

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)»**

На правах рукописи

АРИФУЛЛИН ИЛЬЯ ВЛАДИМИРОВИЧ

**МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИИ ПОСТАВОК ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ
ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ,
ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ В АЭРОПОРТАХ**

Специальность: **05.22.10** – Эксплуатация автомобильного транспорта

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор экономических наук, профессор
Некрасов Алексей Германович

Москва – 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ИНДЕНТИФИКАТОРОВ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТИРУЕМОЙ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КАК СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ.....	12
1.1 Номенклатура, количественный состав и технические характеристики парка специальных автомобилей в аэропортах	12
1.2 Основные тенденции развития парка специальных автомобилей в аэропортах г. Москвы.....	19
1.3 Определение потребности в запасных частях специальных автомобилей, эксплуатирующихся в аэропортах.....	25
1.4. Анализ систем поддержки жизненного цикла специальных автомобилей....	34
Выводы по первой главе.....	44
2. ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОСТАВОК ЗАПЧАСТЕЙ ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ В АЭРОПОРТАХ	47
2.1 Структура СМО поставок запасных частей	47
2.2 Подсистема формирования запасов запасных частей	53
2.3 Подсистема определения потребности в запасных частях	61
2.4 Разработка технологического графа в рамках сформированной организационной структуры СМО	65
2.5 Концепция и принципы построения единого центра поставок для оптимизации процесса доставки запасных частей.....	73
Выводы по второй главе	83
3. МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИИ ПОСТАВОК ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ В АЭРОПОРТАХ	85
3.1 Организация работы автомобилей по доставке запасных частей	85
3.2 Алгоритм оптимизации затрат при перевозке запасных частей для специальных автомобилей, эксплуатирующихся в аэропортах.....	89

3.3 Управление закупками запасных частей	94
Выводы по третьей главе.....	101
4 АПРОБАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОСТАВКАМИ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ	103
4.1 Структура интегрированной логистической поддержки ТЛС	103
4.2 Экспериментальные исследования.....	109
4.3 Анализ результатов апробации имитационной модели поставок запасных частей.....	113
4.4 Экономическая эффективность при реализации транспортно-логистической системы управления поставками запасных частей.....	119
Выводы по четвёртой главе.....	122
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	124
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	127

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ИНДЕНТИФИКАТОРОВ

- АТП – автотранспортное предприятие
- БП – бизнес проект
- ВПП – взлётно-посадочная полоса
- ВПО – взлётно-посадочная операция
- ЕЦП – единый центр поставок
- ИЛП – интегрированная логистическая поддержка
- ИМ – имитационная модель
- КР – капитальный ремонт
- МАУ – Московский авиационный узел
- САТС – специальное автотранспортное средство
- СМО – система массового обслуживания
- ТО – техническое обслуживание
- ТО и Р – техническое обслуживание и ремонт
- ТР – текущий ремонт
- ЖЦ – жизненный цикл
- ТМО – теория массового обслуживания
- ТЭА – техническая эксплуатация автомобилей
- ТЛС – транспортно-логистическая система
- ИТЛС – интегрированная транспортно-логистическая система
- ДМЕ – аэропорт Домодедово
- ISP (Integrated Service Provider) – предприятие, выполняющее обслуживание в сфере логистики: складские услуги, транспортировка и другие виды работ.
- SVO – аэропорт Шереметьево
- VKO – аэропорт Внуково

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Проблема эффективной организации процесса доставки запасных частей для специальной автомобильной техники аэропортов, а соответственно, обеспечение её должным сервисным обслуживанием являются одной из приоритетных задач для любого аэропорта в РФ. По мере морального и технического износа автомобилей специального назначения в аэропортах, произведенных многие годы назад, возникает потребность в обновлении парка, в том числе и автомобилями иностранного производства. Это приводит к необходимости обеспечения разномарочной техники оригинальными агрегатами, запасными частями и комплектующими, которые можно заказать только в специализированных центрах или у дилеров фирм-производителей, расположенных, как правило, за пределами РФ. Практика обеспечения запасными частями специальных автомобилей отечественного производства для аэропортов, произведёнными в советский период, показывает, что они уже исчерпали свой ресурс и нуждаются в замене. При этом проблему обеспечения специальных автомобилей запасными частями для поддержания их работоспособного состояния, необходимо рассматривать не только с точки зрения экономической эффективности, но и с точки зрения обеспечения безопасности авиационных перевозок. В результате приведения государственных технических нормативов в соответствие с международными стандартами возникают сложности с сертификацией организаций, производящих наземную технику для аэропортов. Поэтому эксплуатирующие организации, как правило, используют технику иностранного производства (техника в среднем эксплуатируется 10-20 лет). Интенсивная эксплуатация специальных автомобилей, зачастую с нарушением действующих регламентов, требует построения для них эффективной системы обеспечения запасными частями. Обслуживание зарубежной техники предъявляет высокие требования к качеству запасных частей и комплектующих, а также к квалификации персонала. На современном рынке специальных автомобилей

