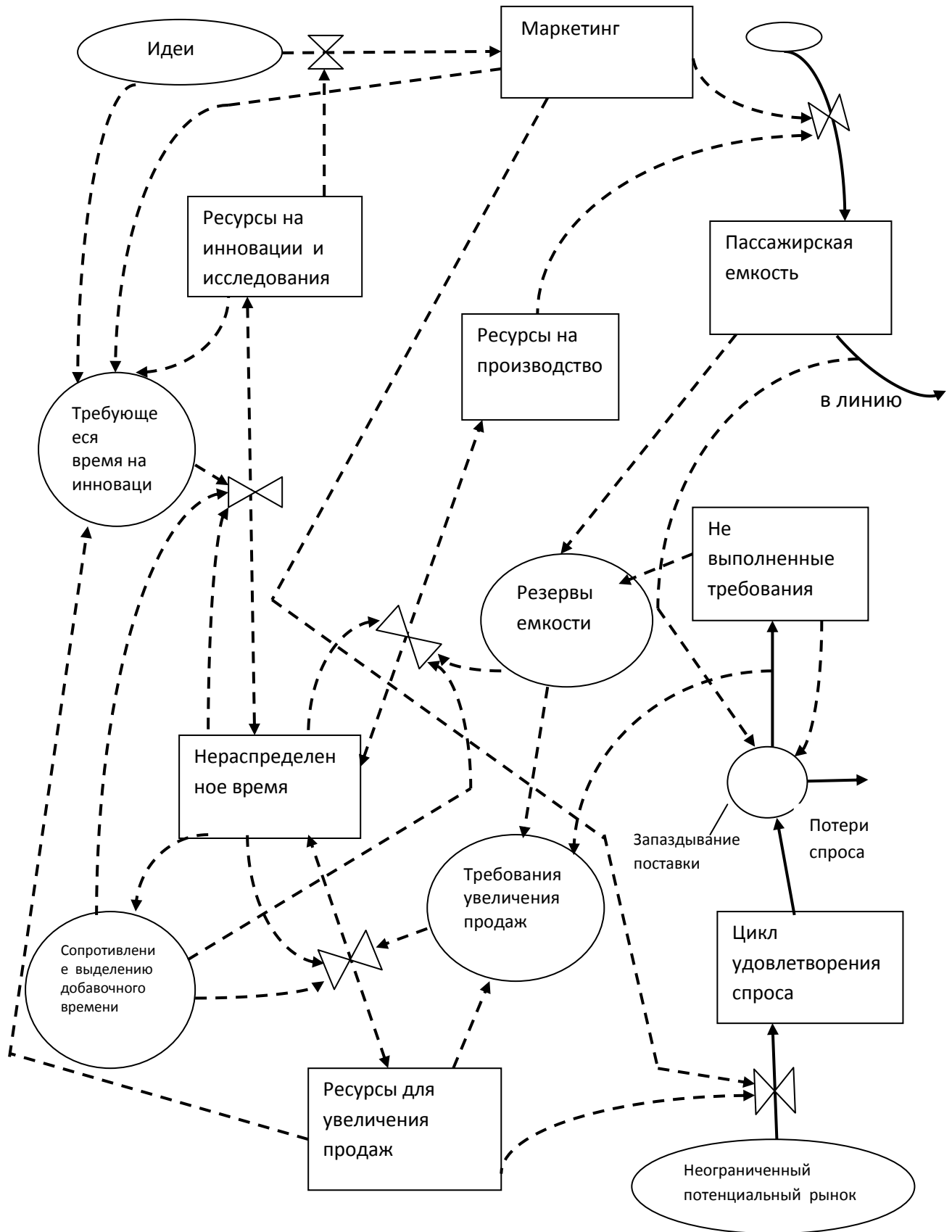


Рисунок 2.8 — Диаграмма потоков в условиях изучения управленческого поведения

## Выводы по главе 2

Во второй главе работы представлена производственно-сбытовая модель производства авиатранспортной услуги, основу для формализации данного производственного процесса составила модель производственной динамики, разработанная Дж. Форрестером. Модель Форрестера представляет собой динамическую систему, описывающую процессы производства реального товара, трансформация модели с учетом специфики производства услуги позволила создать модель, имитирующую производственную деятельность авиакомпаний.

С помощью модели производственной динамики создается объединяющая структура, в которой исследуются функции управления. Использование модели производственной динамики деятельности авиакомпаний позволит:

- сформулировать условие задачи исследования объекта управления;
- сформулировать приемлемые общие правила, объясняющие, как потоки информации влияют на принимаемые решения;
- выявить причинно-следственные цепи в потоке информации с обратной связью, соединяющие действия и решения в настоящий момент и на текущую перспективу;
- построить математическую модель, включающую правила принятия решений, источники информации и порядок взаимодействия компонентов системы;
- привести в действие систему, описываемую моделью;
- сравнить полученные результаты с работой реальной системы;
- произвести корректировку модели с тем, для повышения адекватности модели к реальной системе;
- перестроить в рамках модели организационные взаимоотношения и алгоритм принимаемых решений, который можно было бы изменить в реально

работающей системе, для проверки как моделируемые изменения могут улучшить работу системы.

Для изучения производственно-сбытовой системы, производящей транспортную услугу была использована информация трех видов: о структуре системы, о видах и формах запаздываний в принятии решений и действиях и о правилах формирования производственной программы авиакомпании.

Предлагаемая нами модель имеет ряд существенных отличий от классической производственно-сбытовой модели Дж. Форрестера. Авиакомпания производит транспортную услугу, данный продукт имеет специфические свойства, производство и потребление происходит одновременно, и нет возможности производства услуги в запас. Но это не означает, что в модели будут отсутствовать такие компоненты как запаздывания и усиления.

Предложенная нами модель описывает поведение двухуровневой системы, в которой один из уровней, названный нами совокупная авиалиния, подобен розничному звену модели Форрестера, а второй уровень, обозначенный как авиакомпания, отражает производственную составляющую модели. Система уравнений сопрягает эти две составляющие между собой, исключая оптовое звено классической модели. Описанная моделью динамика процессов позволит перейти к описанию методики ее использования.

### **Глава 3. Оценка работоспособности производственно-сбытовой модели авиатранспортного предприятия**

#### **3.1 Структурная схема построения модели**

В работах посвященных имитационному моделированию как наиболее серьезный и практически ценный инструмент исследования сложных систем называется метод прикладного системного анализа. Имитационное моделирование позволяет рассматривать большое количество сценариев и как следствие улучшать управленческие решения и более точно прогнозировать последствия принятия решений. Имитационная модель предприятия, созданная для целей стратегического и оперативного управления, позволяет достаточно ощутимо изменить всю систему управления. Модель позволяет алгоритмизировать расчеты специалистов и в результате этого наблюдать картину деятельности предприятия в течение нужного срока, а также иметь набор альтернатив при принятии управленческих решений.

Методы стратегического управления и принятия управленческих решений в этом контуре связаны с идеологией имитационного моделирования, которая помогает высшему управленческому персоналу принимать решения на основе решения неструктурированных задач. Задачи управления ориентированные на выработку тактических решений определяют следующий круг. Принятие решений на тактическом уровне основано на разработке моделей, позволяющих решать отдельные в основном слабоструктурированные задачи. Среднее управленческое звено ответственное за принятие решений на тактическом уровне используется для контроля принятия решений администрирования. Инструментальными средствами, обеспечивающими принятие тактических решений, в настоящее время, являются системы поддержки принятия решений.

Система принятия управленческих решений, выраженная в программной оболочке, позволяет автоматизировать стандартные процессы составления планов и постановки задач и дает возможность «проигрывать» различные

варианты, для оценки альтернативных вариантов развития системы и выбора лучшего из вариантов. Минимально такая система содержит определённый набор модулей: нормирования, технологического обеспечения процессов, модуль оценки текущего состояния системы, модуль подготовки заданий, затратный модуль, модуль итогов деятельности системы. Схематически представление модулей системы изображено на рисунке 3.1.

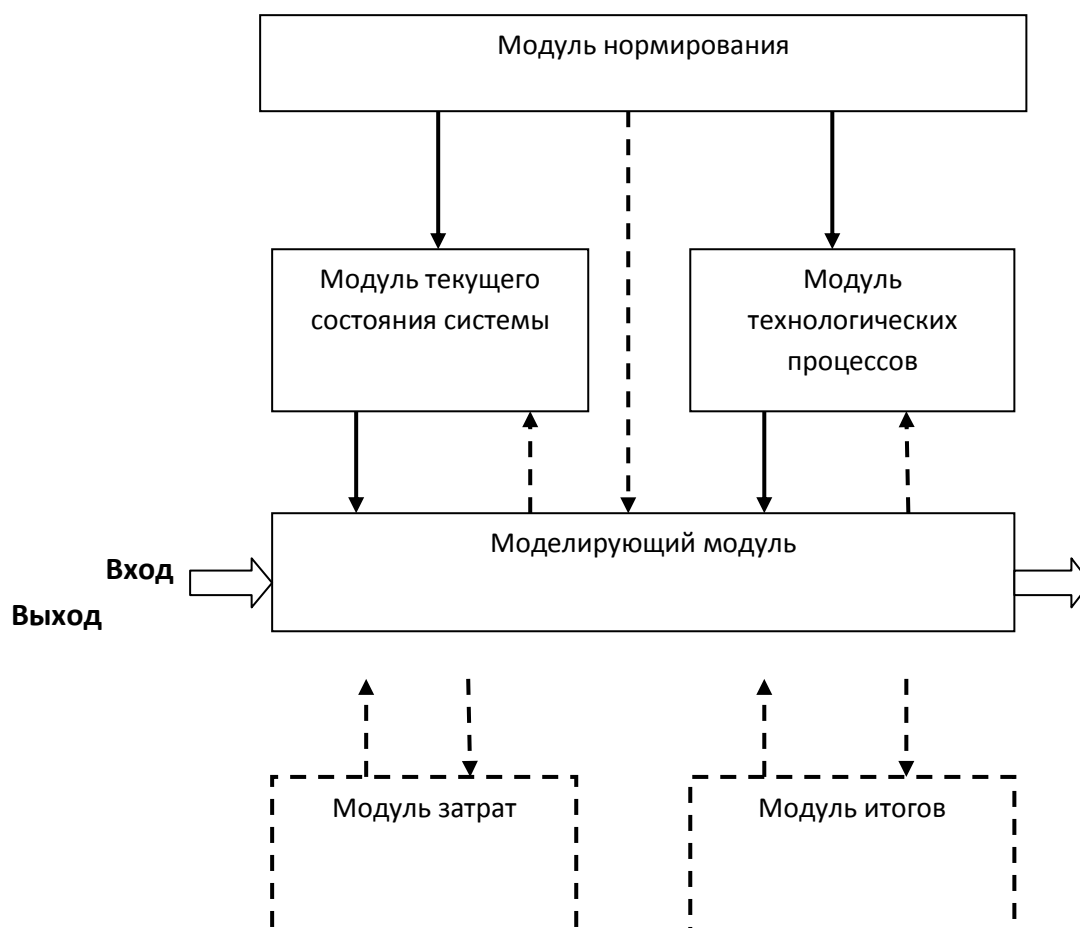


Рисунок 3.1 — Блок-схема модели

Основные нормативные показатели, которые служат основой для разработки производственных и финансовых планов предприятия вводятся через модуль нормирования. Нормы могут являться входными параметрами изменяя значения, которых исследуется составление планов на многоальтернативной основе. В нашей модели модуль нормирования представлен статистическими данными об исследуемой авиакомпании (таблица 3.1 и 3.2).

Для описания зависимостей между входными и выходными параметрами служит технологический модуль. Модуль является основой для планирования, включая в себя планы по объему производства, количеству необходимых ресурсов, план продаж выпускаемой продукции, определение себестоимости. Вторая часть данной работы теоретически описывает основные процессы, происходящие в системе, но не затрагивает исследования финансовых потоков, что не исключает использование описанного во второй части работы модуля текущего состояния системы.

Формирование заданий на производство и мониторинг текущего состояния системы осуществляет соответствующий модуль.

Движение денежных средств и определение затрат в зависимости отраслевой направленности программы поддержки управленческих решений а также реализация соответствия принятой на предприятии учетной политики распределения затрат по видам продукции обеспечивается модулем затрат.

Постановка эксперимента для верификации модели строится на следующих предпосылках:

- изучен спрос на авиаперевозки и определена его динамика;
- на основе изучения динамики спроса построен детерминированный входящий поток, отражающий особенность изменения спроса на авиаперевозки в течение календарного года;
- модель оперирует темпами только двух реальных потоков – потока заказов и потока готовой продукции, уравнения модели применимы для описания изменения информационных потоков модели;
- целевой функцией подлежащей изучению будет показатель эффективности управления оперативной деятельностью авиакомпании;
- ресурсом, обеспечивающим принятие управленческих решений, будет производственная мощность авиакомпании, определяемая парком воздушных судов.

Цель верификации модели убедиться в том, что графическая интерпретация взаимодействия потоков модели соответствует теоретическим

предположениям, и модель адекватно реагирует на поставленные вводные задачи для имитации изменяющихся условий работы авиакомпании. Процесс имитации инвариантен, возможны детерминированное и стохастическое изменение потоков, формирующих содержание системы. Для проверки устойчивости работы модели экспериментатор может ввести «шум» - внешнее стохастическое воздействие на динамику распределения входящего потока. На этапе верификации модели возможна имитация управленческих решений, что позволит проверить правильность построения модели.

Валидность модели будет производиться с использованием блока управления эффективностью производственной деятельностью авиакомпании. Показателем валидности модели будет результат сравнения финансовых показателей, полученных при моделировании, с финансовыми показателями авиакомпании.

Для проверки работоспособности модели использованы производственные показатели авиакомпании «S7» (таблица 3.1, 3.2).

Таблица 3. 1 — Основные производственные показатели деятельности авиакомпании «S7»

| № | Наименование показателя                               | Значение       |
|---|-------------------------------------------------------|----------------|
| 1 | Общее количество рейсов за год                        | 41 548         |
| 2 | Количество перевезенных за год пассажиров             | 4 900 000      |
| 3 | Суммарный налет на парк ВС (час.)                     | 122 600        |
| 4 | Годовой пассажирооборот (пасс.км)                     | 12 497 547 000 |
| 5 | Предельный годовой пассажирооборот (пасс.км)          | 16 048 008 000 |
| 6 | Среднее тарифное расстояние (км.)                     | 2 551          |
| 7 | Предельное количество перевезенных пассажиров         | 6 262 054      |
| 8 | Производственная мощность авиакомпании (пасс. кресла) | 7 376 288      |

Таблица 3.2 — Состав парка воздушных судов авиакомпании «S7»

| №     | Тип ВС    | Количество ВС | Количество кресел | Суммарная пассажирская емкость |
|-------|-----------|---------------|-------------------|--------------------------------|
| 1     | A310      | 7             | 255               | 1785                           |
| 2     | A319      | 8             | 128               | 1024                           |
| 3     | B737(400) | 2             | 170               | 340                            |
| 4     | B737(500) | 10            | 110               | 1100                           |
| 5     | ИЛ86      | 7             | 350               | 2450                           |
| 6     | ТУ154М    | 27            | 164               | 4428                           |
| ИТОГО |           | 61            |                   | 11127                          |

В представленной работе развитие модулей движения денежных средств и итогов экономической деятельности авиакомпании будет представлено схематично, как вопрос для дальнейшего развития модели.

### 3.2 Исследование поведения модели совокупной авиалинии

Методологическое использование модели мы предлагаем начать с представления ситуации в виде статичного ввода переменных. Из основных показателей деятельности авиакомпании мы формируем развернутый статичный ввод, отражающий реальную картину происходящих процессов. Для исследования динамики поведения модели статичные данные дискретно распределены по равным временным интервалам. В прикладной модели, реализованной посредством использования программы «Excel MS office» предусмотрено два режима работы «статичный ввод» и «динамический ввод».

Статичный ввод предназначен для настройки модели и изучения основных ограничений и зависимостей. Условия реализации процедуры статичного ввода выглядят следующим образом:

- временной интервал насчитывает равное количество отрезков;
- в каждый интервал времени вводится одинаковое значение показателя работы системы.

На рисунке 3.2 представлен вариант такого ввода – показатели статичны и самодостаточны.

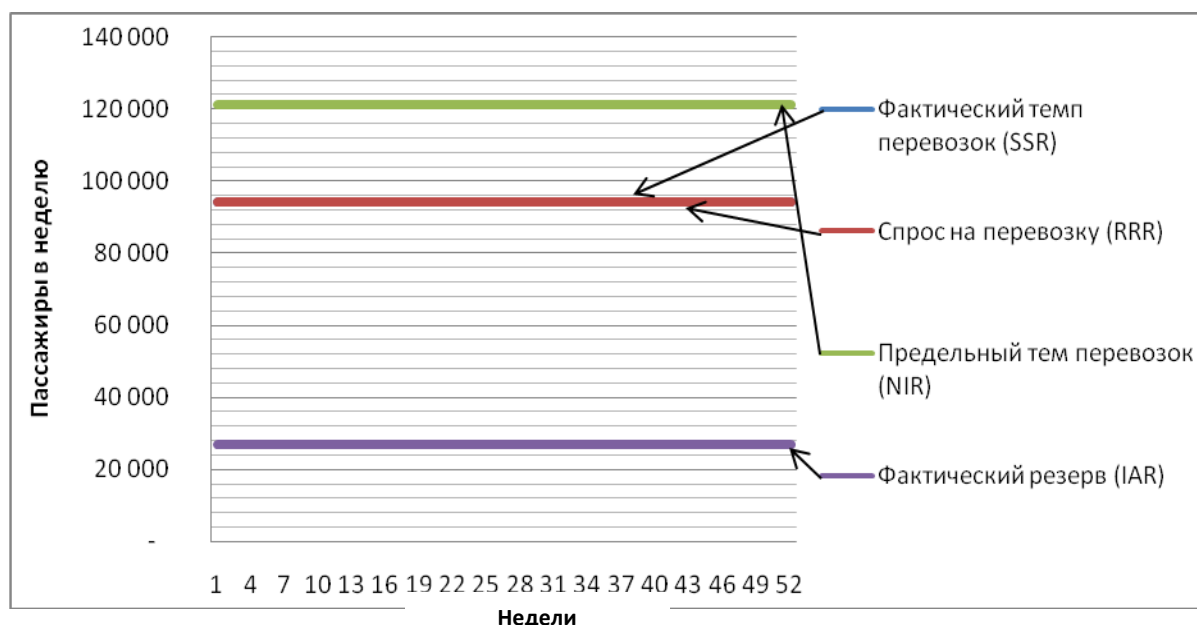


Рисунок 3.2 — Статичный ввод основных показателей работы авиалинии

Анализ графического изображения работы модели, представленный на рисунке 3.2 указывает на то, что авиалиния работает в стабильных условиях с большим потенциалом, который обеспечивается достаточным резервом для выдерживания общего темпа перевозок.

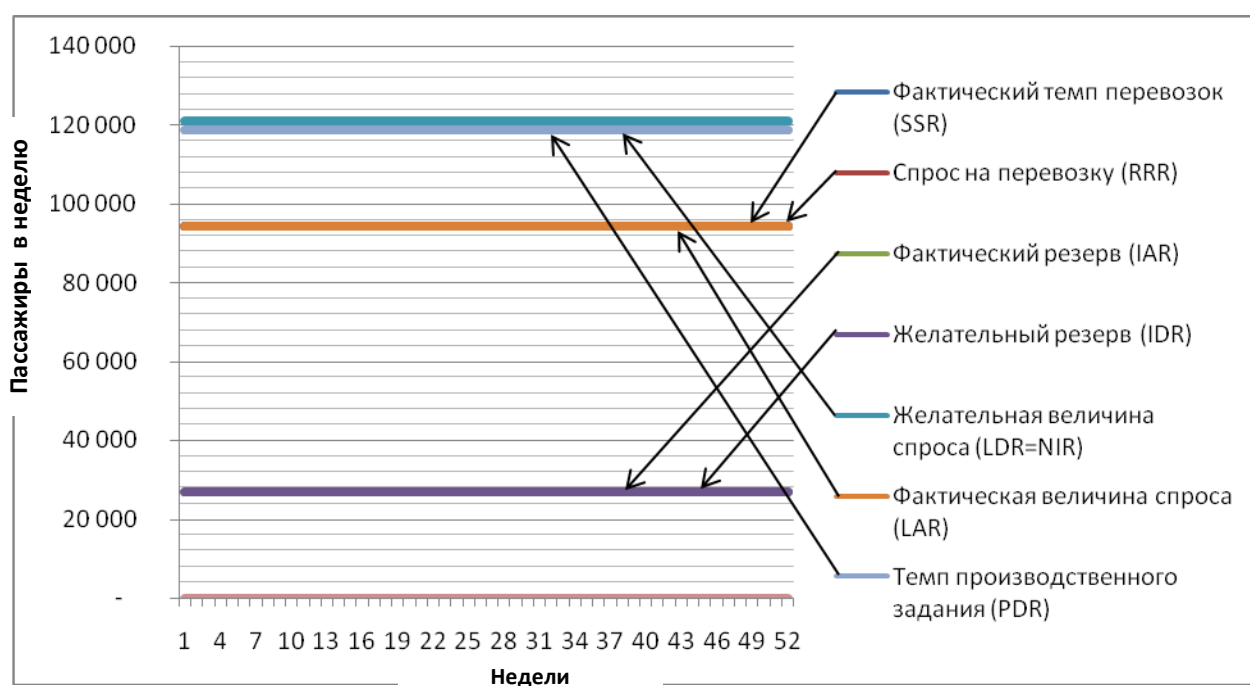


Рисунок 3.3 — Графическое положение темпов модели

Из анализа графического положения темпов модели на рисунке 3.3 видно, что при отсутствии неудовлетворенного спроса темп производственного задания полностью совпадает с желательной величиной спроса. Фактически модель подтверждает процесс формализации отношений при определении максимальных показателей деятельности совокупной авиалинии. Также наблюдается совпадение темпов спроса и предложения, темпов резервов фактического и желательного. Модель взвешена и «спокойна».