представлены европейские, американские и китайские производители. Стоимость европейской техники формируется в зависимости от заложенного в нее ресурса эксплуатации, следовательно, изначально она дороже по сравнению с аналогами, так как у неё больший гарантийный период эксплуатации, а затраты на эксплуатацию значительно ниже. Но при этом важным критерием является своевременное обеспечение её запасными частями и агрегатами. Более того, в связи с переводом наземной техники аэропортов на технику зарубежного производства, возрастает необходимость в качественном сервисе по доставке запасных частей, связанная с изменениями в логистических цепях поставок.

Обслуживанием автомобилей специального назначения аэропортов занимаются дилерские центры производителей или, в редких случаях, сами производители. Дилерским центрам невозможно выстроить работу по примеру автомобильной промышленности, использующей торгово-сервисные комплексы с плановой закупкой и доставкой запасных частей и комплектующих. Сложность востребованных практикой задач эксплуатации САТС представляет собой проблему, требующую решения не на инженерном уровне, а приложения новых научных знаний. Такие знания, в частности, в настоящем диссертационном исследовании должны быть обеспечены разработкой соответствующих методик системной организации и управления работой САТС. При этом любой парк автомобилей постоянно нуждается в логистической поддержке и централизованной организации доставки запасных частей с полной номенклатурой деталей. Отсутствие таких научно обоснованных методических средств решения данной проблемы приводит к высоким затратам на техническое обслуживание и ремонт специальных автомобилей в аэропортах, связанным с непроизводительными простоями этой техники и значительными издержками по доставке запасных частей.

Можно найти множество альтернатив для замещения существующих систем доставки запчастей для специальных автомобилей, эксплуатирующихся в аэропортах, если обеспечить учет многообразия типов данных САТС, каждый из которых требует индивидуального подхода, как в предполагаемой локализации,

так и в развитии международной кооперации при организации процесса доставки запасных частей и расходных материалов.

Решение проблемы возможно, путем разработки системной методики, как совокупности решений обоснованного множества частных задач, связанных общей целью – организацией интегрированной транспортно-логистической системы (ИТЛС), которая была бы способна обеспечить координацию поставщиков автомобильной техники специального назначения (дилерские центры) и конечных потребителей (специализированные службы аэропортов), с целью сокращения времени и издержек при транспортировке запасных частей, обеспечения бесперебойности работы аэропортов и в конечном счете безопасности автомобильной техники и полетов. Оптимизирующим параметром методики организации поставок запасных частей для специальных автомобилей, эксплуатирующихся в аэропортах, являются затраты на перевозку запасных частей, которые определяются количеством привлекаемого для перевозок подвижного состава.

Степень разработанности темы исследования. Значительный научный вклад по сформулированной теме исследования внесли такие авторы как: Л.Л.Афанасьев, И.И.Батищев, В.М.Беляев, Л.А.Бронштейн, В.Д. Волков, В.В.Донченко, В.В.Дыбская, А.В.Комаров, В.А.Корчагин, В.С.Лукинский, С.В.Милославская, Л.Б.Миротин, А.Г. Некрасов, С.М.Резер, В.И.Сарбаев, Н.А.Троицкая, С.С.Ушаков, Г.В.Фролов, Н.С.Цурков, А.А.Чеботаев, И.Ансофф, Джонсон Дж.С., Э.Мате и др. Научные работы этих авторов послужили основой для новизны, поставленных задач исследования, анализа и оценки эффективности организации работы разрабатываемого транспортного комплекса по поставке запасных частей.

В исследованиях перечисленных авторов рассматриваются математические модели систем управления запасами, детализируются концепции «точно в срок» и «логистика быстрого реагирования», однако, специфические вопросы исследования организации централизованного подхода к решению задачи

обеспечения нескольких аэропортов материальными ресурсами из единого центра поставок (ЕЦП) не были решены.