Динамическое поведение модели при статичном вводе позволяет определить предел возможности совокупной авиалинии, проследить динамику изменения темпов показателей и сформулировать основные правила модели. Динамическое возмущение задается путем скачкообразного изменения спроса. Компьютерная модель предусматривает несколько дискретных вводов с градациями изменения спроса по 10% каждая. На рисунке 3.4 мы наблюдаем первый ввод в виде 10% изменения темпа спроса на перевозки.

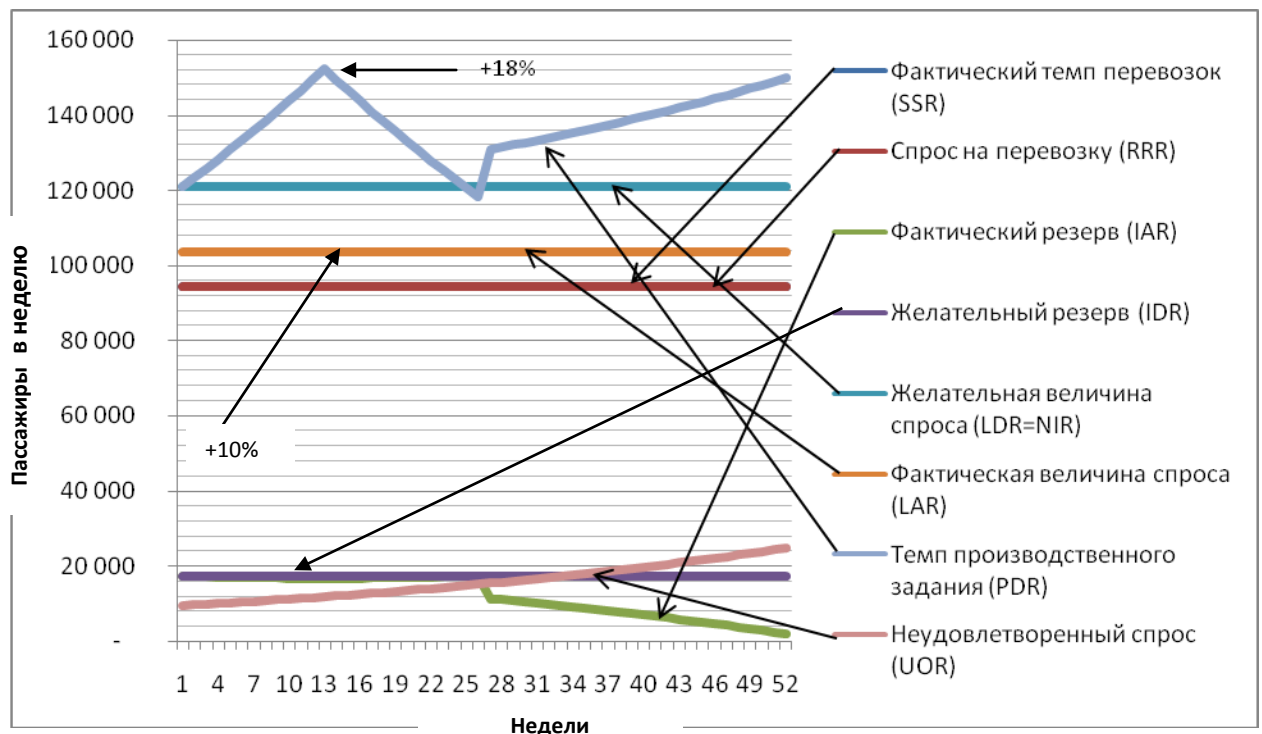


Рис. 3.4 — Изменение темпов потоков модели при 10% увеличении спроса

Изменение спроса на 10% приводит к динамическому изменению потока заказов, в первые 25 недель за счет запаздываний в прохождении и анализе

информации об увеличении спроса темп производственного задания увеличивается до максимальной отметки в 18 %, что и позволяет системе удерживать резерв мест на достаточном уровне. Возврат производственного задания на уровень желательной величины спроса носит кратковременный характер, так как темп неудовлетворенного спроса растет, что приводит к уменьшению резерва, и естественной реакцией системы будет увеличение производственного задания авиакомпании с требованием увеличения поставок пассажирских кресел в совокупную авиалинию.

Динамика потоков показывает потенциальные требования системы. Пока мы сохраняем статичный ввод, результатом анализа ситуации будет информация о том, что система справляется с возросшим спросом, поскольку имеется запас между желательной и фактической величиной спроса. Следовательно, авиакомпания покрывает потребность авиалинии в пассажирских креслах. Совсем иная ситуация при 30% увеличении спроса рисунке 3.5. При увеличении спроса на 30 %, спрос достигает желательной величины. Что означает, что авиалинии использует выделенные провозные емкости на 100%. Величина производственного задания возрастает, резерв кресел принимает отрицательное значение, следовательно, потребности в перевозках должны покрываться за счет производственной мощности авиакомпании. Возможности авиакомпании удовлетворять растущий спрос, мы исследуем после завершения полного цикла моделирования.

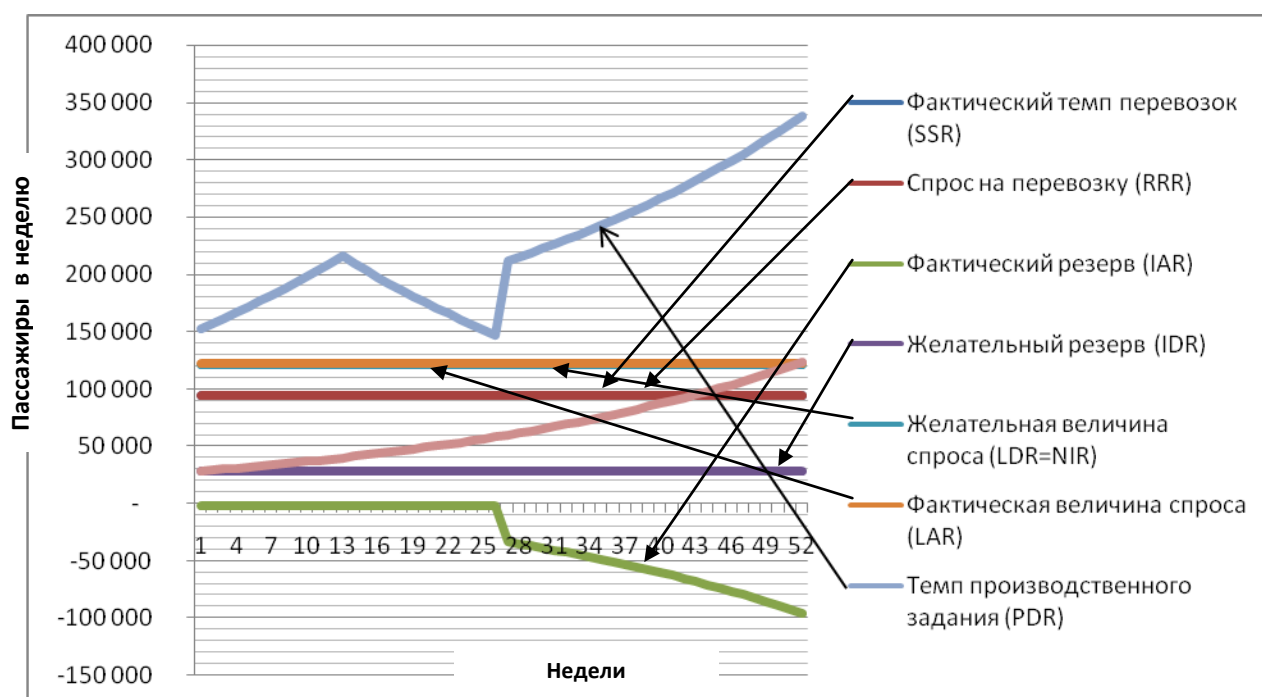


Рисунок 3.5 — Изменение темпов потоков модели при 30% увеличении спроса

Приведенные выше примеры работы модели, как уже указывалось, используют статические вводы параметров модели. Это позволяет проследить тенденции движения графиков, изображающих потоки модели. Фактически предыдущие примеры демонстрировали поведение системы при «закрепленных» показателях спроса и предложения. Анализ продаж, определяющий спрос на перевозки и анализ объема перевозок, определяющий предложение позволил построить динамические зависимости между этими параметрами. При изучении реальной динамики показателей можно отметить, что между темпами, отражающими спрос и предложение, существует запаздывание равное, примерно, 8 неделям. Особенно это хорошо заметно при отражении в динамике сезонного изменения спроса, (рисунок 3.6) можно наблюдать два максимума показателей продаж и перевозок.

Как уже говорилось ранее, модель имеет два режима работы, статичный при котором имеются ламинарные потоки показателей работы системы и динамический в котором модель работает с реальными потоками показателей, подверженных сезонным колебаниям запаздываниям между продажами и

перевозками. Далее мы рассмотрим несколько примеров реакции модели на детерминированный динамический ввод.

Динамический ввод отображенных на рисунке 3.6 параметров представлен на рисунке 3.7.

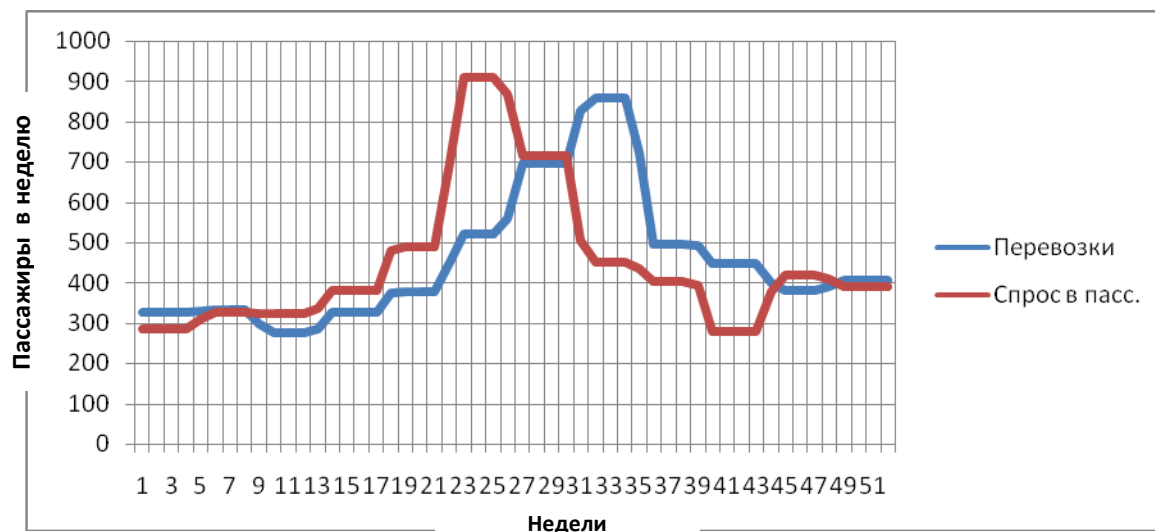


Рис.3.6 — Динамика основных параметров системы



Рисунок 3.7 — Графическое отображение поведения модели при динамическом вводе

Динамический ввод потоков системы отражающих величину спроса и предложения сразу реагирует динамическим изменением всех потоков в совокупной авиалинии. На диаграмме, представленной на рисунке 3.7, мы

видим, что при низком спросе на перевозки, характерном для начала года система не претерпевает значительных динамических изменений. Величина производственного задания ниже показателя желательного спроса, что позволяет сделать вывод о том, что система работает со значительным резервом мест, то есть ниже расчетного показателя коэффициента занятости кресел. По мере приближения высокого сезона продаж перевозок, то есть увеличения спроса на перевозки, динамика потоков изменяется, спрос на перевозки превосходит расчетное, желательное значение, но система готова к таким динамическим изменениям и за счет имеющегося резерва, составляющего разницу между расчетным и 100% коэффициентом занятости кресел, покрывает возросший сезонный спрос.

Здесь мы снова наблюдаем взвешенное поведение системы. В динамике, представленной на рисунке 3.7 мы статично ограничиваем величину желательного спроса, что только подчеркивает тот факт, что «отсекаемый» линией желательного спроса объем перевозок удовлетворяется за счет резерва. Подобная зависимость задана формулой 2.6. Задача модели определить запас прочности системы, возможность авиакомпаний обеспечивать удовлетворение спроса за счет собственных возможностей. Введем в динамическую модель 10% изменение спроса на перевозки и проанализируем динамику поведения модели рисунке 3.8.

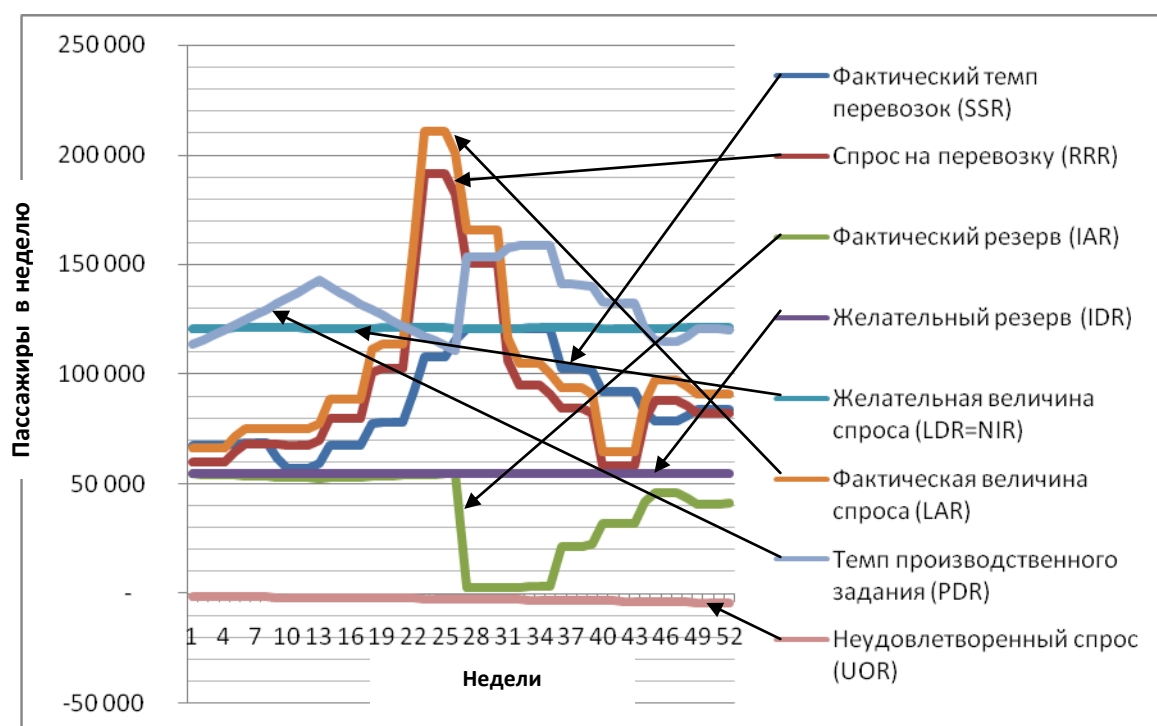


Рисунок 3.8 — Изменение темпов потоков модели при 10% увеличении спроса

Внесенные изменения показывают, что система в состоянии удовлетворить возросший спрос на перевозки. Реакция системы выражается увеличением производственного задания, как естественный ответ на разовый ввод. Уравнения темпов потоков в главе 2 отражают наличие запаздываний в принятии решений и моделируют эмпирически установленные процессы усиления, что и приводит к «всплеску» темпа производственного задания, но это увеличение в свою очередь приводит к увеличению резерва. Следовательно, система может работать без претензий на увеличение производственной мощности. Совсем по иному выглядит графическое представление работы модели при увеличении спроса на 20% представленное на рисунке 3.9. Графическое изображение уровней темпов показывает, что система не может удовлетворить потребности в перевозках за счет резерва кресел в совокупной авиакомпания, темп производственного задания возрастает, следовательно, удовлетворение спроса на перевозки возможно только за счет увеличения производственной мощности авиакомпании. Модель предусматривает «пошаговое» введение величины темпа спроса на перевозки. Используя эту возможность модели, мы определили, что только при 13% увеличении уровня

спроса на перевозки совокупная авиакомпания способна удовлетворить спрос за счет собственного резерва кресел (рисунок 3.10). В статическом вводе мы получили показатель 30%, при котором темпы желательного и фактического спроса равны, но резерв кресел при этом использовался на уровне 10% увеличения спроса. При динамическом моделировании пиковые значения темпа фактического спроса много больше уровня желательного спроса, но возможности системы в динамике раскрываются с новой для нас стороны и отражают реальное течение процессов, подчеркивая значимость такого показателя, как совокупная пассажирская емкость авиакомпании.

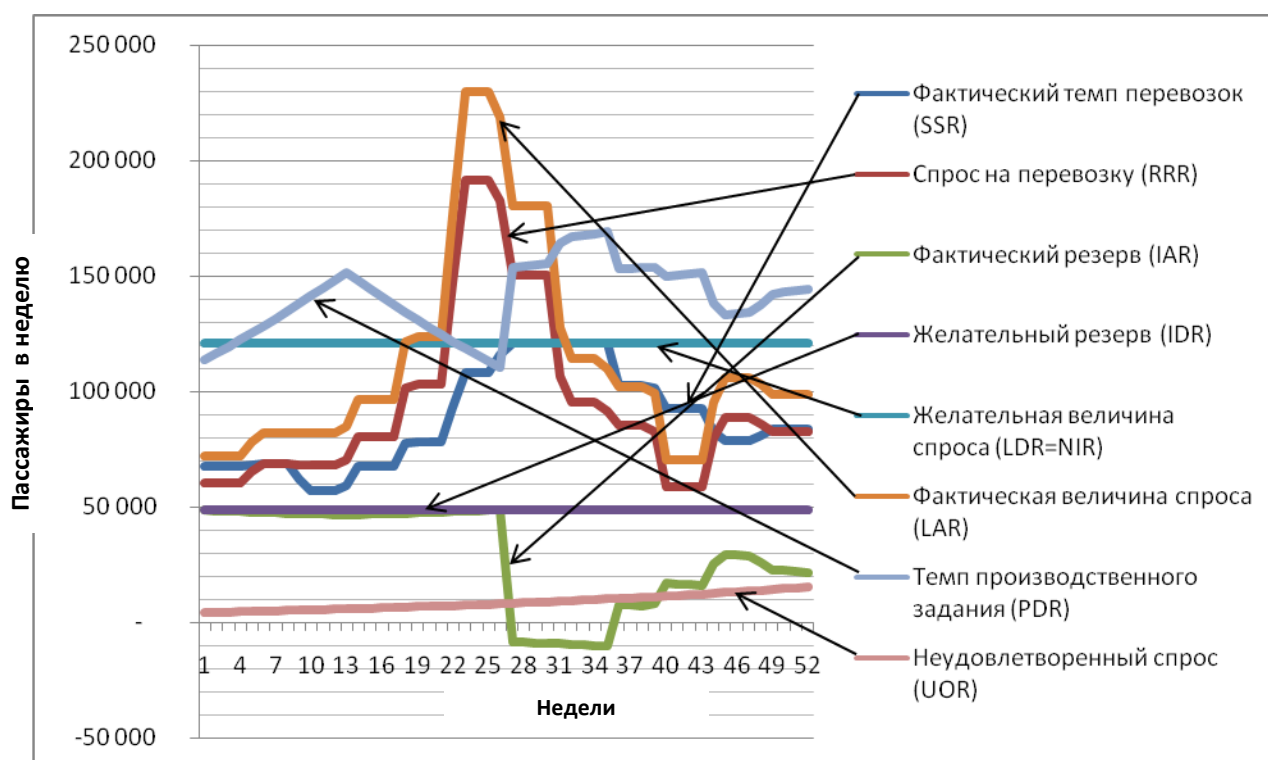


Рисунок 3.9 — Изменение темпов потоков модели при 20% увеличении спроса

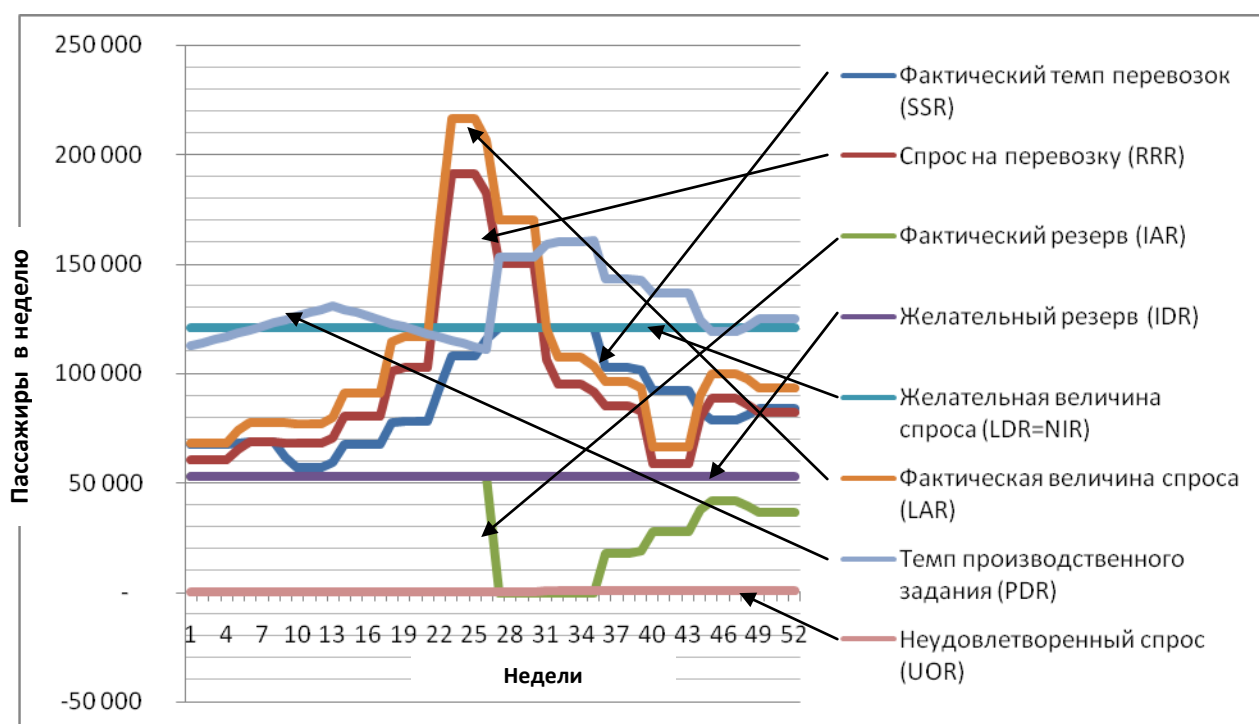


Рисунок 3.10 — Изменение темпов потоков модели при 13% увеличении спроса

В программном решении модели предусмотрен режим плавного ввода изменения спроса. Использование этого режима работы модели позволяет имитировать работу системы при постоянно растущем спросе, причем пик активности роста спроса будет накладываться на пик сезонных колебаний спроса. Плавное изменение спроса можно моделировать с нуля от начала года, или со скачкообразного изменения спроса на начало года. Рассмотрим поведение модели при обоих вариантах ввода динамических изменений. На рисунке 3.11 будет представлен ввод роста спроса от нуля с начала года, а на рисунке 3.12 от предельного 13% скачка.

При вводе плавного роста спроса от нуля на начало года (рисунок 3.11) заметно, что фактически отсутствует скачок темпа производственного задания, то есть система уверенно определяет свои возможности в удовлетворении спроса за счет имеющихся резервов. Но так как мы не ограничиваем рост темпа спроса и уже знаем по результатам исследования, полученным выше, что предел удовлетворения спроса за счет резерва возможен только при 13% росте, то в дальнейшем мы видим, что система ведет себя таким образом, что при

критических значениях роста спроса перестает удовлетворяться спрос. Происходит формирование резерва и снижение темпа производственного задания. Это реакция характерна для системы производящей услугу «потерянный спрос уже не вернуть» [28].

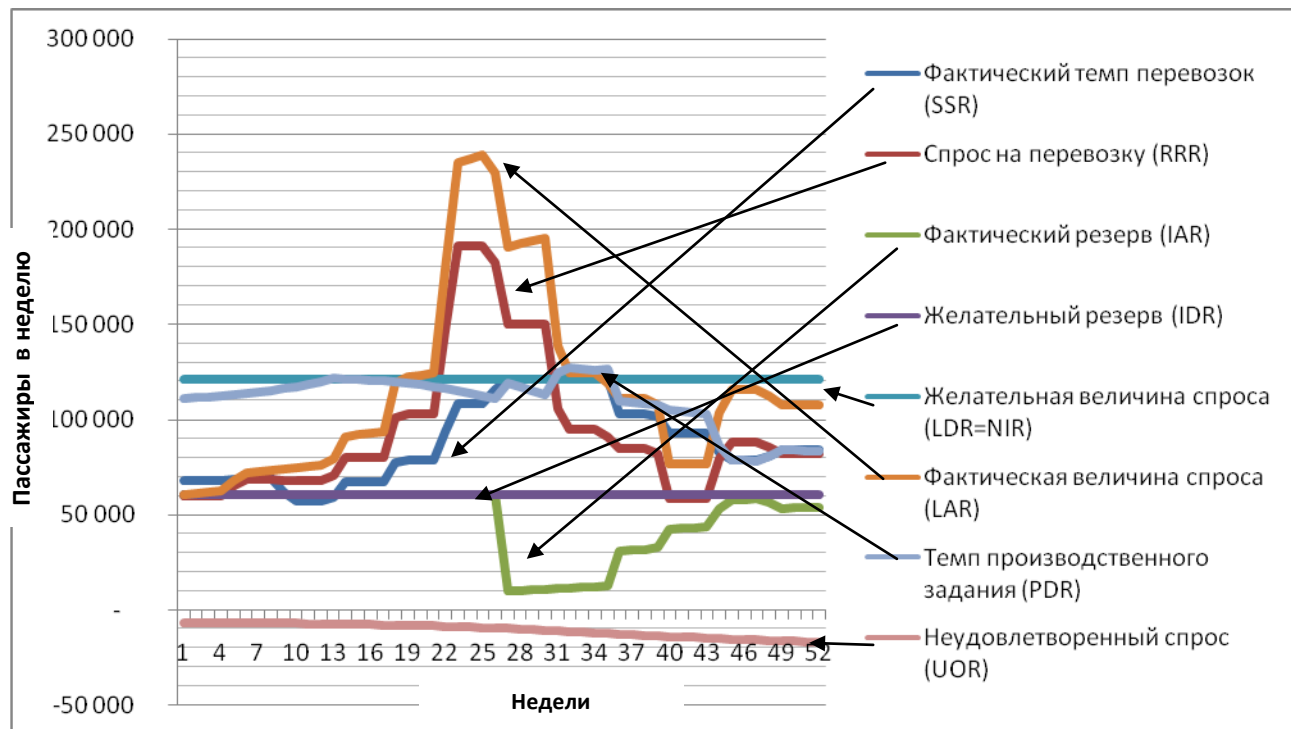


Рисунок 3.11 — Изменение темпов потоков модели при «плавном увеличении» спроса от 0% с начала года

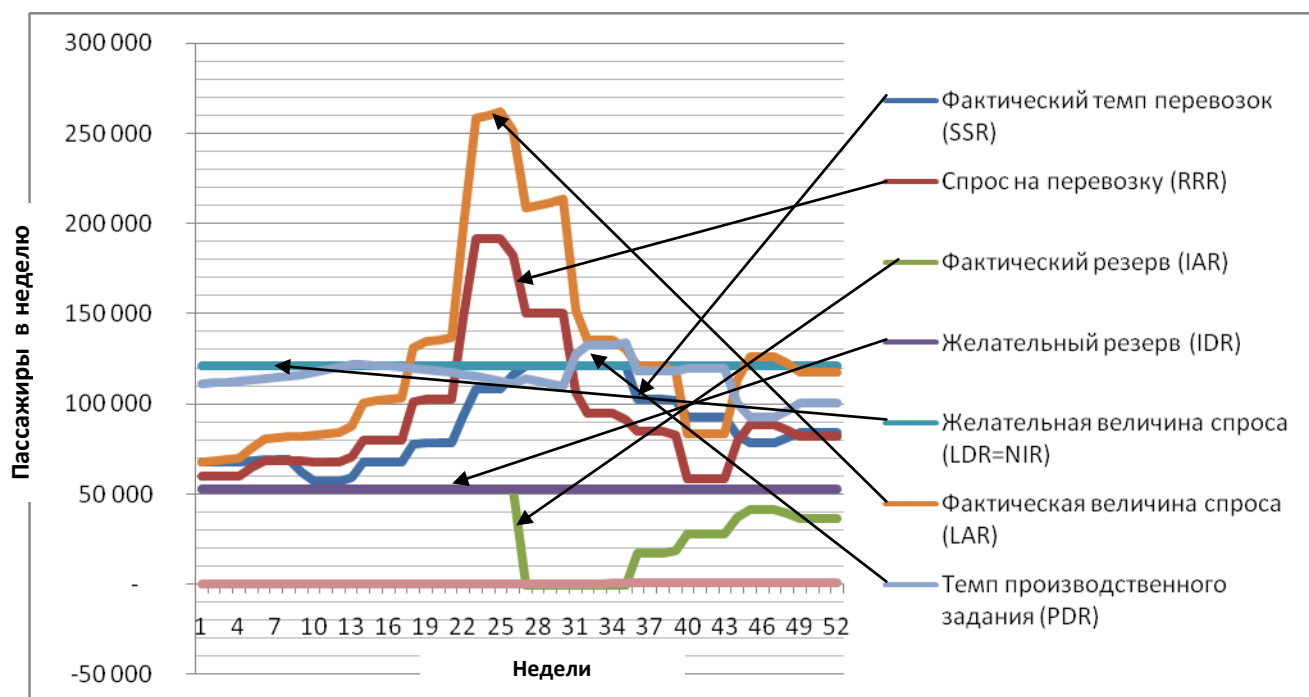


Рисунок 3.12 — Изменение темпов потоков модели при «плавном увеличении» спроса от 13% с начала года

При введении роста темпа спроса от 13%-го «скачка», мы наблюдаем, что система реагирует на эти изменения также как и при ранее представленном на рисунке 3.10 «скачкообразном» 13% вводе. Но можно отметить отсутствие скачка производственного задания, так характерного при скачкообразном вводе изменения спроса. Но, в тоже время в дальнейшем система ведет себя достаточно «спокойно» несмотря на то, что к 31 неделе спрос вырастет до 43 %, здесь мы наблюдаем отсутствие реакции системы на тот спрос, который нельзя удовлетворить, так как он утрачивается безвозвратно.

Предложением, следующим из анализа поведения системы, может быть избавление от пиковых сезонных нагрузок. В практической деятельности авиакомпании пытаются проводить мероприятия по уменьшению пиковых нагрузок, распределяя спрос на перевозку равномерно по всему годовому циклу работы. Это достигается коммерческими мероприятиями в виде очевидного удешевления авиаперевозок в «низкие» периоды по сравнению с пиковыми периодами. В нашей модели мы не будем оценивать финансовую сторону этого мероприятия, только смоделируем поведение системы при распределенном спросе. Распределение спроса будет иметь динамический характер, но величина спроса на перевозку не будет превышать его предельного значения (рисунок 3.13).

Анализ графического изображения динамики потоков модели подчеркивает тот факт, что поведение системы становится более напряженным, перераспределенная нагрузка приводит к сокращению резерва пассажирских кресел и как результат при увеличении спроса резерв быстро расходуется и удовлетворение растущих потребностей в перевозке становится возможным лишь при растущих темпах производственного задания. Но в целом система способна работать на удовлетворение спроса.

Проведем исследование в новых условиях. Введем скачкообразное изменение спроса на 13 % (рисунок 3.14). Анализ графического материала показывает, что система перешла в критическое состояние, которое отмечено динамическим скачком темпа производственного задания и окончательным

отсутствие резерва пассажирских кресел в системе, а также растущим неудовлетворенным спросом.

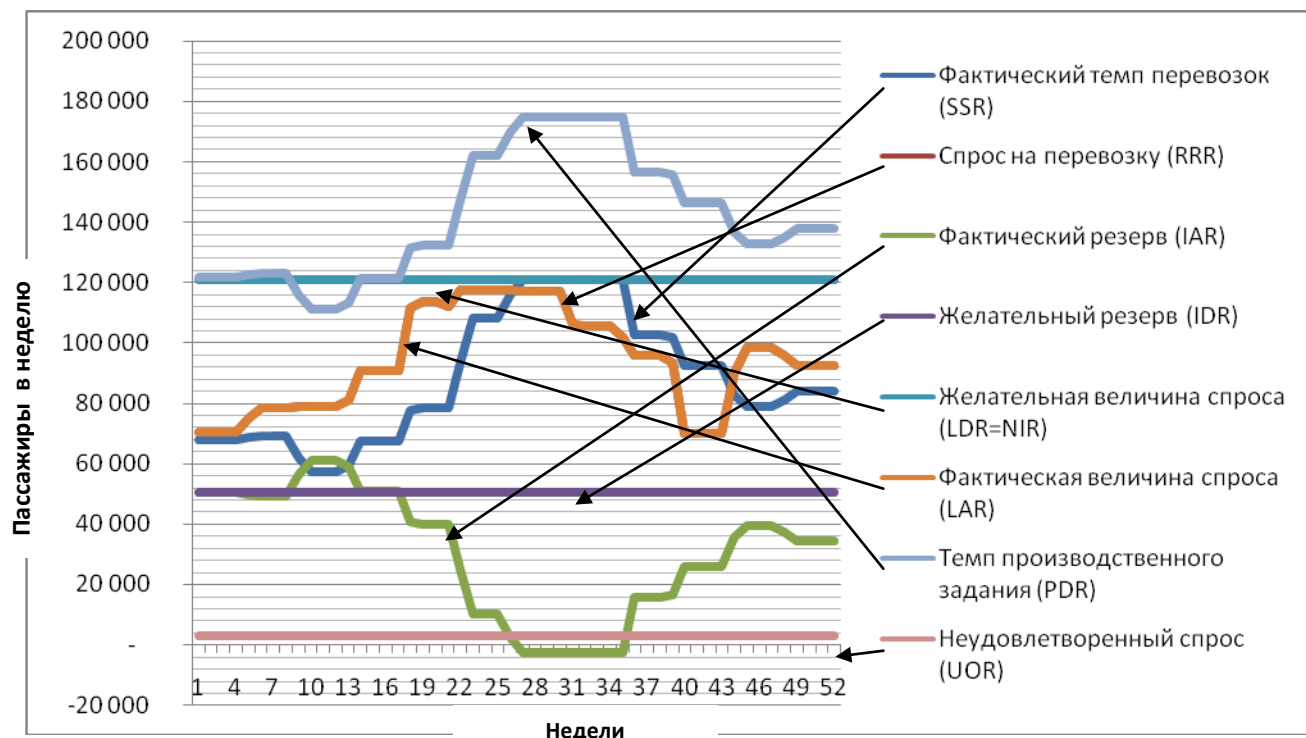


Рисунок 3.13 — Динамика потоков системы при перераспределенном спросе

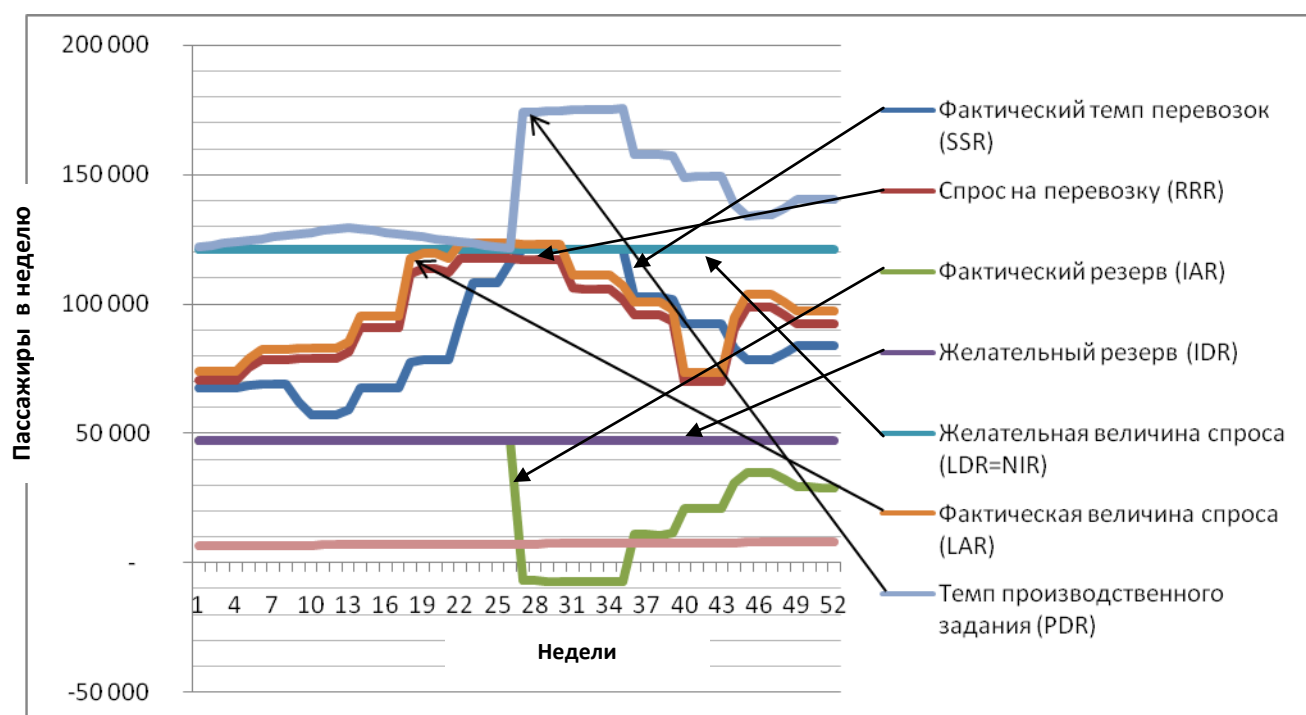


Рисунок 3.14 — Динамика потоков системы при перераспределенном спросе и при 13%-ом увеличении темпа спроса на перевозку.

Ротация показателей темпа спроса, осуществляемая в модели, позволила подобрать предельное значение увеличения спроса, при котором система выполняет свои функции без напряжения производственных мощностей авиакомпании, хотя и в условиях дефицита резерва пассажирских кресел (рисунок 3.15). Предельным значением темпа потока спроса на перевозку будет его пяти процентное увеличение.

Если смоделировать ситуацию плавного увеличения спроса на перевозку от 0% на начало года, то система будет реагировать значительным динамическим изменением потоков системы в условиях растущего неудовлетворенного спроса при значительном дефиците резерва пассажирских кресел (рисунок 3.16).

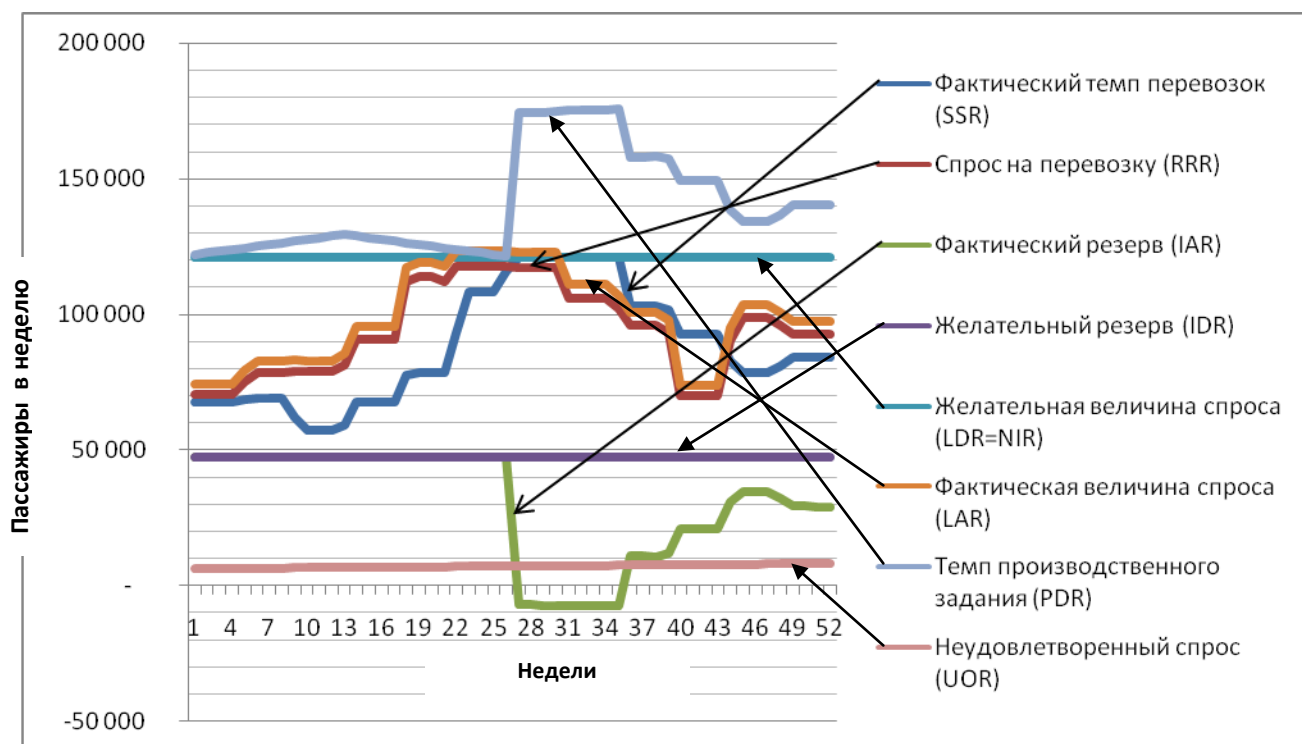


Рисунок 3.16 — Динамика потоков системы при перераспределенном спросе и при 5%-ом увеличении темпа спроса на перевозку.

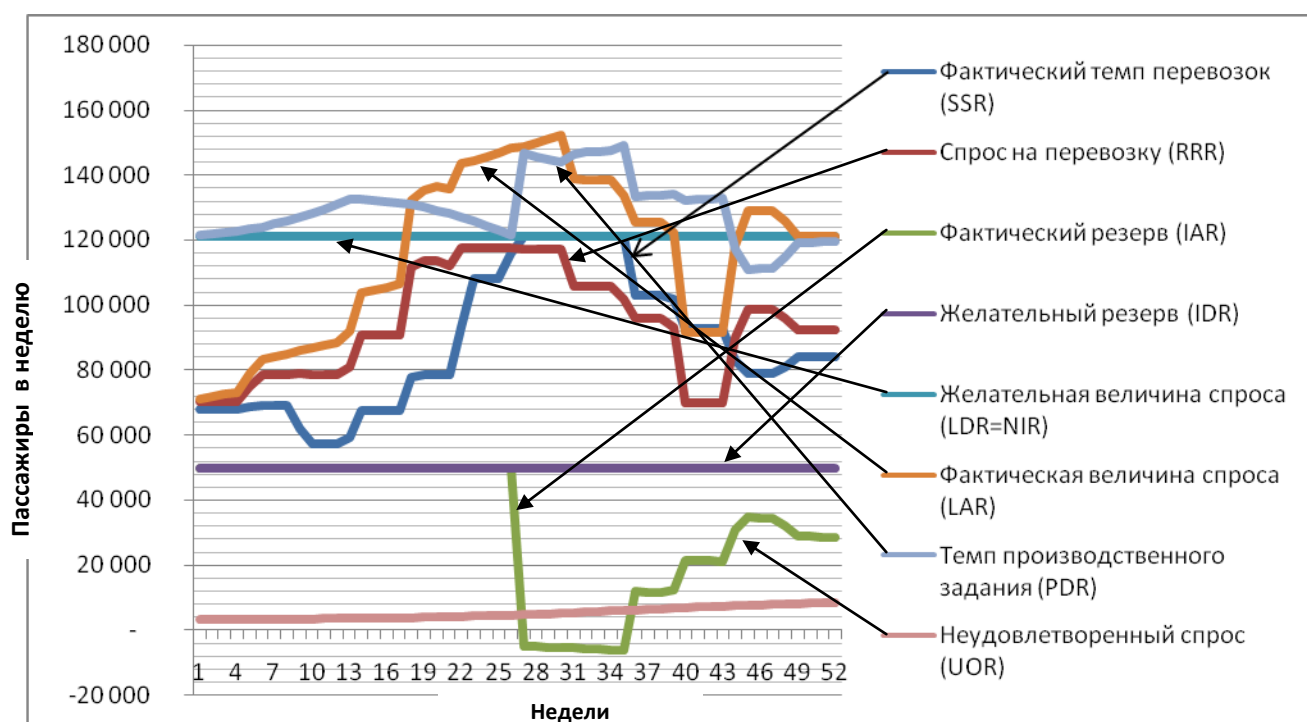


Рисунок 3.16 — Динамика потоков системы при перераспределенном спросе и плавном вводе изменения спроса на перевозку.