Разработка системной методике, как совокупности решений обоснованного множества частных задач, связанных общей целью – организацией интегрированной транспортно-логистической системы (ИТЛС), которая была бы способна обеспечить координацию поставщиков автомобильной техники специального назначения (дилерские центры) и конечных потребителей (специализированные службы аэропортов), с целью сокращения времени и издержек при транспортировке запасных частей, повысила бы эффективность работы служб технической эксплуатации САТС аэропортов и, в конечном счете, безопасность авиаперевозок.

Цель исследования – разработка методике организации поставок запасных частей для специальных автомобилей, эксплуатирующихся в аэропортах, обеспечивающей возможность оптимизации количества автомобилей, привлекаемых для перевозки по критерию минимум затрат.

Задачи исследования:

– обосновать концепцию ИТЛС, обуславливающую оптимизацию поставок запасных частей САТС, эксплуатирующихся в аэропортах Московского авиационного узла (МАУ).

– разработать структуру функциональных элементов и межэлементных связей в ИТЛС поставок запасных частей, как систему массового обслуживания (СМО) в рамках имитационной модели (ИМ).

– разработать алгоритм, имитирующий работу элементов проектируемой СМО и их межэлементных связей, с учётом воздействия случайных факторов (ресурсных колебаний, внешних воздействий и т.д.).

– определить оптимальное количество привлекаемого тоннажа автомобилей для реализации программы по хранению запасных частей и выполнению производственной программы по перевозкам, при котором достигаются минимальные суммарные затраты.

– разработать методику организации поставок запасных частей для специальных автомобилей, эксплуатирующихся в аэропортах, обобщающую решение приведенных выше частных задач, функционально связанных между собой общей целью.

Объект исследования – транспортно-логистическая система поставок запасных частей для специальных автомобилей, эксплуатирующихся в аэропортах.

Предмет исследования – методика организации поставок запасных частей, обеспечивающая процесс технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) специальных автомобилей, эксплуатирующихся в аэропортах.

Научная новизна исследования заключается в достижении следующих конкретных результатов:

1. Разработан моделирующий алгоритм принятия управленческих решений в ИТЛС поставок запасных частей для специальных автомобилей, эксплуатирующихся в аэропортах, т.е. формализованное логико-математическое описание системы управления, в соответствии с поставленными задачами и уровнем детализации.

2. Разработана структура СМО в рамках имитационной модели, позволяющая собирать статистику по всем типам информационных блоков, включая очереди и каналы поставок, сокращающей время необходимое для реализации полного цикла поставок запасных частей для САТС МАУ.

3. Разработана методика организации поставок запасных частей для специальных автомобилей, эксплуатирующихся в аэропортах, из ЕЦП, обеспечивающая определение оптимального значения тоннажа автомобилей необходимого для реализации программы по хранению запасных частей и производственной программы по их перевозкам, т.е. методика, представляющая собой совокупность решений, перечисленных выше частных задач, и обеспечивающая достижение основной цели диссертационного исследования.

4. Разработана математическая модель определения оптимального количества автомобилей необходимых для перевозок запасных частей, при

реализуемых значениях полного цикла работы и количества каналов в СМО, позволяющая осуществить количественную оценку работы ИТЛС по критерию минимум затрат.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в ориентации на практику применения разработанных моделей и методик при осуществлении операций и процессов, связанных с обслуживанием специальных автомобилей, эксплуатирующихся в аэропортах, за счет своевременной поставки запасных частей и комплектующих, для осуществления ТО и Р.

Методология и методы исследования основываются на системном анализе, теории управления запасами, теории случайных процессов, имитационного моделирования, статистических методов и методов разведочного анализа данных, сетей массового обслуживания и других методов многомерного анализа.

Положения, выносимые на защиту:

– функциональная структура интегрированной транспортно-логистической системы организации поставок запасных частей для специальных автомобилей, эксплуатирующихся в аэропортах.

– имитационная модель механизма принятия управленческих решений в транспортно-логистической системе поставок запасных частей.

– математическая модель определения оптимального количества автомобилей, необходимых для перевозок запасных частей, по критерию минимум затрат.

– методика организации поставок запасных частей для специальных автомобилей, эксплуатирующихся в аэропортах из ЕЦП.

– экспериментально полученные зависимости времени полного цикла поставок запасных частей от параметров применяемой СМО.

– зависимости удельных технико-эксплуатационных и экономических показателей работы автомобилей, привлекаемых для реализации производственных программ по перевозкам и хранению запасных частей на ЕЦП.

Личный вклад автора. Все основные идеи, положенные в основу методики организации поставок запасных частей для специальных автомобилей, эксплуатирующихся в аэропортах, из ЕЦП принадлежат автору.