Предыдущие графические изображения работы системы, полученные посредством моделирования работы совокупной авиалинии, отражали лишь часть производственно-сбытовых отношений, которые описаны в теоретической части работы. Далее мы продолжим исследование производственных процессов, созданных в имитационной модели, и рассмотрим работу производственного звена модели, которое мы назвали авиакомпания.

### 3.3 Исследование поведения модели авиакомпании как производственного звена

Исследование производственной системы модели мы начинаем с определения потоков, которые представляют в себе содержание важных показателей работы авиакомпании к ним относятся:

- требования, получаемые авиакомпанией по условиям, предложенным нами в главе 2 - это спрос на перевозки, определяемый на основе объема продаж перевозок, так же как и в предыдущей исследуемой системе;

- желательные и фактические резервы пассажирских кресел, существующие в авиакомпании, то есть темпы «производственных запасов» авиакомпании, но как уже не раз отмечалось в этой работе данный показатель существует в динамике и определяется только разницей между входящими и исходящими потоками, уровень запасов формализуется как уровень разницы темпов, потому здесь и ранее мы допускаем наличие отрицательных значений показателей запасов;

- уровень не выполненных заказов, показатель, отражающий величину неудовлетворенного спроса на перевозки. Решение, предлагаемое в данной модели, предусматривает наличие этого показателя для демонстрации, зависимости информационных потоков модели, то есть при графическом анализе мы можем наблюдать переходное состояние системы, в которой удовлетворение спроса на перевозку происходит уже за счет увеличения производственных мощностей авиакомпании а не за счет сформировавшегося резерва пассажирских кресел;

- темп поставки кресел в линию, это уровень поставки, величина которого представлена статистическим показателем – объем перевозок, информационные потоки, формирующие данные об этом элементе рассматривались нами в предыдущей части главы, в этой части мы продолжим исследование поведения системы при сравнительном анализе уровня данного темпа и возможностей системы по его обеспечению;

- плановый темп поставки - темп, определяемый на уровне 100% занятости пассажирских кресел в совокупной авиалинии;

- желательный темп поставки пассажирских кресел в совокупную авиалинию – это темп, формируемый авиакомпанией на основе данных, полученных от совокупной авиалинии в виде производственного задания;

- темп выдачи пассажирских кресел в совокупную авиалинию ограничен производственной мощностью авиакомпании и потому отличен от желательного темпа, который покрывает потребности в перевозке.

Производственная мощность авиакомпании представляет собой расчетный показатель, полученный исходя из гипотетического предположения о 100% использовании провозных емкостей авиакомпании с сохранением коэффициента использования самолетов. Рассчитанный коэффициент использования самолетов составляет 1,87 ВС в сутки (таблица 1.6). Тогда:

$$ПМ = СЕ \times 365 \times КР; \quad (3.1)$$

где ПМ – производственная мощность, пассажирские кресла;

СЕ – суммарная емкость парка воздушных судов;

КР – коэффициент использования самолетов.

Данные представлены в таблицах 3.1 и 3.2.

Для исследования поведения системы в модели предусмотрены следующие элементы имитации:

- статичный ввод;
- динамический ввод;
- имитация изменения спроса на перевозки;
- распределение (ламинирование) спроса, с целью устранения сезонных колебаний;
- изменение количества воздушных судов, осуществляющих перевозки, по типам ВС;
- имитации вывода воздушных судов на регламентные и ремонтные работы по типам ВС;
- постановка в работу новых воздушных судов (увеличение парка ВС);
- изменение напряженности производственной работы в виде увеличения количества рейсов в неделю.

Модель в режиме статичного ввода представляет графическую настройку, так же в этом режиме хорошо видно как работают режимы моделирующие вывод воздушных судов на техническое обслуживание (трудоемкие формы), ремонт и поставку новых воздушных судов в авиакомпанию. На рисунке 3.17 отразились следующие динамические вводные:

- с восьмой недели на регламентные работы отправлены два А310

- с восемнадцатой недели три ТУ154 находятся в ремонте;

- с двадцать восьмой недели в авиакомпанию поступило два воздушных судна с пассажирской вместимостью 210 кресел. Модель показывает как меняется резерв кресел авиакомпании, то есть способность удовлетворять перевозки без изменения производственной мощности, все кривые статичны кроме кривой, отражающей уровень резерва пассажирских кресел. С поступлением новых ВС после их технической и технологической адаптации в течение четырех недель снижается темп выдачи кресел в линию так как увеличивается темп фактического резерва пассажирских кресел.

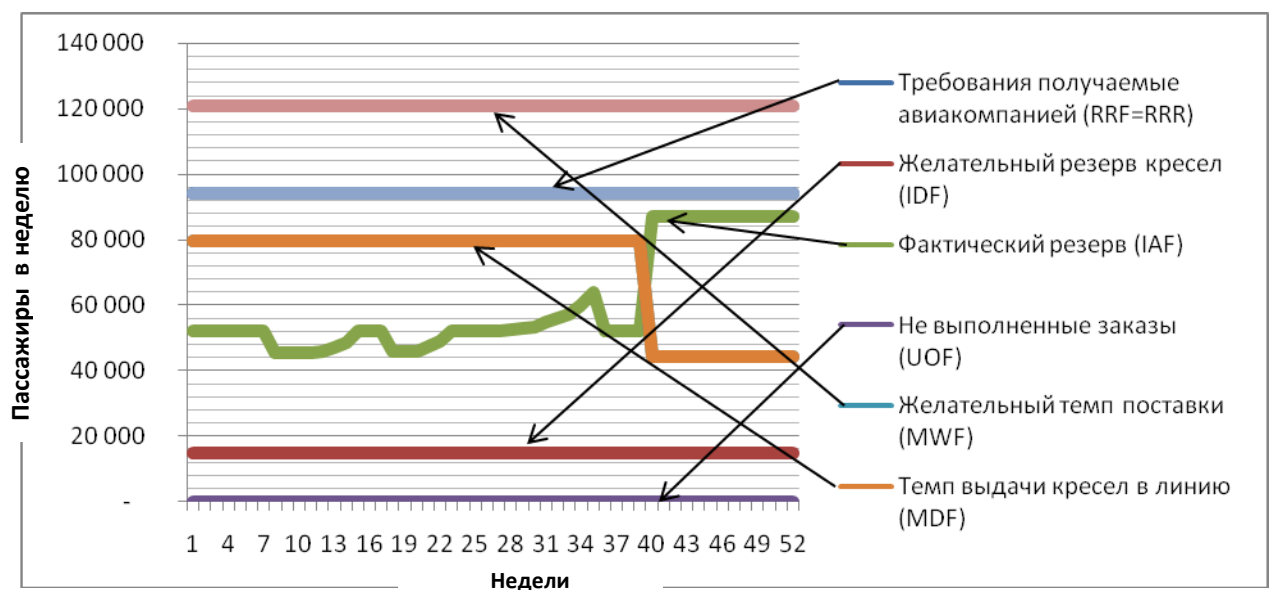


Рисунок 3.17 — Статичный ввод параметров системы

Динамический ввод параметров системы модель представляет нам в виде графического изображения (рисунок 3.18), на котором заметны динамические пики, отражающие сезонность процесса производства авиатранспортной услуги. Желательный темп поставки, величина которого зависит от величины производственного задания, полученного от совокупной авиалинии, превосходит размер фактических поставок, что следует из теоретической части работы. Пик темпа желательного размера поставки зеркально отражает пик «провала» производственного резерва, как и отмечалось выше, отсутствие резерва приводит к необходимости увеличения производства пассажирских кресел, которое может быть удовлетворено за счет

увеличении количества рейсов в неделю. Увеличение еженедельного числа рейсов возможно при наличии свободных провозных емкостей, которое обеспечивается наличием воздушных судов. Модель представляет динамику использования воздушных судов в течение года (рисунок 3.19).

Темп выдачи пассажирских кресел ниже требуемого уровня, но это означает только то, что резерв закончился и надо увеличивать поставку за счет производства пассажирских кресел.

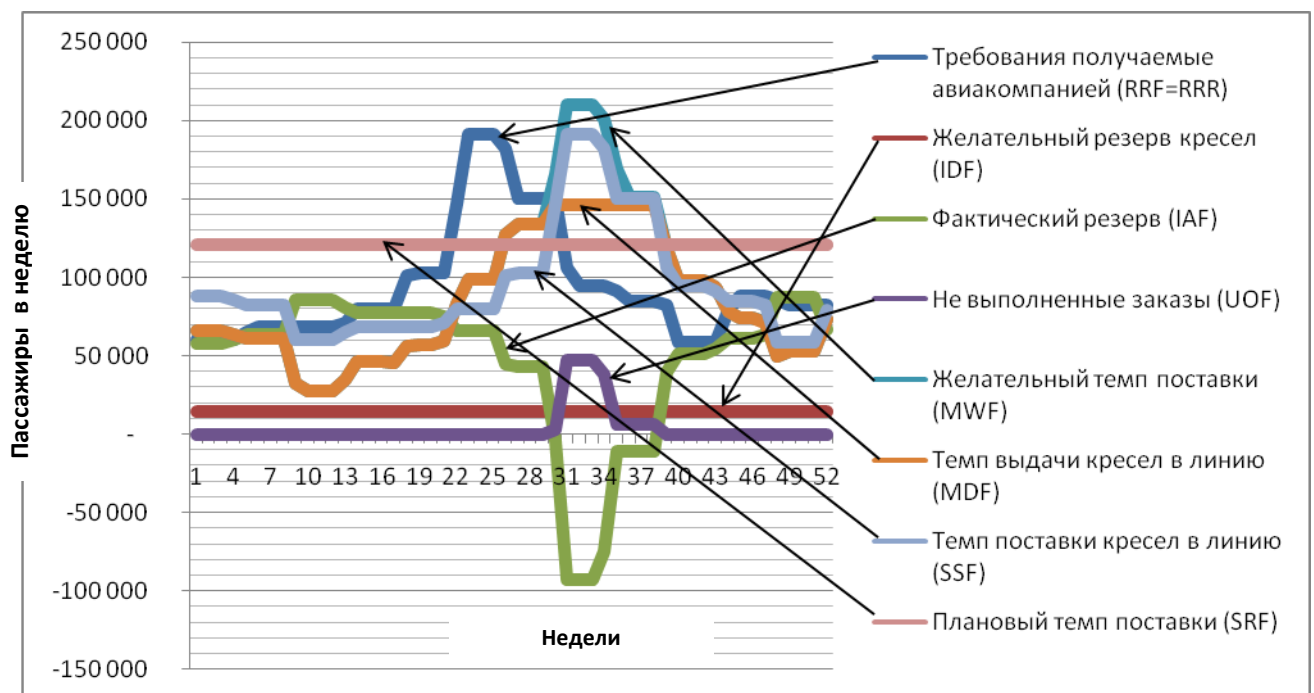


Рисунок 3.18 — Динамический ввод параметров системы

Имитационная модель позволяет произвести подбор необходимого увеличения темпа производства для покрытия дефицита резерва. В нашей ситуации необходимо добавить в линию десять парных рейсов в период с 31 по 38 неделю года и ситуация выровняется (рисунок 3.20). При этом на рисунке 3.19 мы увидим наличие значительного производственного потенциала в виде возможности использовать воздушные суда для обеспечения перевозок.

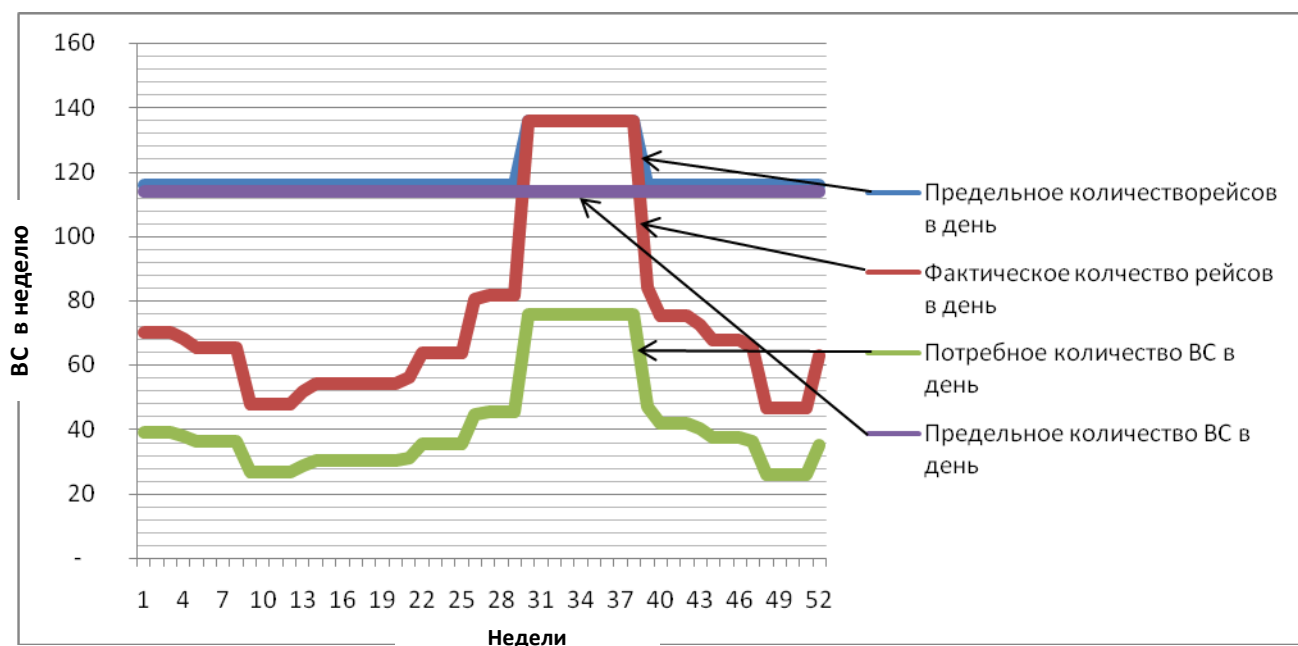


Рисунок 3.19 — Динамика обеспеченности перевозок

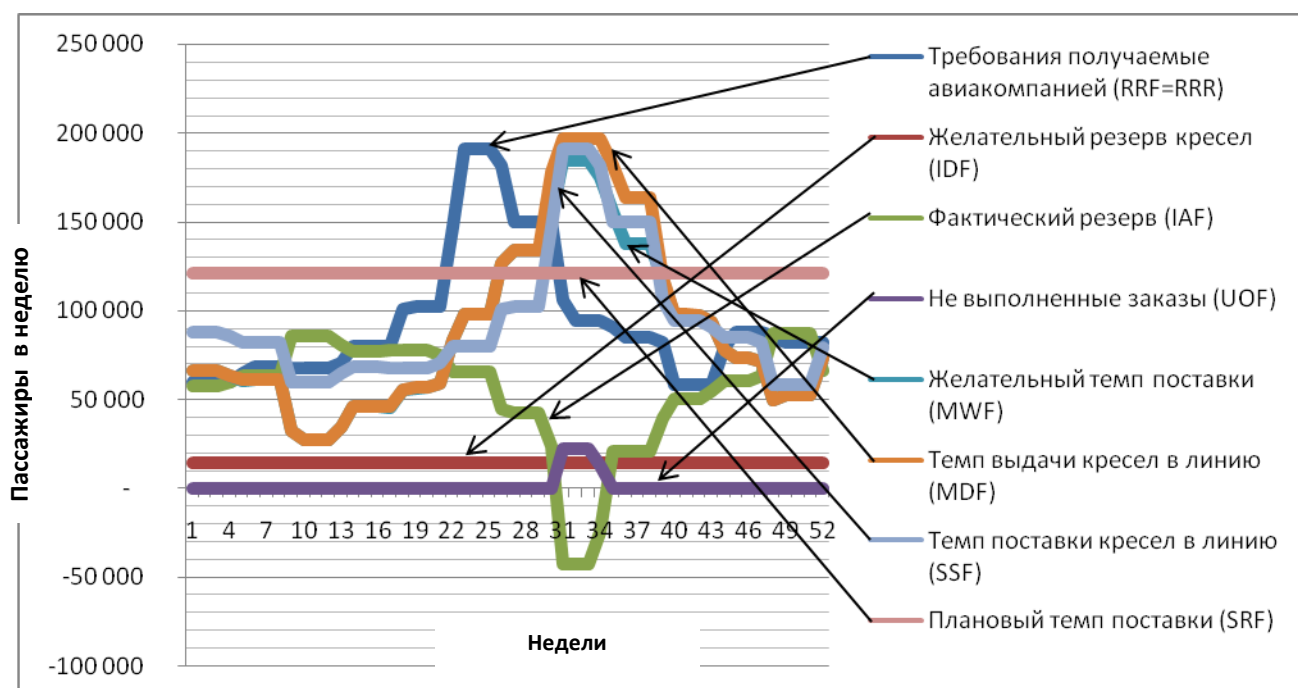


Рисунок 3.20 — Динамика удовлетворения спроса за счет производства

Проведем несколько исследований динамики поведения модели в условиях аналогичных тем, что мы задавали при исследовании динамики совокупной авиалинии. Определим, насколько потенциал производственного звена отличается от потенциала совокупной авиалинии. Предельным показателем удовлетворения спроса в совокупной авиалинии было его 13-ти процентное увеличение. Введем в систему это значение увеличения спроса и

проследим изменения динамики потоков производственной системы (авиакомпаний), при этом сразу и обеспечим выполнение задания на поставку пассажирских кресел, за счет увеличения их производства как это было представлено выше, то есть добавим необходимое количество рейсов для покрытия пиковых периодов (рисунок 3.21). Покрытие потребностей системы стало возможным при увеличении числа рейсов еще на 5 парных рейсов в неделю в пиковые периоды. При этом, рассматривая динамику производственных возможностей, мы видим, что имеется значительное количество воздушных судов для выполнения рейсов и в пиковые и в прочие периоды работы авиакомпании (рисунок 3.22).

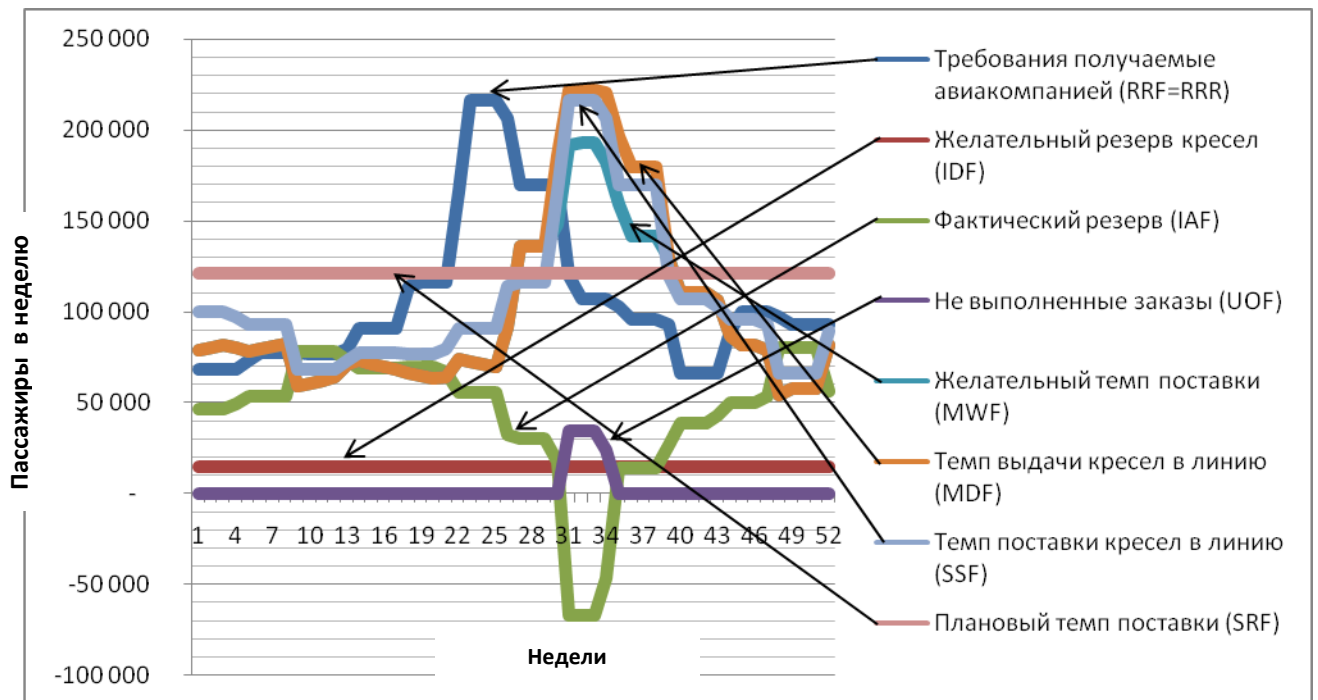


Рисунок 3.21 — Динамика поведения модели при 13% увеличении спроса

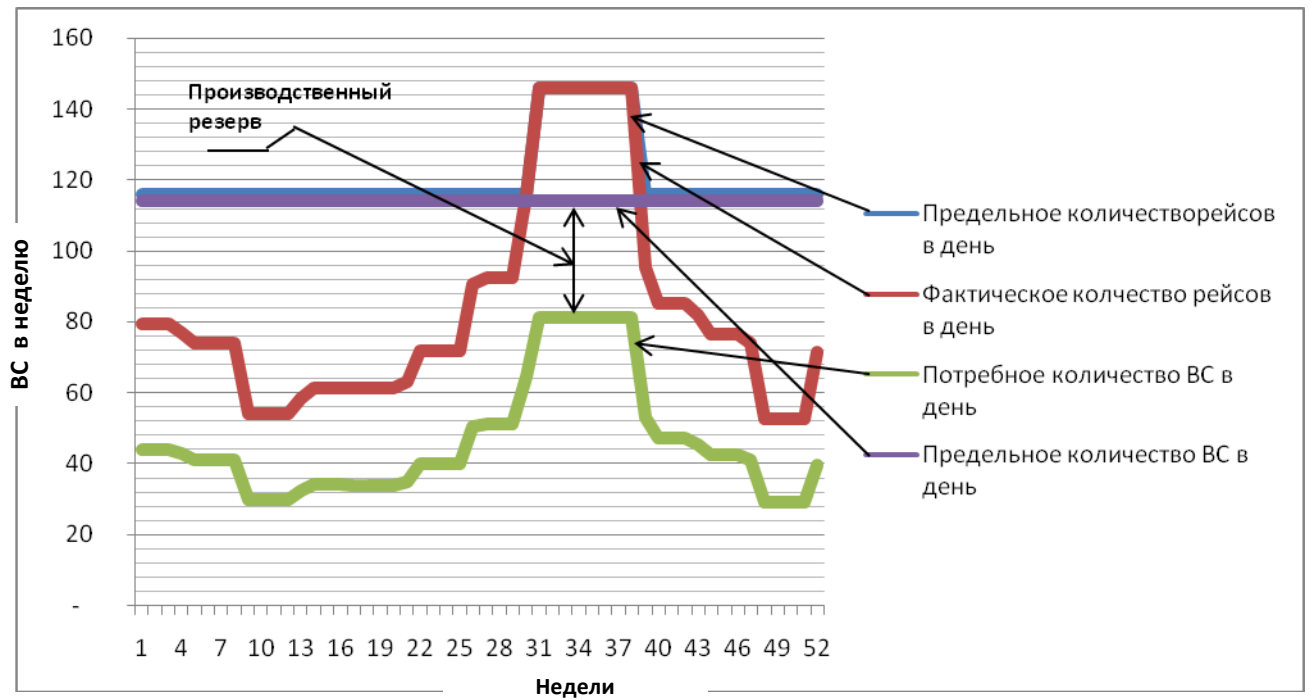


Рис. 3.22. — Динамика обеспеченности перевозок при 13% увеличении спроса

Исследуем поведение системы при распределенном спросе на перевозку. При исследовании предыдущих условий работы системы, мы отметили, что при распределенном спросе система работает с большим напряжением и достигает своих предельных показателей при пяти процентном увеличении спроса.

Производственная система (авиакомпания) наоборот становится намного надежнее, увеличивает свой потенциал при распределенном спросе, динамика потоков является тому иллюстрацией. На графиках видно, что созданные резервы системы покрывают спрос, а производственные мощности, даже при сохранившемся от прошлого ввода 13%-ном росте спроса покрывают требования совокупной авиалинии (рисунок 3.23). Изменение динамики использования парка воздушных судов подчеркивает наличие высокого уровня производственных резервов (рисунок 3.24). Скачок желательного темпа поставки обусловлен усилением скачка производственного задания в совокупной авиалинии, который имеет место в этих условиях (рисунок 3.14), что является лишь реакцией динамической модели.

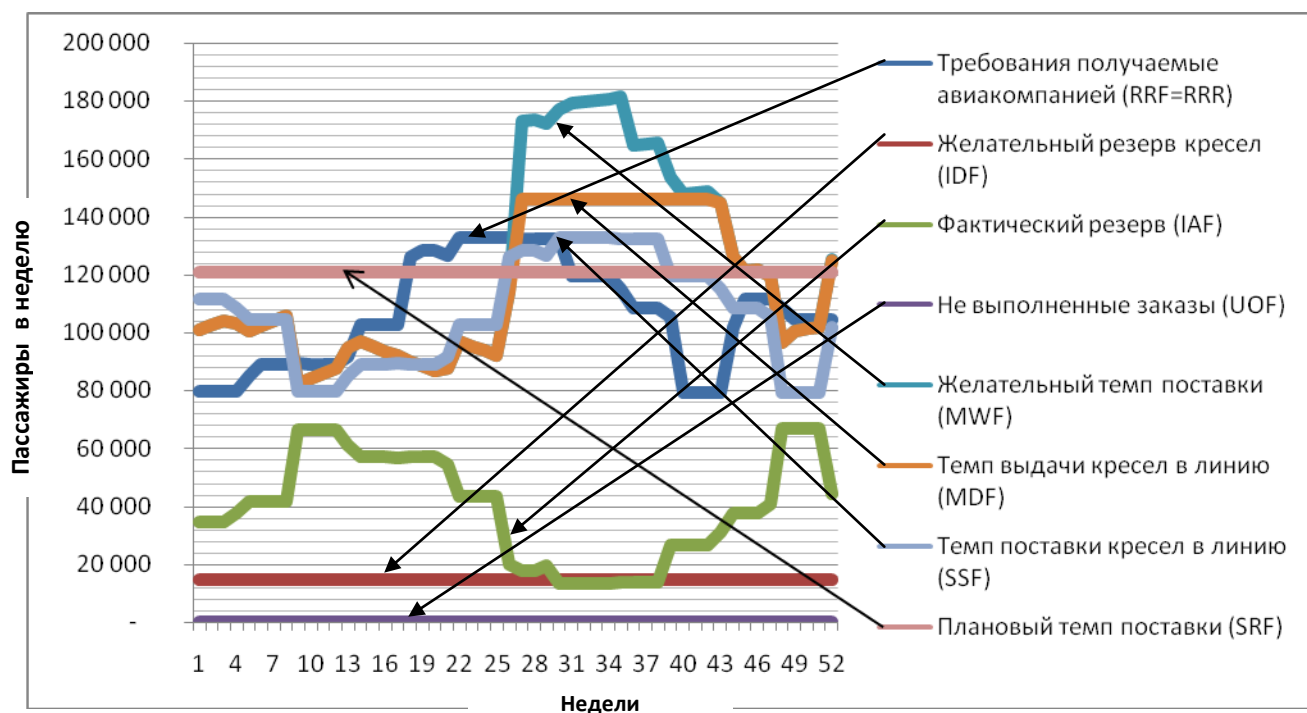


Рисунок 3.23 — Динамика потоков системы при распределенном спросе и 13% росте спроса

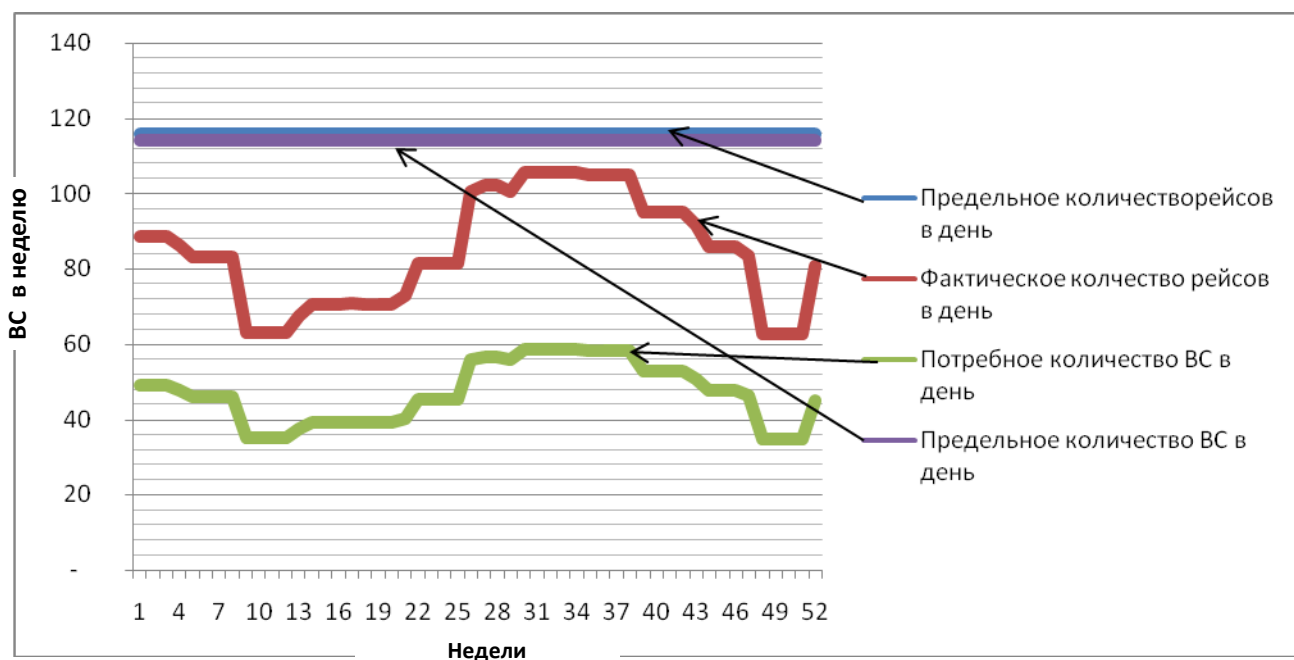


Рисунок 3.24 — Динамика обеспеченности перевозок при распределенном спросе

Сравнительный анализ поведения систем позволяет сделать вывод о том, что при принятии решения менеджер опирается на динамику производственной системы, предполагая наличие достаточных резервов для выполнения производственной программы. Но не учитывает динамики поведения сбытовой

системы, то есть совокупной авиалинии, в которой ограничения на изменения параметров находятся в более «узких» рамках, а производственные мощности могут быть задействованы только через определенное время, время задержки, реакции системы на изменения.

Динамика авиакомпаний изучалась нами при расчетном параметре производственной мощности (3.1). Коэффициент использования воздушных судов получен расчетным путем по формуле:

$$КР = \frac{\frac{N_p}{365}}{N_{вс}}, \quad (3.2)$$

где  $N_p$  – количество рейсов в год;

$N_{вс}$  – количество ВС в парке авиакомпании.

Рассчитаем фактическую производственную мощность авиакомпании, в качестве изменяемого параметра будем использовать фактическое количество эксплуатируемых воздушных судов, то есть учтем суммарный годовой простой каждого типа воздушного судна. Алгоритм расчета будет опираться на сравнение коэффициента ротации полученного при максимально-теоретической загрузке авиакомпании с фактическим коэффициентом ротации, полученным на основании данных формы 32-ГА «транспортная работа» (использование парка ВС). Полученные данные внесем в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 — Сравнительные показатели производственной мощности авиакомпании

| Тип ВС     | Кол-во рейсов фактическое (Nrф) | Расчетное кол-во рейсов (Nr) | Количество ВС списочное (Nвс) | Фактическое количество ВС в линии (Nвсф) |
|------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|
| ИЛ86       | 3610                            | 4778                         | 7                             | 5                                        |
| Б737 (400) | 544                             | 1365                         | 2                             | 1                                        |
| ТУ154М     | 17536                           | 18428                        | 27                            | 25                                       |
| А310       | 5329                            | 5460                         | 8                             | 8                                        |
| Б737(500)  | 11970                           | 6825                         | 10                            | 17                                       |
| А319       | 2559                            | 4778                         | 7                             | 4                                        |
| ИТОГО      | 41548                           | 41634                        | 61                            | 60                                       |

Показатели в таблице 3.3 получены по формулам:

$$Nr = N_{вс} \times 365 \times KР, \quad (3.3)$$

где Nr – расчетное количество рейсов;

Nвс – списочное количество воздушных судов;

KР – коэффициент использования воздушных судов.

$$N_{всф} = \frac{N_{вс} \times Nr_{ф}}{Nr} \quad (3.4)$$

где Nвсф – фактическое количество воздушных судов в линии;

Nrф – фактическое количество рейсов.

По результатам расчетов из таблицы 3.3 можно сделать вывод, что парк ВС используется крайне неравномерно, так воздушные суда Б737(500) используются фактически с двойной нагрузкой а воздушные суда А319 и Б737(400) с половинной нагрузкой. Построим графические зависимости при фактических показателях производственной мощности и определим предельные возможности авиакомпании в период пиковых нагрузок рис. 3.25. Анализ графического представления показывает, что производственная система покрывает скачки спроса величиной до 40%, обеспечивая при этом

достаточный резерв воздушных судов, как это представлено на диаграмме (рисунок 3.26). Алгоритм работы модели настроен таким образом, что вводится разумное ограничение на увеличение уровня спроса, поэтому скачок уровня спроса в 40% является максимальным. Наличие производственного резерва авиакомпании способно удовлетворить растущий спрос, но сбытовая система имеет значительные ограничения игнорировать наличие которых никак нельзя. Ограничения, присущие сбытовой системе и перенесены в алгоритм работы имитационной модели, связаны с дистрибутивными ограничениями и наличием конкурентной среды при продаже транспортных услуг, а так же наличием запаздываний в оценке ситуации и принятии решений.

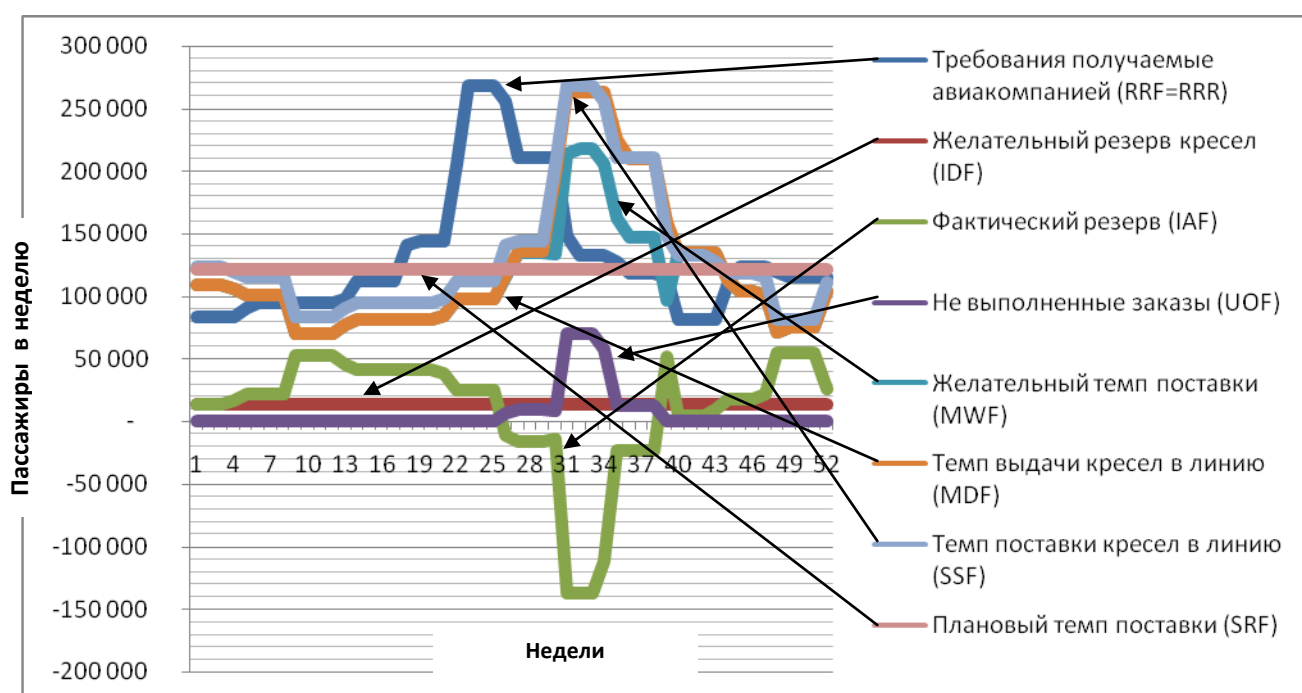


Рисунок 3.25 — Динамика производственной системы при 20% росте спроса на перевозки

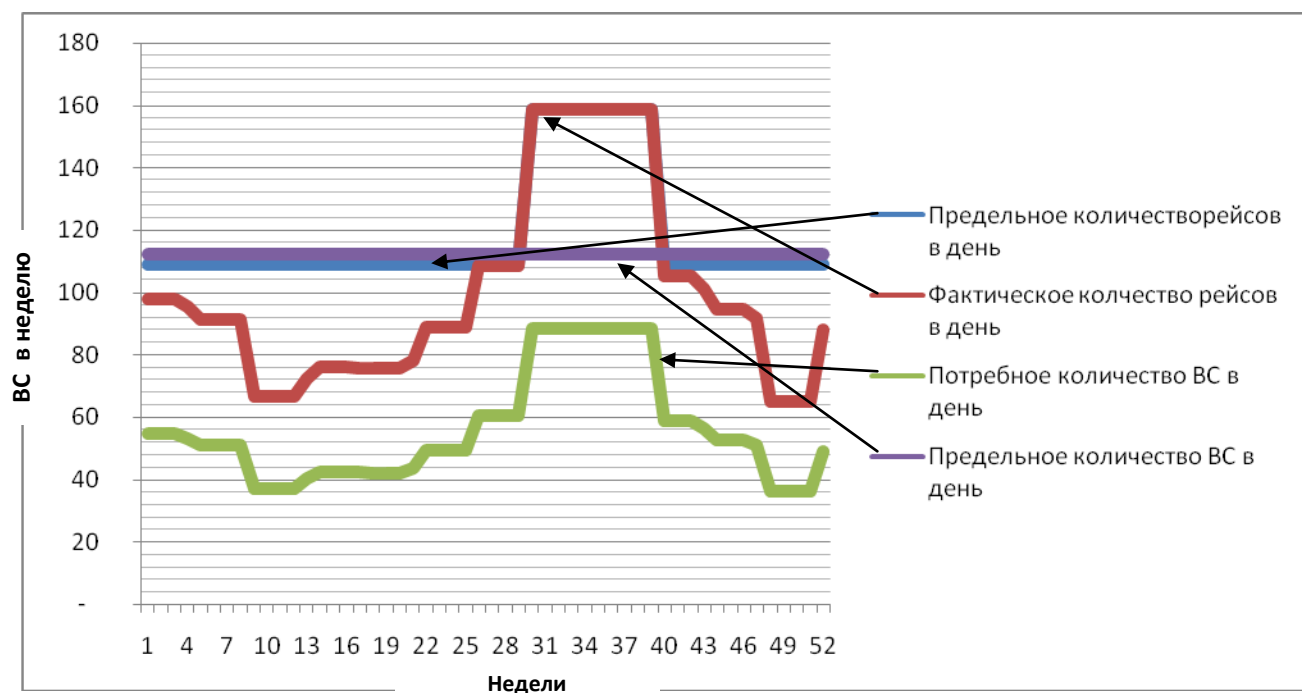


Рисунок 3.26 — Динамика обеспеченности перевозок при 20% увеличении спроса

Запас производственной мощности авиакомпании можно продемонстрировать, введя в работу модели следующие возмущения: при 20-ти процентном уровне роста спроса на перевозки в пиковый период с 30 по 39 недели выведем из производственного цикла на регламентные работы три ТУ154 и поставим на ремонт два А310.

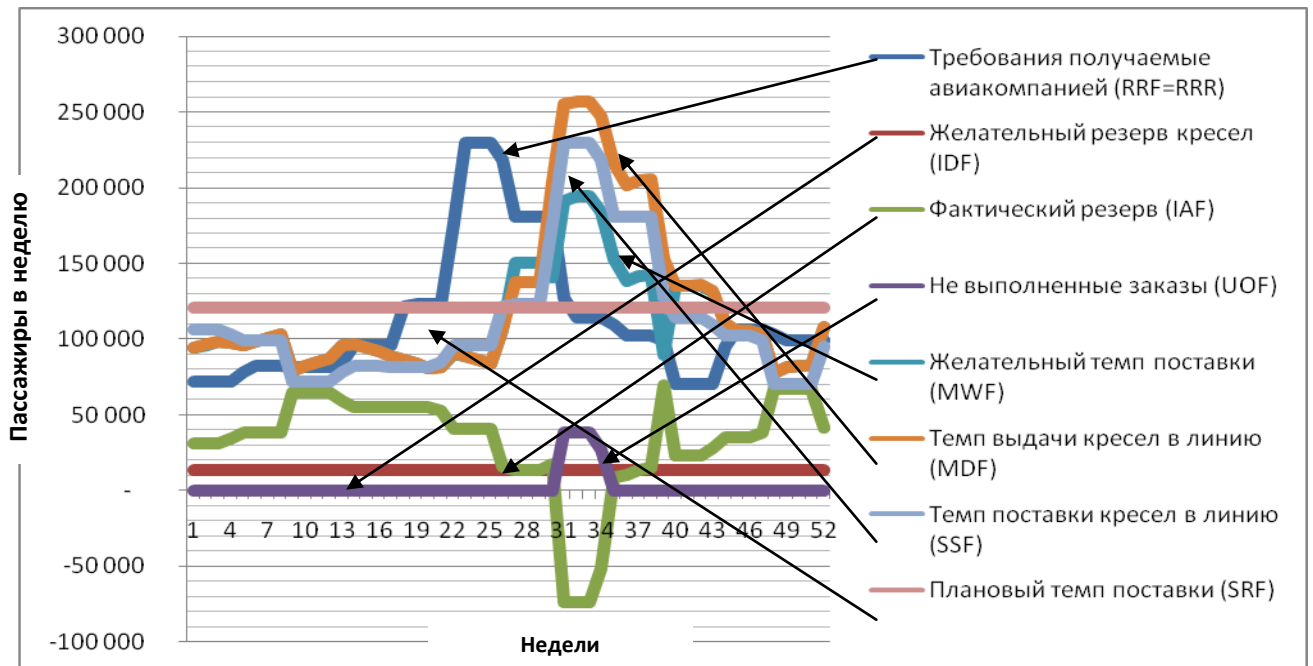


Рисунок 3.27 — Динамика производственной системы при 20% росте спроса и проведении регламентных и ремонтных работ в периоды пиковой нагрузки

На диаграмме, фактически, не отмечено каких либо изменений, кроме явно выраженного возмущения в потоке резерва кресел, которое вызвано наличием динамического запаздывания третьего порядка. Испытание модели возможно в условиях стохастического изменения спроса, что позволит наблюдать мгновенные перестроения потоков модели в их графической интерпретации. Проверку работоспособности модели можно провести введением случайного изменения динамики распределения спроса.

На рисунке 3.28. будет иллюстрация графической интерпретации работы системы при стохастическом изменении динамики распределения спроса. Несмотря на появление явно выраженных пиковых нагрузок на систему, в целом динамика остается прежней и способной реагировать на управленческие решения.