Степень достоверности результатов исследования подтверждается теоретическими и экспериментальными исследованиями, а именно: эффективным использованием современного математического аппарата, методов системного анализа и методологии решения оптимизационных задач; отсутствием противоречий с данными, полученными ранее в исследованиях другими авторами по данной тематике; публикациями автора в изданиях, рецензируемых ВАК РФ.

Апробация работы. Результаты исследования доложены, обсуждены и одобрены на: 70-ой...75-ой научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ, г. Москва (2012...2017 гг.); заседаниях кафедры «Менеджмент» МАДИ (2012...2017 гг.).

Результаты исследования используются в учебном процессе МАДИ при реализации практических и лабораторных занятий по дисциплинам «Проектирование поставок и контроллинг», «Мультимодальные транспортные системы». Разработанная методика организации поставок запасных частей для специальных автомобилей, эксплуатирующихся в аэропортах, используется в ряде организаций транспортного комплекса: ЗАО НПО «Авиаисток», ЗАО «КВИНТМАДИ». Организациями представлены акты о внедрении научных результатов.

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано восемь работ, 7 из них в изданиях, включенных в перечень рецензируемых научных изданий ВАК РФ для опубликования основных научных результатов диссертаций. Общий объем работ составляет 3,5 печатных листа.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Общий объем составляет 140 страниц машинописного текста, включающего 42 рисунка и 9 таблиц. Библиография содержит 152 наименования, в том числе 15 источников на иностранном языке.

1 КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТИРУЕМОЙ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КАК СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

1.1 Номенклатура, количественный состав и технические характеристики парка специальных автомобилей в аэропортах

Современная экономика не может обойтись без транспорта и транспортных услуг. Наиболее популярным и незаменимым в отдельных отраслях до сих пор является воздушный транспорт. Спрос на авиационные перевозки всегда был высоким, а в настоящее время темпы его роста увеличиваются с беспрецедентной скоростью. По прогнозу в ближайшее время темп роста спроса на авиационные перевозки составит приблизительно 4% в год. Этот показатель к 2020 году удвоит количество пассажиров в аэропортах (от 4,2 до 7,4 млрд. человек в год). В действительности, рост будет ограничен различными проблемами, включая проблему обеспеченности аэропортов необходимым количеством специальной наземной техники. Неудовлетворительное состояние обслуживания аэропортов наземными службами обеспечения полётов может привести к увеличению количества отложенных рейсов. С другой стороны, постоянная и надежная работа всех служб аэропортов не только в нашей стране, но и по всему миру, даёт возможность осуществлять непрерывную транспортировку грузов и перевозку пассажиров.

Для надежной работы аэропорта, готовности самолетов к вылету и содержания взлетно-посадочных полос в надлежащем состоянии, существует целый парк наземной техники – автомобилей специального назначения, который включен в работу всего авиационного предприятия в целом.

Одной из важнейших задач обеспечения работоспособности специальных автомобилей в аэропортах является – управление поставками агрегатов, запасных частей и расходных материалов. Решение данной задачи постоянно нуждается в логистической поддержке и централизованной организации поставок запасных частей для всего парка с полной номенклатурой деталей [22, 72]. В настоящее

время можно найти множество предлагаемых альтернатив транспортно-технологических систем поставки запасных частей с учётом оценки жизненного цикла аэродромной наземной техники [17,18, 58].

Проанализируем основные виды деятельности и состав парка наземной техники в исследуемом сегменте МАУ. В международных аэропортах МАУ аэродромная наземная техника работает в следующих направлениях:

1. Техническое обслуживание самолетов.
2. Коммерческое обслуживание самолетов.
3. Содержание аэродромов.
4. Обслуживание пассажиров.
5. Специальное обслуживание.

Каждое из вышеперечисленных направлений занимает особое место в обеспечении безопасной и бесперебойной работы любого аэропорта, а значит проведение качественного и своевременного обслуживания (ТО, ТР, КР) специальных автомобилей аэропортов является важной задачей в системе обеспечения работоспособности МАУ [69-71].

Приведём типы специальных автомобилей по основным направлениям их деятельности:

1. Обслуживание самолетов:
 - аэродромные тягачи (безводильные, водильные);
 - водозаправочные машины;
 - воздухозаправочные машины;
 - машины для обработки санузлов;
 - источники наземного питания;
 - преобразователи, кондиционеры;
 - обогреватели;
 - противообледенительные машины (деэйсеры);
 - кейтеринговые автолифты;
 - топливозаправщики;
 - сервиссеры.