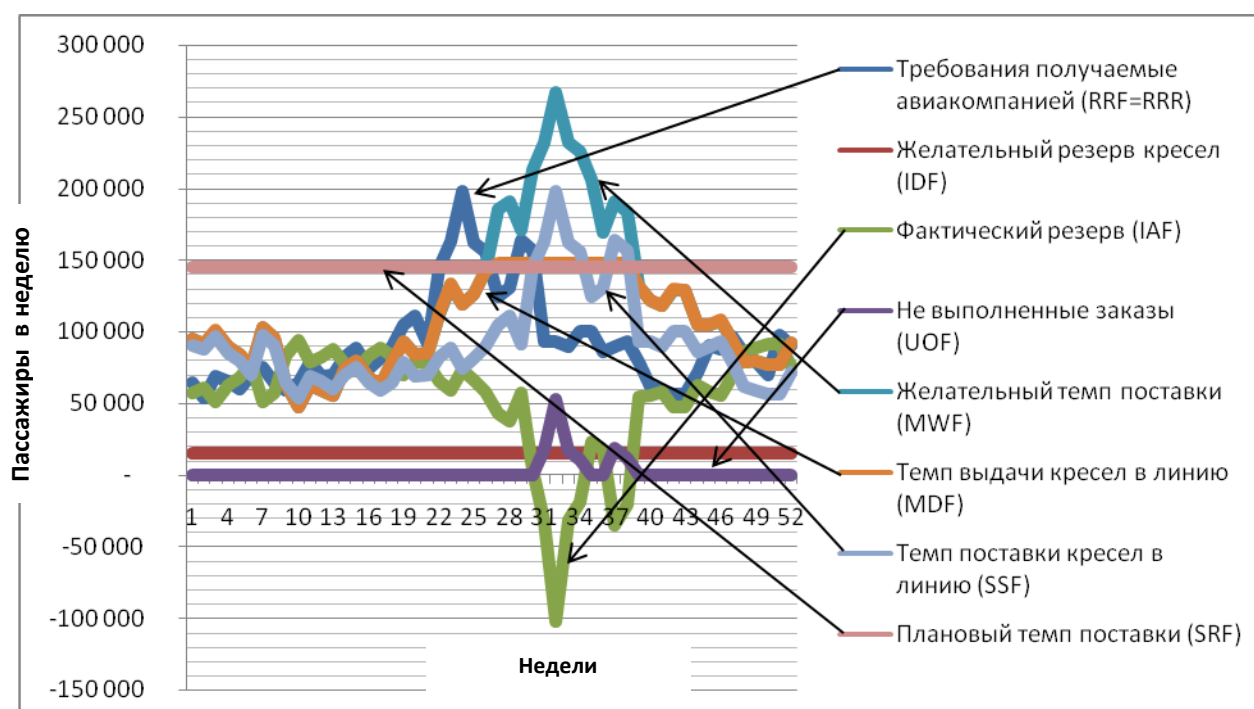


Рисунок 3.28 — Динамика производственной системы при 20% росте спроса на перевозки и стохастическом изменении динамики распределения спроса на перевозки

Верификация модели показала ее работоспособность в различных условиях соответствующих изменениям спроса на перевозки, производственных возможностей авиакомпании и принятия управленческих решений.

### 3.4 Валидация модели

Итогом испытания модели должна стать ее проверка на соответствие моделируемых производственных показателей показателям реальной производственной системы. Модель позволяет произвести оценку эффективности управления по показателям производственной деятельности авиакомпании. Целевая функция исследования - показатель рентабельности производственной деятельности. Объект управления - производственная мощность авиакомпании, выражаемая количеством пассажирских кресел которые могут быть предоставлены для удовлетворения спроса на перевозки пассажиров в совокупной авиалинии. Модель позволяет лицу, принимающему

решение имитировать использование парка воздушных судов. При этом модель имеет три режима работы.

Первый режим предусматривает автоматическое управление парком воздушных судов, то есть на основании формализованного алгоритма учитывающего формальные правила модели производственной динамики получаем обобщенные показатели работы системы. На основании этих показателей исследуем графическую интерпретацию информации об использовании парка воздушных судов (рисунок 3.29) и эффективности управления (рисунок 3.30).

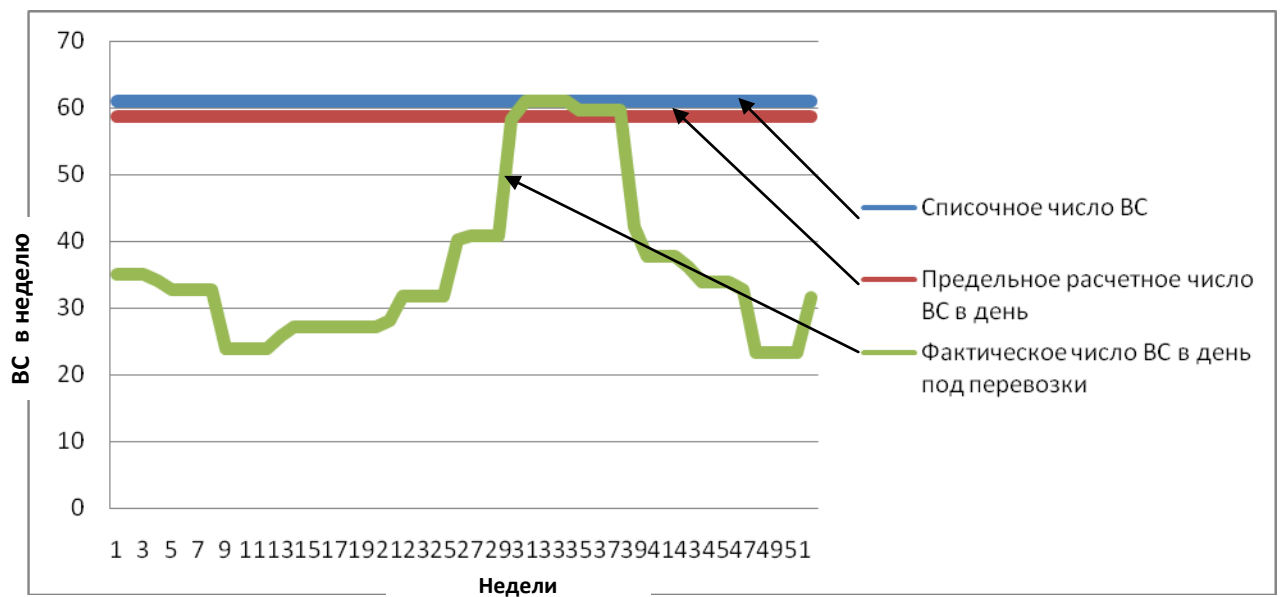


Рисунок 3.29 — Использование парка воздушных судов

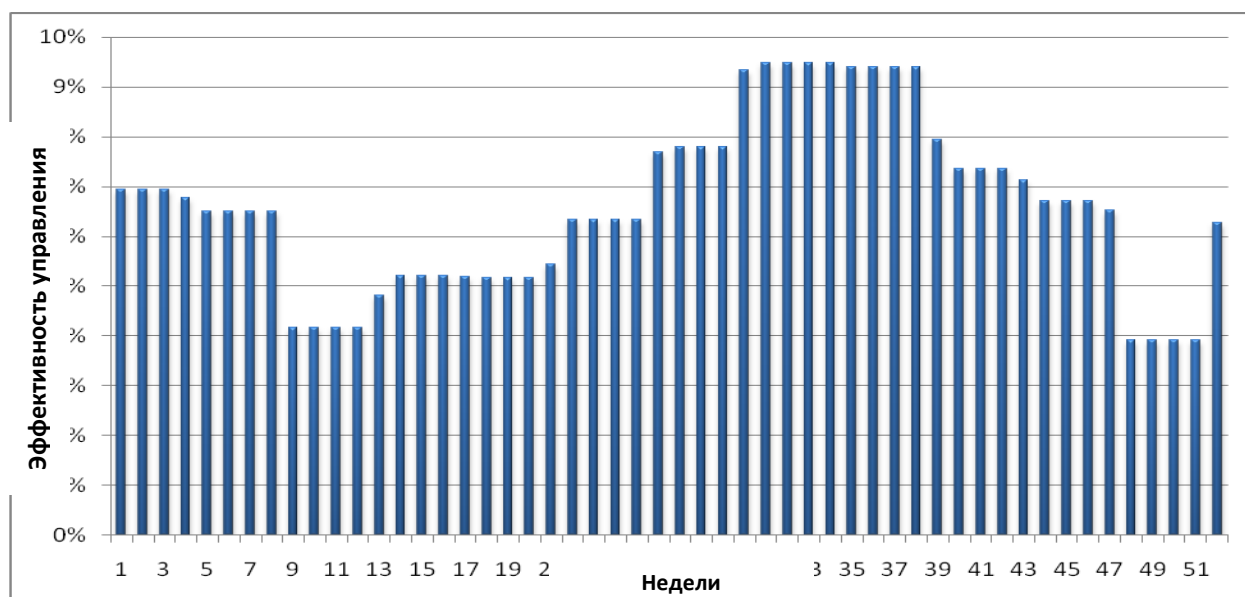


Рисунок 3.30 — Эффективность управления

В этом режиме работы модель позволяет имитировать управленческие решения, связанные с изменением коэффициента занятости кресел, коэффициента использования воздушных судов без конкретизации типа, то есть в целом по парку воздушных судов. Возможно так же планирование рентабельности доходной ставки, моделирование равновесного состояния спроса и предложения авиатранспортной услуги, на основании которых рассчитывается величина среднего тарифа на перевозку. Модель позволяет проследить динамические изменения графически интерпретируемых показателей при изменении потоков заказов на перевозки при том изменении, как уже упоминалось ранее может быть задано детерминировано и стохастически, стохастическое изменение возможно моделировать и применительно динамическому распределению спроса. На рисунках 3.31 и 3.32 графически интерпретированы результаты применения управленческих воздействий, так коэффициент занятости кресел – 80%, коэффициент использования воздушных судов – 1,87 и изменение спроса на минус 1% за счет случайного изменения динамики распределения спроса (рисунки 3.31 и 3.32).

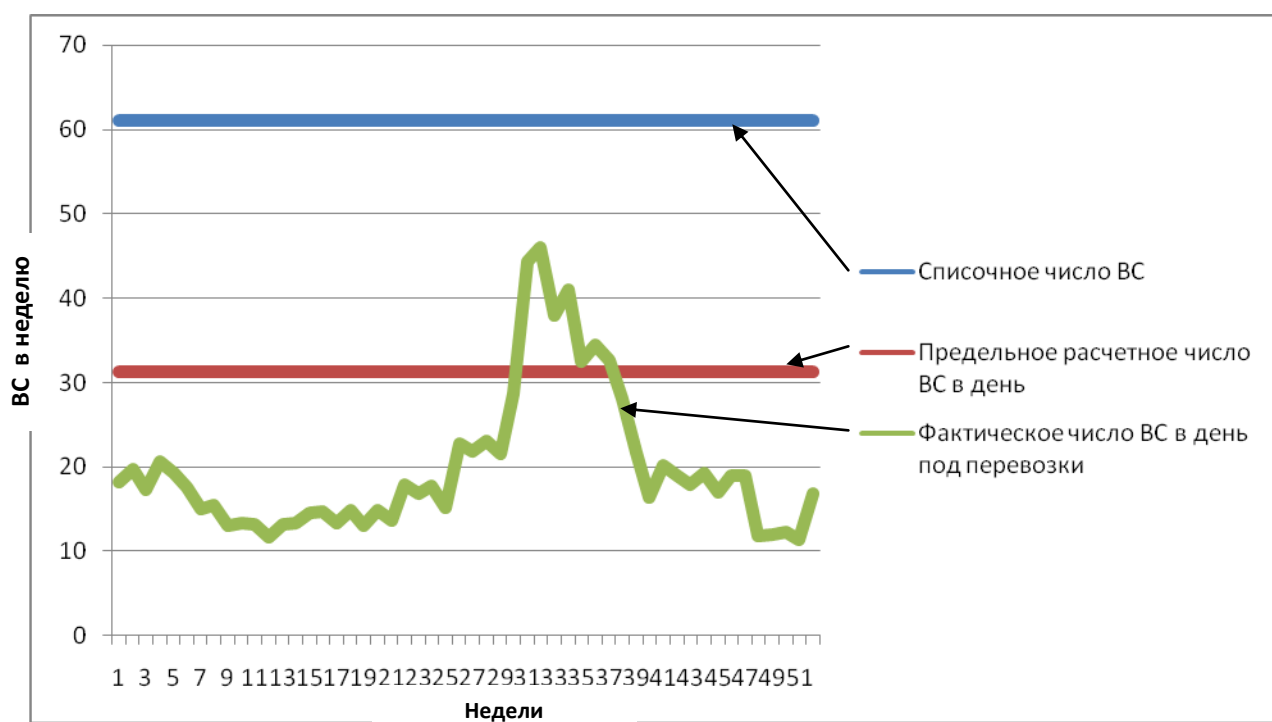


Рисунок 3.31 — Использование парка воздушных судов с учетом управляющего воздействия на модель

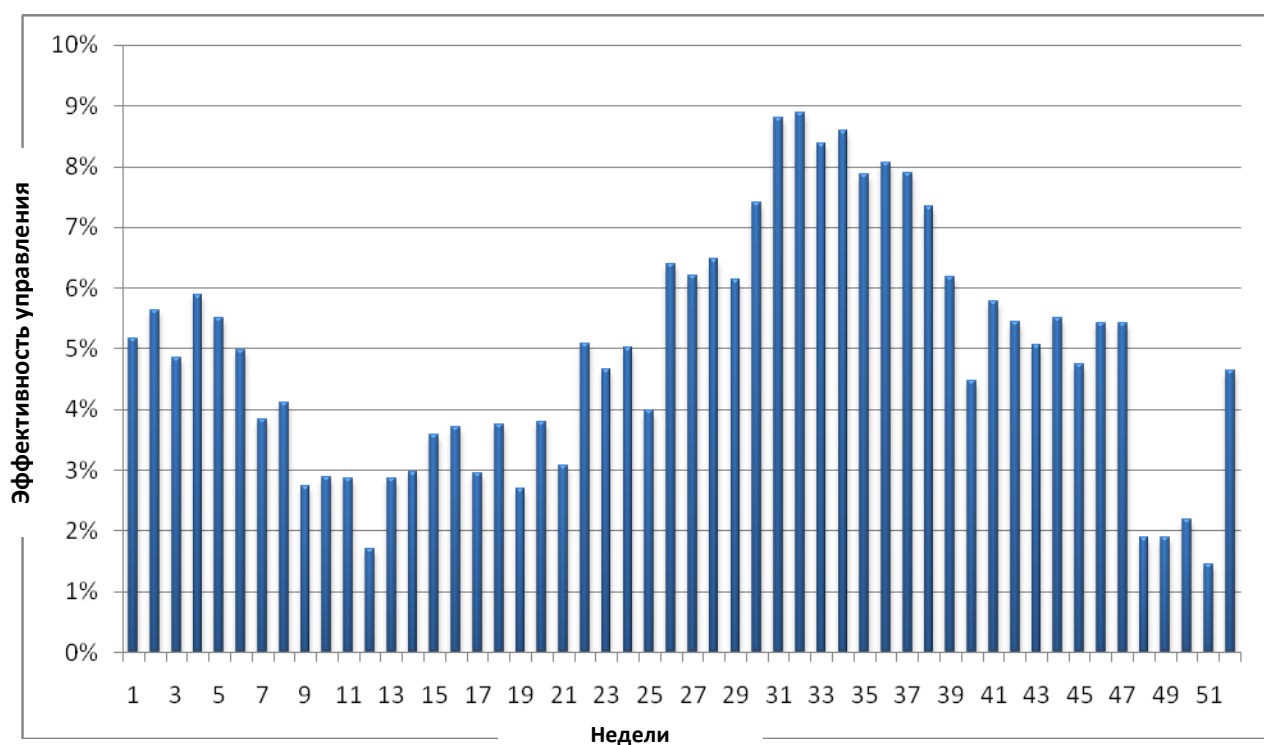


Рисунок 3.32 — Эффективность управления с учетом управляющего воздействия на модель

Второй режим работы модели предусматривает ситуацию, когда лицо, принимающее решения пользуясь информацией о составе парка воздушных судов, и значении недельного спроса на перевозку принимает решение об

использовании типов воздушных судов и их количестве применительно к периоду работы авиакомпании, за величину которого принимается одна неделя. Это метод моделирования позволяет оперативно оценить эффективность принимаемых решений, на фоне общих управленческих установок в виде вводных данных о коэффициенте занятости кресел, общем коэффициенте использования воздушных судов, рентабельности доходной ставки и изменения внешних параметров модели.

Третий режим работы модели позволит совместить два предыдущих режима. Автоматическая интерпретация результатов работы модели может быть скорректирована лицом, принимающим решение применительно к выборочным периодам работы авиакомпании с целью уточнения типизации парка воздушных судов в данный период работы авиакомпании, а также оптимизации эффективности управления в данный исследуемый период.

Например, рассмотрим что в период с девятой по двенадцатую недели перевозки осуществляются только на одном типе ВС – А310, в сравнении с интерпретацией представленной на рисунке 3.30 на рисунке 3.33 можно отметить рост эффективности управления в эти недели.

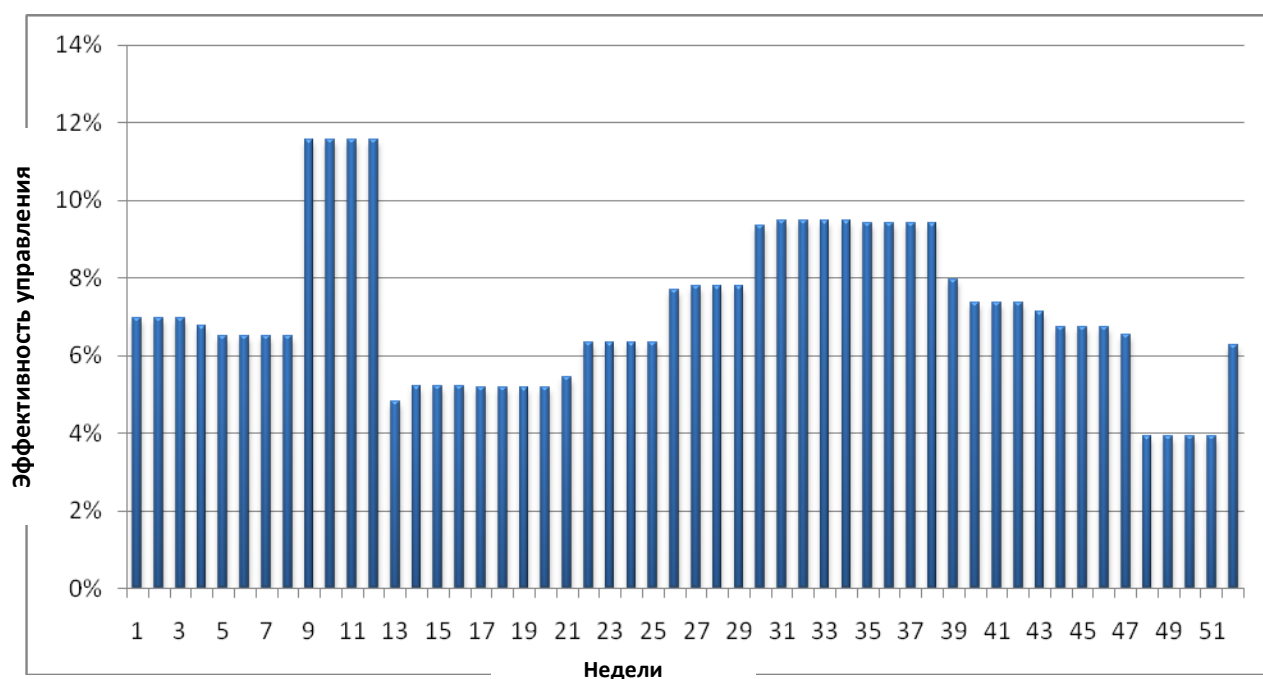


Рис.3.33 — Пример управления эффективностью использования парка ВС

Анализ работы модели можно закончить сравнением показателей производственной деятельности авиакомпании, полученных при моделировании с задекларированными в отчетных документах, отчете о прибыли и убытках авиакомпании и отчете о транспортной работе. Сравнительные показатели внесены в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 — Таблица сравнения показателей производственной деятельности  
тысячи рублей

| № п/п | Показатель               | Получено при моделировании | Показатель по отчету | Отклонение (%) |
|-------|--------------------------|----------------------------|----------------------|----------------|
| 1.    | Выручка                  | 24 909 752                 | 24 968 635           | 0,23           |
| 2.    | Себестоимость            | 22 547 716                 | 22 619 892           | 0,31           |
| 3.    | Валовая прибыль          | 2 362 036                  | 2 348 743            | 0,56           |
| 4.    | Средний налет на одно ВС | 1918                       | 2037                 | 5,8            |
| 5.    | Эффективность управления | 10,4%                      | 10,3%                | 0,97           |

Анализ показателей приведенных в таблице 3.4 позволяет сделать вывод о том, что имитация процессов производственной деятельности авиакомпании строится на реальных значениях и, следовательно, модель способна имитировать производственную деятельность авиакомпании.

### Выводы по главе 3

Построенная на основании теоретических исследований имитационная модель позволяет провести анализ работы авиакомпании как производственно-сбытовой системы. В третьей главе мы назвали системами отдельные составляющие модели, которые получили название совокупная авиалиния и авиакомпания. Но, тем не менее, в целом модель отражает взаимодействие этих систем и потому можно говорить, что авиатранспортное предприятие (авиакомпания) выступает как единая производственно-сбытовая система, работа которой была смоделирована на основании имитационной модели Дж. Форрестера.

Верификация компьютерной модели представляет собой процедуру проведения эксперимента в соответствии с предложенными алгоритмами работы модели. Цель верификации проверка работоспособности модели.

По итогам верификации можно сделать выводы о том, что модель работоспособна и алгоритм ее работы соответствует формализованному представлению. Потоки информации, спроса на перевозки и продукта производства соответствуют установленным правилам работы системы и имеют реактивные зависимости, не искажающие работу модели.

Валидация модели представляет собой исследование целевой функции – эффективности управления авиакомпанией. При осуществлении этого исследования был задействован дополнительный блок модели, созданный для оценки производственных показателей. По результатам анализа итогов эксперимента можно сделать вывод о том, что модель валидна. Что подтверждается сравнением показателей моделирования с показателями производственной деятельности авиакомпании.

Итоги верификации и последующей валидации модели позволяют сделать обобщающие выводы:

1. Выбранный метод формализации процесса производства авиатранспортной услуги объективно описывает данный процесс.

2. Модель, построенная на основании этого метода, может быть реализована посредством расчетных алгоритмов программной оболочки Ms.Excel.

3. Графическая интерпретация результатов моделирования позволяет использовать модель как инструмент исследования процессов происходящих в системе производства авиатранспортной услуги. При этом ЛПР предоставляется возможность ставить эксперименты по управлению производственной мощностью авиакомпании, получая оценку своих решений в виде изменения показателя эффективности управления по типам ВС и ВЛ.

4. Синергетический подход в использовании модели позволяет ЛПР понять механизм формирования показателей эффективности управления.

5. Модель решает задачи связанные с оптимальным использованием парка воздушных судов при его типизации и количественном составе.

## **Глава 4. Методика применения динамической производственно-сбытовой модели авиакомпании**

### **4.1 Оценка пригодности модели**

«Модель является правильной и обоснованной только в том случае, когда она выполняет возложенные на нее функции» [47].

Об эффективности модели можно судить:

- по возможностям и широте охвата выполненного решения поставленной задачи;
- по правильному выбору переменных, выбранных для построения модели;
- по использованным численным значениям параметров модели.

Обоснование модели определяется обоснованностью элементов ее структуры. А также правил, которые позволяют придать модели характеристики, делающие её сходной с характеристиками реальной системы. Полезность модели не определяется её способностью отражать состояние реальной системы в определенный момент времени, нужна серия испытаний, которые смогут доказать пригодность модели для совершенствования производственных процессов. Результат любых преобразований в системе управления до окончания испытаний не достаточно адекватен. Заключение об эффективности преобразований в управленческой сфере, однозначно, будет основываться на высказывания ЛПР после анализа полученной им полезной информации. Самым сложным является постановка координат оценки эффективности моделируемой системы. «Едва ли кто-либо осмелится безапелляционно утверждать, что руководитель предприятия достиг больших успехов благодаря новой методологии, а не за счет здравого смысла, которым он обладает» [47].

Модель, предназначенная для улучшения совершенствования системы управления производством авиатранспортной услуги, следует оценивать с точки зрения того как модель решает основные задачи и проблемы.

Построение иерархии целей наиболее важный вопрос при определении адекватности модели и её пользы.

Даже очень хорошо построенная модель принесет мало пользы, в случае если она решает задачи, которые далеки от вопросов по повышению эффективности производства авиатранспортных услуг. В этой ситуации не самая точная и простая модель может быть полезней, если она позволит понять причины успехов и неудач в управлении предприятием.

В случае предназначения модели для определения эффекта от нововведений, должно соблюдаться соответствие между вариативными параметрами модели и параметрами реальной системы. Алгоритм работы модели должен соответствовать алгоритму работы реальной системы. Акцент внимания при построении модели устанавливается на характеристиках системы, интересующих ЛПР.

Значимость модели основывается на двух положениях:

- адекватность отображения детализированных особенностей процесса принятия решений в реальной системе;
- соответствие в поведении реальной системы и модели.

Процесс проверки модели называется верификаций. Верификация модели состоит в том что её поведение не должно быть явно ошибочным, для этого производится оценка изменений переменных системы и их сравнение с поведением реальной системы. Хороший эффект при верификации модели дает исследование работы модели при заведомо ошибочных, не соответствующих реальной системе условиях. Возможно, использование значений параметров значительно превосходящих вероятностные значения, в этом случае определяется, насколько точно сформулированы руководящие правила в модели. Выявление ошибки в работе модели можно будет наблюдать, потому насколько её поведение не будет совпадать с тем, что следует ожидать в реальной системе. В случае неадекватного поведения модели, необходимо вновь рассмотреть структуру системы её элементы и границы. Необходимо

найти причины непохожести модели и исправить её поведение. Изменение конкретных характеристик любой модели это работа, основанная на глубоких знаниях детальной работы реальной системы.

#### 4.2 Блок – схема вычислительного алгоритма модели

Модули модели состоят из блоков формирования информации. Особенностью блоков модели является то, что на величину конечного результата, предоставляемого для графической интерпретации влияют не только алгоритмически интерпретированные уравнения математической модели, но и управляющие воздействия, поступающие от лица проводящего вычислительный эксперимент, а также динамические коэффициенты, определяющие динамику ввода показателей. В результате чего алгоритмы вычисления значений потоков и темпов их изменения имеют встроенные алгоритмы вычисления корректирующих или управляющих сигналов изменяющих параметры модели. Параметрические изменения функционально предназначены для формирования дескриптивной составляющей модели и для проведения эксперимента над моделью.

Вычислительные алгоритмы блоков модуля модели «авиалиния» можно представить следующим образом:

$$1. SSR = \text{Если } NIR \geq STR, \text{ то } STR, \text{ если нет, то } NIR, \quad (4.1)$$

где SSR – фактический темп перевозок, пассажиры в неделю;

NIR – предельный темп перевозок, пассажиры в неделю;

STR – проверяемый тем перевозок, пассажиры в неделю.

$$2. RRR = \text{Если } S1=1, \text{ то (если } S2=1, \text{ то } Фп \times Kp, \text{ если нет, } Фп/t + Kp_1 + Kp_2), \\ \text{если нет, то (если } S2=1, \text{ то } Фп \times Kp, \text{ если нет, то } Фп/t), \quad (4.2)$$

где RRR – спрос на перевозку, пассажиры в неделю;

S1 – управляющий сигнал о распределенном спросе;

S2 – управляющий сигнал о динамическом вводе;

Фп – данные о фактически перевезенных пассажирах;

Kp – коэффициент распределения спроса;

$t$  – период времени исследования.

$K_{п1}$  и  $K_{п2}$  – коэффициенты обеспечения пропорциональности при распределенном спросе.

$$3. IAR = \text{Если } LDR > RRR, \text{ то } (1 - K_{ис} \times (NIR - SSR) - UOR), \text{ если нет, то } (NIR - SSR) - UOR, \quad (4.3)$$

где  $IAR$  – фактический резерв, пассажирские кресла в неделю ;

$LDR$  – желательная величина спроса, пассажирские кресла в неделю;

$SSR$  – фактический темп перевозок, пассажиров в неделю;

$NIR$  – предельный темп перевозок, пассажирские кресла в неделю;

$K_{ис}$  – коэффициент изменения спроса;

$UOR$  – неудовлетворенный спрос, пассажиры.

$$4. IDR = \text{Если } IAR > 0, \text{ то } NIR + IAR \text{ если нет, то } UOR, \quad (4.4)$$

где  $IDR$  – желательный резерв, пассажирские кресла в неделю;

$IAR$  – фактический резерв, пассажирские кресла в неделю;

$NIR$  – предельный темп перевозок, пассажиров в неделю;

$UOR$  – неудовлетворенный спрос, пассажиры.

$$5. LDR = NIR + DFR, \quad (4.5)$$

где  $LDR$  – желательная величина спроса, пассажиры в неделю;

$DFR$  – величина запаздывания в предоставлении перевозки, недели.

$$6. LAR = RRR \times 1 + K_э, \quad (4.6)$$

где  $LAR$  – фактическая величина спроса, пассажиры в неделю;

$RRR$  – спрос на перевозку, пассажиры в неделю;

$K_э$  – коэффициент экспериментального ввода изменения спроса.

$$7. PDR = \text{Если } S_3 = 1, \text{ то (если } LAR > RRR, \text{ то } (1 + K_{э1}) \times (RRR + ((IDR - IAR) + (LDR - LAR) + (UOR - UNR))), \text{ если нет то, } (RRR + ((IDR - IAR) + (LDR - LAR) + (UOR - UNR))), \\ \text{если нет, то (если } LAR > RRR, \text{ то } (1 + K_{э2}) \times (RRR + ((IDR - IAR) + (LDR - LAR) + (UOR - UNR))), \text{ если нет то, } (RRR + ((IDR - IAR) + (LDR - LAR) + (UOR - UNR))), \quad (4.7)$$

где  $PDR$  – темп производственного задания, пассажирские кресла в неделю;

$LAR$  – фактическая величина спроса, пассажиров в неделю;

RRR – спрос на перевозку, пассажиры в неделю;

IDR – желательный резерв, пассажирские кресла в неделю;

IAR – фактический резерв, пассажирские кресла в неделю;

LDR – желательная величина спроса, пассажиры в неделю;

UOR – неудовлетворенный спрос, пассажиры;

UNR – нормальная величина неудовлетворенного спроса, пассажиры.

S3 – управляющий сигнал о динамическом распределенном вводе;

$K_{з1}$  – коэффициент запаздывания при плавном вводе изменения параметров модели;

$K_{з2}$  – коэффициент запаздывания при скачкообразном изменении параметров модели.

8.  $UOR = \text{Если } S3=1, \text{ то } (LAR-SSR) \times (1 + K_{з1}), \text{ если нет, то } (LAR-SSR) \times (1 + K_{з2}),$

(4.8)

где UOR – неудовлетворенный спрос, пассажиры;

LAR – фактическая величина спроса, пассажиры в неделю;

SSR – фактический темп перевозок, пассажиры в неделю;

S3 – управляющий сигнал о динамическом распределенном вводе;

$K_{з1}$  – коэффициент запаздывания при плавном вводе изменения параметров модели;

$K_{з2}$  – коэффициент запаздывания при скачкообразном изменении параметров модели.

Вычислительные алгоритмы блоков модуля модели «авиакомпания» можно представить следующим образом:

1.  $IDF = (ППМ/t) \times K_{оп} + DFR,$  (4.9)

где IDF – желательный резерв кресел, пассажирские кресла в неделю;

ППМ – предельная производственная мощность авиакомпании, пассажирские кресла;

t – период времени исследования;

Кор – коэффициент ожидаемого резерва;

DFR – запаздывание в предоставлении перевозки.

$$2. IAF = (ALF - SSF) - OUF, \quad (4.10)$$

где IAF – фактический резерв кресел, пассажирские кресла ;

ALF – предельный темп перевозок, пассажирские кресла в неделю;

SSF – уровень поставки кресел в линию, пассажирские кресла;

UOF – не выполненные заказы на поставку кресел, пассажирские кресла.

$$3. UOF = \text{Если } NIF - ALF < 0, \text{ то } 0, \text{ если нет, то } NIF - ALF, \quad (4.11)$$

где NIF – темп поставки кресел в линию, пассажирские кресла в неделю;

ALF – предельный темп перевозок, пассажирские кресла в неделю.

$$4. MWF = PDR + (IDF - IAF) + (LAF - LDF) + (UOF - UNF), \quad (4.12)$$

где MWF – желательный темп поставки кресел, пассажирские кресла в неделю;

IDF – желательный резерв кресел, пассажирские кресла;

IAF – фактический резерв кресел, пассажирские кресла;

LAF – фактический уровень заказов, пассажирские кресла в неделю;

LDF – желательный уровень заказов, пассажирские кресла в неделю;

UOF – не выполненные заказы на поставку кресел, пассажирские кресла;

UNF – нормативный уровень не выполненных заказов, пассажирские кресла.

$$5. MDF = (\text{Если } ALF \geq MWF, \text{ то } MWF, \text{ если нет, то } ALF) + \bigcup_{n=1}^m (X_n \cap Y_n), \quad (4.13)$$

где MDF – модифицированный темп поставки кресел в линию, пассажирские кресла в неделю,

ALF – предельный темп перевозок, пассажиры в неделю;

MWF – желательный темп поставки кресел, пассажирские кресла в неделю;

$\bigcup_{n=1}^m (X_n \cap Y_n)$  – оператор объединения множества моделируемых факторов,

способных оказать воздействие на окончательную величину темпа поставки кресел в линию.

$$6. SSF = \text{Если } NIF \geq SRF, \text{ то } STF, \text{ если нет, то } NIF, \quad (4.14)$$

где SSF – уровень поставки кресел в линию, пассажирские кресла;

NIF – темп поставки кресел в линию, пассажирские кресла в неделю;

STF – проверяемый темп поставки кресел в линию, пассажирские кресла в неделю.

$$7. SFR = NIR, \quad (4.15)$$

где SFR – плановый темп поставки, пассажирские кресла в неделю;

NIR – предельный темп перевозок, пассажиры в неделю.

$$8. N_{пр} = (ALF/ПВ)/t_{min} \quad (4.16)$$

где  $N_{пр}$  – предельное количество рейсов в день;

ALF – предельный темп перевозок, пассажиров в неделю;

ПВ – средняя пассажирская вместимость воздушных судов, кресла;

$t_{min}$  – минимальный временной отрезок определяющий темпы модели.

$$9. N_{ф} = \text{Если}((LAR/ПВ) + \bigcup_{n=1}^m (X_n \cap Y_n))/t_{min} > N_{пр}, \text{ то } N_{пр}, \text{ если нет, то } ((LAR/ПВ) + \bigcup_{n=1}^m (X_n \cap Y_n))/t_{min}, \quad (4.17)$$

где  $N_{ф}$  – фактическое количество рейсов в день,

LAR – фактическая величина спроса;

ПВ – средняя пассажирская вместимость воздушных судов, кресла;

$t_{min}$  – минимальный временной отрезок определяющий темпы модели;

$\bigcup_{n=1}^m (X_n \cap Y_n)$  – оператор объединения множества моделируемых факторов, способных оказать воздействие на окончательную величину темпа поставки кресел в линию.

### 4.3 Функциональная реализация возможностей модели

Представленная в работе производственно-сбытовая модель процесса авиатранспортного производства на основе закономерностей производственной динамики позволяет решить следующие задачи. Функциональное представление решаемых задач отражено на блочно-модульной схеме представленной на рисунке 4.1.

Алгоритм работы модели позволяет построить динамику спроса на авиаперевозки в течение исследуемого временного периода. За основу построения динамики спроса на перевозку может быть принята динамика

распределения спроса на одной или совокупности характерных воздушных линий авиакомпании. Исследование характерного спроса позволяет по алгоритму, предложенному в модели, рассчитать величину спроса и предложения на авиаперевозки или как условно предлагается в модели по совокупной авиалинии, отражающей уровень соответствующий розничному в производственно-сбытовой модели Дж. Форрестера.

Полученное динамическое распределение спроса на перевозку будет входным параметром модели, то есть уровнем спроса. Временное запаздывание между входным потоком – спросом и предложением в виде товарной единицы, в которой интерпретирована предоставляемая транспортная услуга, создает основу для структурирования параметров модели. Этот временной сдвиг заметен на станицах графической интерпретации полученных результатов. Первый вариант использования модели можно представить следующим образом.

Построенные закономерности, в основе которых структурированные отношения, возникающие в модели, обусловленные правилами управления, составляющими модели и заданные запаздывания в принятии управляющих воздействий, создают имитационную модель для проведения эксперимента относительно меняющихся условий, параметров и потоков модели. Лицо, принимающее решение может поставить эксперимент, изменяя заданные условия работы модели. К примеру, в модуле «авиалиния» можно изменять такие показатели, как величина спроса, характер параметра спроса-предложения, модель позволяет посмотреть изменения при моделировании спроса на основе распределения его по периоду исследования.

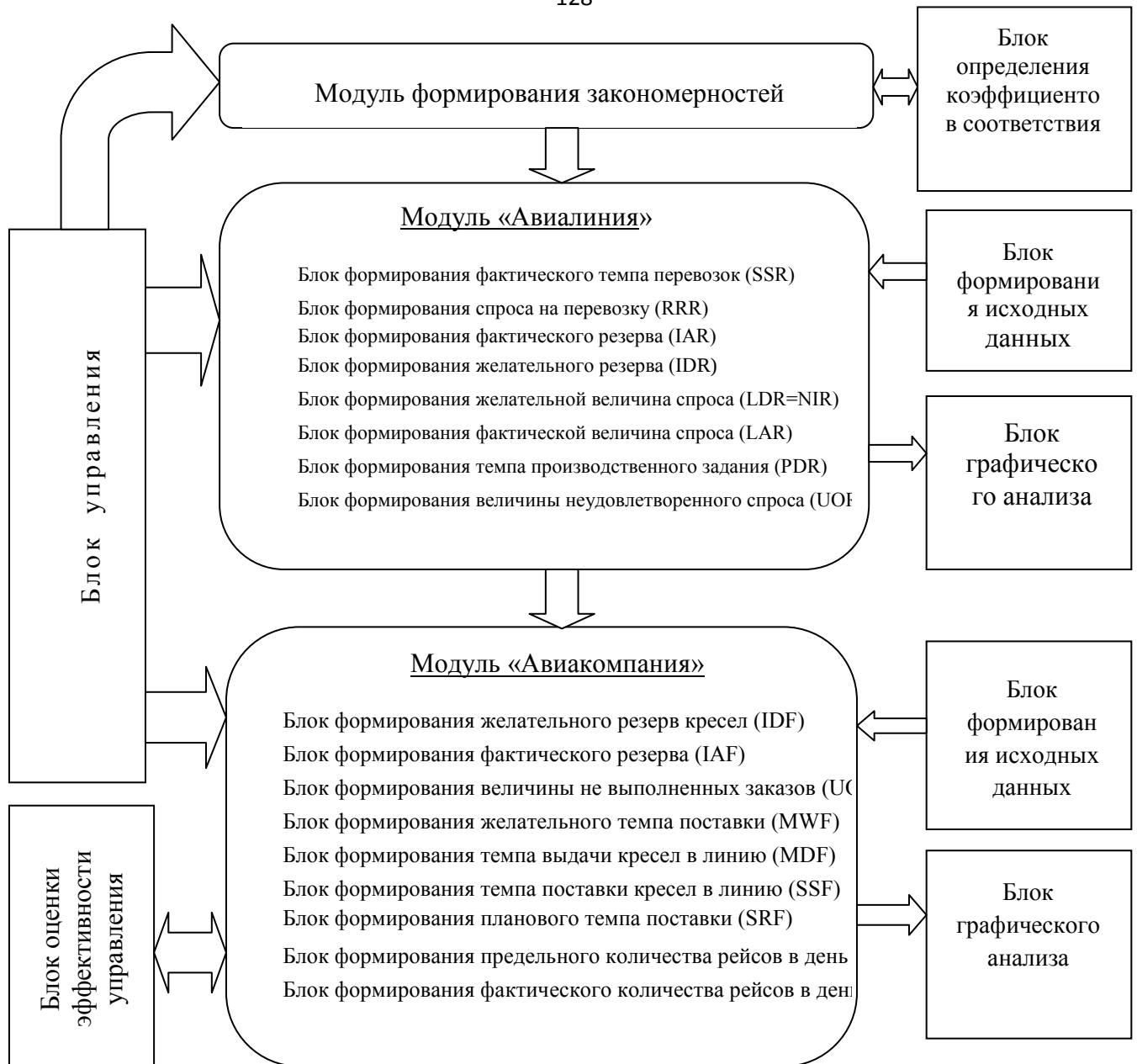


Рисунок 4.1. — Блочно-модульная схема модели

В модуле «авиакомпания» ЛПР может вводить изменения по составу парка воздушных судов, количеству воздушных судов, вводить ситуации имитирующие вывод воздушных судов из эксплуатации на период их технического обслуживания и ремонта. Блоки графической интерпретации результатов исследования достаточно наглядно отражают заложенные в модели закономерности в виде функциональных изменений параметров модели. Изучив эти изменения лицо, принимающее решение может внести коррективы в суточный план полетов, определить специфику формирования резерва кресел.

Модель учитывает возможность постановки такого эксперимента, как введение динамического распределения, при управлении резервом кресел в совокупной авиалинии, что дает положительный экономический эффект, в виде увеличения резерва кресел в линии и более полного удовлетворения спроса на перевозку.

Модель предусматривает режим работы, в котором входной поток (спрос на авиаперевозки) изменяется случайным образом. Датчик случайных цифр с установленной амплитудой изменения значений формирует управляющий сигнал для динамического изменения показателя спроса на перевозку. Проигрывание модели в этом варианте позволяет получить мгновенно изменяющуюся графическую интерпретацию состояния потоков модели. Экспериментатор, изучая эти изменения, может проверить численные показатели изменения параметров для формулирования выводов о работе системы. Стохастическому изменению подлежит и порядок распределения спроса. Но поскольку детерминированный порядок распределения спроса в течение исследуемого периода практически достоверен, его стохастическое изменение реализовано в модели в виде шума, то есть случайного изменения показателя с небольшой амплитудой.

Второй вариант использования модели это ее дескриптивная функция. В этом случае модель строится только на функциональном взаимодействии в последовательной выработки управленческих решений для основных составляющих модели темпов и уровней. Построение специфической особенности работы модели, для конкретного предприятия, с учетом правил движения потоков и формирования уровней, а также количества моделируемых управленческих решений производится лицом, принимающим решение. То есть в готовую структурно ориентированную модель вносятся запаздывания с учетом конкретной специфики предприятия и параметры составляющих для эксперимента. Таким образом, эмпирическим методом может быть достигнута оптимальная структура модели с набором уникальных знаний о предприятии. Изучая и совершенствуя подобную дескриптивную модель, в основе которой

все та же модель производственной динамики, можно построить нормативную динамическую модель.

Включение в модель блока оценки эффективности управления позволяет реализовать модель как законченный программный продукт для оперативного управления авиакомпанией. Использование мгновенных значений показателя рентабельности позволяет оценивать качество управленческих решений сразу же после имитации организационного мероприятия связанного с планированием производственной деятельности авиакомпании.

#### **Выводы по главе 4**

Методика использования модели описанной в данной работе позволяет сделать следующие выводы:

Во первых модель формализованная в данной работе и алгоритмизированная в виде системы взаимодействующих вычислительных блоков в программном обеспечении MS Office Excel является работоспособной поскольку отражает основные структурные зависимости, правила принятия решений и запаздывания происходящие в реальной системе. Реальная система в этом случае представлена как система продажи авиатранспортной услуги. Для моделирования данного процесса были приняты условия, которые процесс реализации авиатранспортной услуги представляют как процесс взаимодействия двух уровней производственно-сбытовой модели. В соответствии с этой интерпретацией имитационная модель также представляет собой вычислительные алгоритмы для двух модулей имитирующих поведение соответствующих уровней производственно-сбытовой модели.

Во вторых использование модели для имитации реально происходящих изменений величин уровней и потоков в производственно-сбытовой модели позволяет установить изменения динамики процессов производства и реализации авиатранспортной услуги. Сутью таких изменений может являться постановка задачи позволяющей прогнозировать работу реальной системы. В

этом варианте работы имитационной модели в качестве входного параметра, параметров, определяющих структуру потоков, а так же частично правил формирования управленческих решений введены производственные показатели деятельности авиакомпании S7. Вариант имитации структурированной модели позволил изучить процесс производства авиатранспортной услуги в означенной авиакомпании и сделать выводы об эффективности использования парка воздушных судов и принятия решений с области сбытовой политики авиакомпании.

В третьих верификация модели и правильность выбранной методики, подтвержденная двумя первыми пунктами выводов по главе, позволяют закрепить положение о том, что важным назначением данной модели является возможность использовать ее как дескриптивную модель, построения правил и запаздываний для наиболее точного и полного отражения работы реальной системы.

В четвертых дуализм модели, заключающийся в том, что модель интерпретирует производственную динамику в соответствии с алгоритмом модели Дж. Форрестера и еще оперативно представляет изменение целевой функции позволяет использовать модель для оперативного управления производством авиатранспортной услуги. А так же использовать модель в качестве учебного пособия для предметного изучения задач организации авиатранспортного производства.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итогом работы является законченное исследование возможности моделирования производственных потоков, формирующихся в процессе производства авиатранспортной услуги. Основными характеристиками, которой являются неосязаемость, неотделимость от источника, несохраняемость, не постоянство качества и участие потребителя в процессе производства услуги. Было предложено, для создания имитационной модели работы авиатранспортного предприятия, использовать систему уравнений описывающих движение производственных потоков в производстве реального товара. Такая модель создана известным американским ученым Дж. Форрестером [47]. Модель Форрестера представляет собой динамическую модель работы производственно-сбытовой системы. Главным признаком модели является наличие реального товара, производимого системой, то есть товара, который можно складировать, перераспределять между уровнями, создавать запасы. Не потребленный продукт, может быть потреблен в будущем.

Базовая структура модели, предложенная Дж. Форрестером предполагает наличие шести взаимосвязанных сетей – сеть материалов, сеть заказов, сеть денежных средств, сеть рабочей силы, сеть оборудования, сеть информации. Но универсальность уравнений описывающих взаимодействие потоков и уровней с функциями решений, основой для которых является информация, позволяет моделировать поведение системы в любой из пяти сетей. Под уровнями понимаются накопления внутри системы. Уровни представляют собой те значения переменных в данный момент, которые они имеют в результате накопления из-за разности между исходящими и входящими потоками. Для производственной системы, производящей транспортную услугу, уровень как запас существовать не может, потому как не удовлетворенная услуга, исчезает навсегда и не может быть удовлетворена после. В модели было изменено значение уровня, в новом его определении как возможность или резерв поставки услуги. Единицей измерения произведенного продукта были названы пассажирские кресла (места) которые может

предоставить авиакомпания своим клиентам. Тем самым уровень в модели приобрел значение темпа, поскольку его динамичное наполнение, компенсируется динамичным потреблением, а разница не формируется и не описывается. Понятие уровень мы можем использовать только как оценочную характеристику описывающую, например, уровень спроса.

Главным параметром модели становится темп потока, именно изменения темпов и описывают уравнения модели. Определяющее значение в модели занимают темпы которые описывают мгновенные потоки между уровнями в системе. Активность системы определяется темпом, а уровни определяют степень активности. Регулирующей составляющей системы являются функции решений которые устанавливают темпы потока на основе уровней. Темпы, в свою очередь, должны определять уровни, но в нашей системе мы описываем взаимодействие темпов на входе и выходе уровней определяющих запасы, так как реального запаса уровень не содержит, а содержит только показатель разности темпов потока на входе и выходе уровня.

Функции решений, которые в работе называются уравнения, формулируют линии поведения, которые на основании информации об уровнях осуществляют выбор решений, связанных с величинами темпов. Решения по поводу предстоящих действий выражаются в форме темпов потока, например выдачи пассажирских кресел в совокупную авиалинию.

Функции решений, на основе которых устанавливаются темпы, в модели производства реального товара связаны только с информацией об уровнях, но в модели, при фактическом отсутствии уровней, информация о состоянии уровня заменяется информацией о мгновенном состоянии потока. При выборе короткого интервала времени, можно установить в принципе, что данное решение не зависит от некоторых других решений, принимаемых в данный момент в другой части системы.

Организационная структура модели Форрестера предполагает наличие трех уровней системы – производства, звена оптовой торговли и розничного звена. Приступая к построению модели, было принято в качестве организации

производственно-сбытовой системы два звена, присвоив им названия – совокупная авиалиния (аналог розничного звена) и авиакомпания (производство). Система уравнений, используемая при описании модели, предусматривает такую стыковку звеньев.

Важное значение при написании функций решений, имеют правила. Правила устанавливают характер взаимосвязей между источником информации и потоком решений в ответ на эту информацию.

Формулировка правил при построении модели определялась спецификой авиатранспортного производства, в ней учитывалось формирование производственных мощностей на основе данных о пассажирской вместимости отдельных воздушных судов, сезонность спроса, изменения в составе воздушных судов вызванные проведением регламентных работ или поломками.

В производственно-сбытовой модели Дж. Форрестера большое внимание уделяется запаздыванием, специфика которых определена прохождением реального товара по звеньям организационной структуры, это запаздывания при транспортировке товара, почтовые запаздывания при оформлении заказов и другие. В модели мы, естественно, исключили подобного рода запаздывания, но при написании правил, использовали запаздывания другого характера. Запаздывания учитываемы в правилах и уравнениях нашей модели – это запаздывания при принятии решений, запаздывания в оценке ситуации, запаздывания выхода воздушных судов на плановую загрузку.

В работе используя вышеперечисленные отличия и особенности построения имитационной модели на основе производственно-сбытовой модели Форрестера для авиатранспортного предприятия. Удалось описать модель теоретически и реализовать ее в виде программного продукта в оболочке «Excel Ms.office».

Модель предусматривает изучение взаимодействия потоков в сети производственных заказов. Мы смоделировали ситуацию на основе реального спроса и возможностей авиакомпании. Результаты методологического

использования модели показали, что правила учитывают изменения информации, и анализ графического материала позволяет делать выводы, на основе которых можно принимать обоснованные решения об использовании производственных мощностей авиакомпании, о возможностях маркетинговой политики авиакомпании, о реструктуризации парка воздушных судов.

Проведенные исследования показали возможность построения динамической производственно-сбытовой модели для предприятия производящего услуги. Моделирование только одной сети, позволило определить основные правила работы системы в сфере услуг и, следовательно, общий алгоритм, созданный нами в данной работе, может быть применен для моделирования потоков других сетей системы, а также для написания обобщающих правил работы всех сетей системы с учетом их взаимного влияния.

Верификация и последующая валидация модели подтвердили то, что модель с высокой степенью достоверности имитирует работу действительной производственной системы. Для имитации была выбрана работа только одной авиакомпании, но ввиду сравнимости результатов производственной деятельности авиакомпаний (глава 1) использование модели возможно для любой авиакомпании.

Опираясь на вышеизложенный материал можно сделать обобщающий вывод:

- 1) Производственно-сбытовая модель Дж. Форрестера применима для моделирования производства авиатранспортной услуги.
- 2) Использование алгебраической формы математического аппарата при формализации модели позволяет непосредственно переходить к программированию модели.
- 3) Графическая интерпретация результатов моделирования позволяет повысить эффективность их восприятия.
- 4) Синергетика, выражающаяся во взаимном дополнении строгой математической формы и практического опыта лица, принимающего решения

повышают практическую значимость модели. Оптимизация целевой функции будет производиться не на основе решения, предлагаемого моделью, а на основе анализа показателей модели.

5) Дескриптивный характер структуры модели делает ее универсальной при моделировании продажи любых услуг.

Рекомендацией к применению данной модели может быть ее использование при планировании производственной деятельности авиакомпании. Оптимизации парка воздушных судов. Изучение процессов формирования показателей производственной деятельности. Использование модели в составе ERP-системы, наглядно продемонстрировано при введении в структуру модели блока оценки эффективности управления. Эта структурная инсталляция, фактически часть ERP системы, так как отражает суть ее работы, синтез производственных показателей с интерпретационной доступностью результатов. Наглядность интерпретации процессов происходящих в системе и принимаемых управленческих решений позволяет использовать модель в учебном процессе для изучения вопросов, связанных с оперативным управлением авиатранспортным производством.

### Список литературы

1. Андрианов, В.В. Многофакторные экономико-математические методы и модели сложных систем и процессов ГА / В.В.Андрианов. – М.: МГТУ ГА, 1996. – 104 с.
2. Андронникова, Н.Г. Модели и методы оптимизации региональных программ развития / Н.Г. Андронникова, С.А. Баркалов, В.Н. Бурков, А.М. Котенко. – М.: ИПУ РАН, 2001. – 60 с.
3. Арженовский, С.В. Экономико-математическое моделирование динамики фирмы. Инвестиционный аспект / С.В. Арженовский. – Новочеркасск: НГТУ. 1998. – 96 с.
4. Аристов, С.А. Имитационное моделирование экономических процессов / С.А. Аристов. – Екатеринбург.: УрГЭУ, 2003. – 123 с.
5. Багриновский, К.А. Экономико-математические методы и модели / К.А. Багриновский, В.М. Матюшок. – М. : Издательство РУДН, 1999. – 183 с.
6. Безель, Б.П. Имитация на персональных компьютерах работы транспортно-производственных систем /Б.П.Безель, Л.Б.Миротин, Т.Б.Сулейменов. –М.: МАДИ, 1993. – 56 с.
7. Бочарников, В.П. Fuzzy – технология: математические основы, практика моделирования в экономике / В.П. Бочарников. – С-Пб. : Наука РАН, 2001. – 328 с.
8. Бурков, В.Н. Применение игрового имитационного моделирования для оценки эффективности экономических механизмов / В.Н. Бурков, Г.С. Джавахадзе, Н.И. Динова, Д.А. Щепкин. – М. : ИУП РАН, 2002. – 51 с.
9. Бурков, В.Н. Экономико-математические модели управление развитием отраслевого производства / В.Н. Бурков, Н.И. Джавахадзе. – М. : ИУП РАН, 1997. – 64 с.
10. Бутов, А.С. Транспортные системы. Моделирование и управление / А.С.Бутов, Д.В. Гаскаров, А.Н. Егоров, Н.В.Крупенина. – СПб.: Судостроение, 2001. – 522 с.

11. Ванинский, А.Я. Компьютерный анализ хозяйственных ситуаций / А.Я. Ванинский. – М. : Финансы, 1991. – 210 с.
12. Васин, А.А. Введение в теорию игр, с приложениями к экономике / А.А. Васин, В.В. Морозов. – М. : 2003. – 277 с.
13. Гиляровская, Л.Т. Комплексный экономический анализ хозяйственной деятельности / Л.Т. Гиляровская, Д.В. Лысенко, Д.А. Ендовицкий. – М. : ООО «Издательство Проспект», 2006. – 360 с.
14. Гламаздин, Е.С. Управление корпоративными программами: информационные системы и математические модели / Е.С. Гламаздин, Д.А. Новиков, А.В. Цветков. – М. : ИУП РАН, 2003. – 159 с.
15. Далецкий, С.В. Эффективность технической эксплуатации самолетов гражданской авиации / С.В. Далецкий, О.Я. Деркач, А.Н. Петров. – М. : Воздушный транспорт, 2002. – 216 с.
16. Дорф, Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2004. – 832 с.
17. Еремин, Е. Л. Динамические модели и S-моделирование систем / Е.Л. Еремин. -Благовещенск : Изд-во АмГУ, 2003. – 336 с.
18. Забелкина, Е. В. Моделирование экономической политики фирмы / Е.В. Забелкина. СПб. : Изд-во С.-Петербурбгос. ун-та экономики и финансов, 1998- 21с.
19. Завгородняя, А.В. Диагностика и моделирование среды фирмы / А.В. Завгородняя. - СПб. : Изд-во СПбГУЭФ, 1999. - 300 с.
20. Зайнашев, Н.К. Производственный менеджмент: экономико-математические модели / Н.К. Зайнашев. – Уфа: РИК Уфимского государственного авиационного технического университета, 1999 - 298 с.
21. Иванов, А.К. Математическое моделирование процессов управления / А.К. Иванов. - Ульяновск : УлГТУ, 2002. – 171 с.
22. Иозайтис, В.С. Экономико-математическое моделирование производственных систем / В.С. Иозайтис, Ю.А. Львов. – М. : Высшая школа, 1991. – 192 с.

23. Истомин, Е.П. Методы теории вероятностей и математической статистики в моделировании транспортных процессов / Е.П.Истомин, Т.П.Кныш, А.П.Нырков, А.Р.Шкадова. – СПб.: СПГУВК, 1999. – 168 с.
24. Карпов, Ю.Н. Имитационное моделирование систем / Ю. Карпов. – С-Пб. : БХВ- Петербург, 2005. – 400 с.
25. Кобелев, Н.Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических систем / Н.Б. Кобелев. – М. : Дело, 2003. – 336 с.
26. Комаристый, Е.Н. Информационно-модельный комплекс для исследования рынка гражданских авиаперевозок / Е.Н.Комаристый. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2006. – 144 с.
27. Костормина, Е.В. Управление экономикой авиакомпании / Е.В.Костормина. – М.: «Авиабизнес», 2007. – 410 с.
28. Коршунов, Ю.И. Техническая кибернетика (2-е издание). М.: Высшая школа, 1989. – 380 с.
29. Крыжановский, Г.А. Управление транспортными системами. Ч. I, II, III/ Г.А.Крыжановский, В.В.Шашкин. С-Пб.: Международная Академия транспорта, 1998. – 163 с.
30. Куклев, Е.А. Методы математического моделирования систем /Е.А. Куклев.-СПб.: Издательство Академии Гражданской Авиации, 1998.-116 с.
31. Лавлок, К. Маркетинг услуг: персонал, технология, стратегия / Кристофер Лавлок; под ред. О.И. Медведь, Н.В. Шульпиной; пер. с англ. Т.В. Безвенюк, О.И. Медведь, Н.Е. Метоль, А.И. Мороза, К.Д. Сафоновой, Н.В. Шульпиной. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2005. – 1008 с.
32. Ломов, Б.Ф. Математика и психология в изучении процессов принятия решений / Б.Ф. Ломов; // Нормативные и дескриптивные модели принятия решений. По материалам сов.-амер. семинара [28 марта – 4 апр. 1979 г. Тбилиси. Сб. статей]. АН СССР. - М.: Наука, 1981. – 350 с.
33. Маклаков, С.В. Моделирование бизнес-процессов с AllFusion Process Modeler(BPwin4.1)/ С.В. Маклаков. - М. : Диалог-МИФИ, 2004. – 236 с.

34. Масюк, Н.Н. Компьютерное моделирование коммерческих организаций / Н.Н.Масюк. – Иваново: ИГТА, 2001. – 144 с.
35. Межох, З.П. Экономико-математическое моделирование транспортных процессов / З.П. Межох. – М.: МИИТ, 1999. – 60 с.
36. Москаленко, А.И. Оптимальное управление моделями экономической динамики / А.И.Москаленко. – Новосибирск: Наука, 1999. – 185 с.
37. Мур, Джеффри Х. Экономическое моделирование в Microsoft Excel /Джеффри Х. Мур, Ларри Р. Уэдерфорд; под ред. А.А. Минько; пер. с англ. Р.Г. Имамутдиновой. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2005. – 1015 с.
38. Нейлор, Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем / Томас Нейлор. – М. : Мир, 1975. – 500 с.
39. Неймарк, Ю.И. Динамические модели теории управления / И.Ю. Неймарк, Н.Я. Коган, В.П. Савельев. – М. : Наука, 1985. – 400 с.
40. Обсоров, П.П. Нетрадиционное моделирование экономических процессов и их механизмов / П.П.Обсоров. – М.: ИНИ ОН РАН, 1998. – 150 с.
41. Охорзин, В.А. Оптимизация экономических систем / В.А. Охорзин. – М. : Финансы и статистика, 2005. – 144 с.
42. О'Лири ERP системы. Современное планирование и управление ресурсами предприятия: выбор, внедрение, эксплуатация / Дэниел О' Лири; под ред. С.Б. Аврина; пер. с англ. Ю.И. Водяновой. – М. : Вершина, 2004. – 272 с.
43. Поносов, Ю.К. Моделирование развития транспортной системы России / Ю.К. Поносов, С.А.Савушкин. – М.: ВИНТИ РАН, 2002. – 112 с.
44. Репина, О.В. Стохастические модели рынка транспортных услуг / О.В. Репина, А.Н. Мелетиев. - М. : ТЕИС : МГУ, 2003. – 199 с.
45. Сеславина, Е.А. Математическое моделирование экономических процессов на транспорте / Е.А. Сеславина. – М.: РГОТУПС, 2006.– 105 с.
46. Федина, Т.В. Научно-методические основы формирования организационных структур управления транспортом / Т.В. Федина , П.В. Метелкин. - М. : ГУУ, 2000. - 64 с.

47. Форрестер, Дж. Основы кибернетики предприятия: индустриальная динамика / Джей Форрестер; под общ. ред. Д.М. Гвишиани; пер. с англ. Л.А. Балыкова, Л.Е. Балясного, А.И. Гоман, В.Ю. Невраева, Н.А. Палатникова, В.Э. Рексина. – М. : Издательство «Прогресс», 1971.–339 с.
48. Цисарь, И.Ф. Компьютерное моделирование экономики / И.Ф. Цесарь, В.Г. Нейман. – М.: «Издательство Диалог», МИФИ, 2008. – 364 с.
49. Шеер, Август-Вильгельм Моделирование бизнес-процессов / Август-Вильгельм Шеер; под ред. А.И. Громова; пер. с англ. М.С. Каменнова.- М. : Весть-Мета Технология, 2000. – 173 с.
50. Шенон, Р. Имитационное моделирование систем: искусство и наука / Р. Шенон. – М. Мир, 1978. – 417 с.
51. Шеремет, Н.М. Управление результатами транспортного производства / Н.М.Шеремет. – М.: МИИТ, 2005. – 174 с.
52. Шикин, Е.В. Математические методы и модели в управлении / Е.В. Шикин, А.Г. Чхартишвили. – М. : Дело, 2000. – 431 с.
53. Зайцев, Е. Н. Разработка методологии синтеза комплексной системы управления смешанными перевозками с целью повышения эффективности транспортно-логистических систем при неопределенности факторов их взаимодействия : автореф. дис. на соиск. учен.степ. д-ра техн. наук / Е. Н.Зайцев.- СПб.: Гос. ун-т гражд. авиации, 2006. - 35 с.
54. Маслаков, В.П. Методы совершенствования системы управления авиатранспортного предприятия гражданской авиации : автореферат диссертации на соискание ученой степени д.т.н. / В.П. Маслаков. – СПб.: ОЛАГА, 2004. - 46 с.
55. Сергеев, Д.И. Оптимизация и управление парком воздушных судов на основе показателя эксплуатационной надежности / Автореферат диссерт. на соиск. уч. степени канд. техн. наук, спец. 05.22.14 – эксплуатация воздушного транспорта. – Оренбург – Санкт-Петербург: ОГУ – Академия ГА, 2002, - 173с. (-18с.)

56. Авиакомпания ТРАНСАЭРО // [Электронный ресурс] // - Режим доступа:  
<http://www.transaero.ru>
57. Аэрофлот российские авиалинии // [Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
<http://www.aeroflot.ru>
58. Неймарк, М.С. Управление эффективностью применения самолетов в авиакомпаниях с помощью имитационной модели/ М.С. Неймарк, Л.Г. Цессарский, Н.В. Охапкин.// [Электронный ресурс].- Режим доступа:  
<http://www.gpss.ru/immod'03/065.html>
59. ОАО «Авиакомпания «Сибирь» («S7»): инвестиционный меморандум // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mmbank.ru>
60. ОАО «Авиакомпания ЮТэйр»: фондовый центр компании «Уником Партнер» // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.stockbroker.ru>
61. Свободная энциклопедия: Википедия // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ru.wikipedia.org>
62. Чибирев, Е. О текущем состоянии авиаперевозок в России: по материалам выступления Чибирева Е.Е. на 66-ом заседании правления АЭВТ 03.07.2008 / Е.Е. Чибирев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.avia.ru>
63. Елисов, Л.Н. Квалиметрическая модель управления производственными процессами авиапредприятия / Л.Н.Елисов, Н.В.Налобин. – М.: Научный вестник МГТУ ГА №40, 2001. – 108-105 с.
64. Портников, Б.А. Концепция моделирования и оптимизации бизнес-процессов/ Б.А. Портников, Н.З. Султанов. – Оренбург: Вестник ОГУ №3 /2003. – 59-67 с.
65. Портников, Б.А. Постановка задачи оптимизации парка воздушных судов авиапредприятия в рамках исследования авиационной специализированной системы/ Б.А. Портников. – Оренбург: Вестник ОГУ №5 /2006. – 125-129 с.
66. Портников, Б.А. Концепции оптимизации размерности и структуры парка воздушных судов авиапредприятия / Б.А. Портников. – Оренбург: Вестник ОГУ №4 /2007. – 158-162 с.

67. Сухов, С.В. Модель управления предприятием/ С.В. Сухов- М.: Менеджмент в России и за рубежом. №6 / 2002. – 37-43 с.
68. Доклад Министра транспорта Российской Федерации И.Е. Левитина на расширенном заседании коллегии Минтранса России «О состоянии и перспективах развития гражданской авиации в Российской Федерации» 11 октября 2006 года.
69. Доклад руководителя ФАВТ Е.В. Бачурина «Перспективы развития авиаперевозок и парка воздушных судов авиакомпаний Российской Федерации», 10 октября 2007 года.
70. Доклад руководителя Росавиации Г.К. Курзенкова на расширенном заседании коллегии федерального агентства воздушного транспорта по итогам работы за 2008 год и планам на 2009 год 5 марта 2009 года.
71. Craig Covault As planes go up, cost com down / Aviation Week and Space Technology. - № 22, 2005. – 56 с.