2. Обслуживание пассажиров и грузов (коммерческое обслуживание):

- ленточные перегружатели;
- транспортеры контейнеров;
- самоходные трапы;
- прицепные трапы;
- амбулаторные лифты;
- перегружатели контейнеров и паллет;
- перронные автобусы;

3. Содержание аэродрома:

- щеточно-продувочные машины;
- фрезно-роторные снегоочистители;
- вакуумные подметально-уборочные машины;
- распределители твердых и жидких реагентов;
- оборудование для измерения коэффициента сцепления;
- различное навесное оборудование;
- машины для ремонта аэродромных покрытий [14].

4. Специальное обслуживание:

- пожарная техника;
- коммунальные машины для прилегающей территории;
- поливомоечные машины;
- газонокосилки;
- монтажные лифты.

Автором исследования приведена количественная статистика наземной техники, эксплуатируемой в международных аэропортах МАУ, по состоянию на 01.09.2016 г. (рис. 1.1 ... 1.4). Количественный состав наземной техники по типам с учётом концепции развития до 2022 года приведён в табл. 1.4.

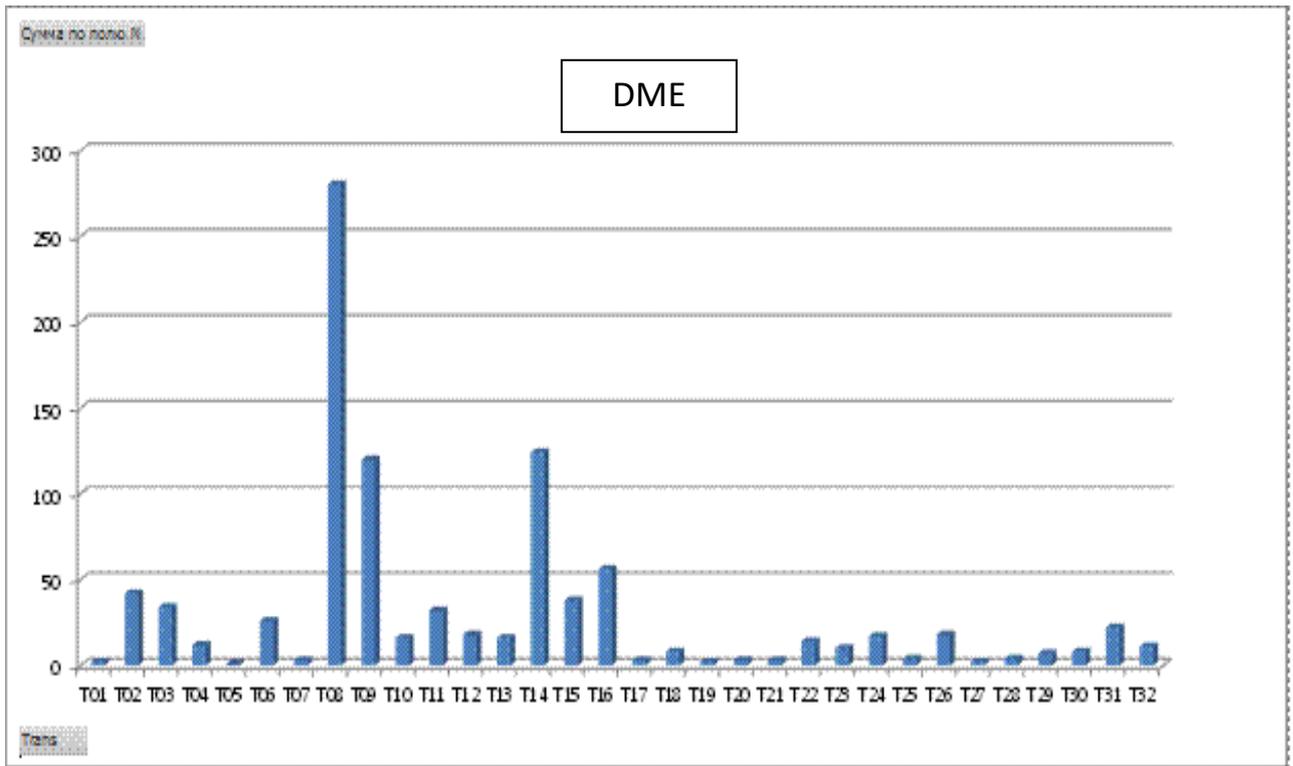


Рисунок 1.1 - Парк наземной техники аэропорта Домодедово на 01.09.2016 г.

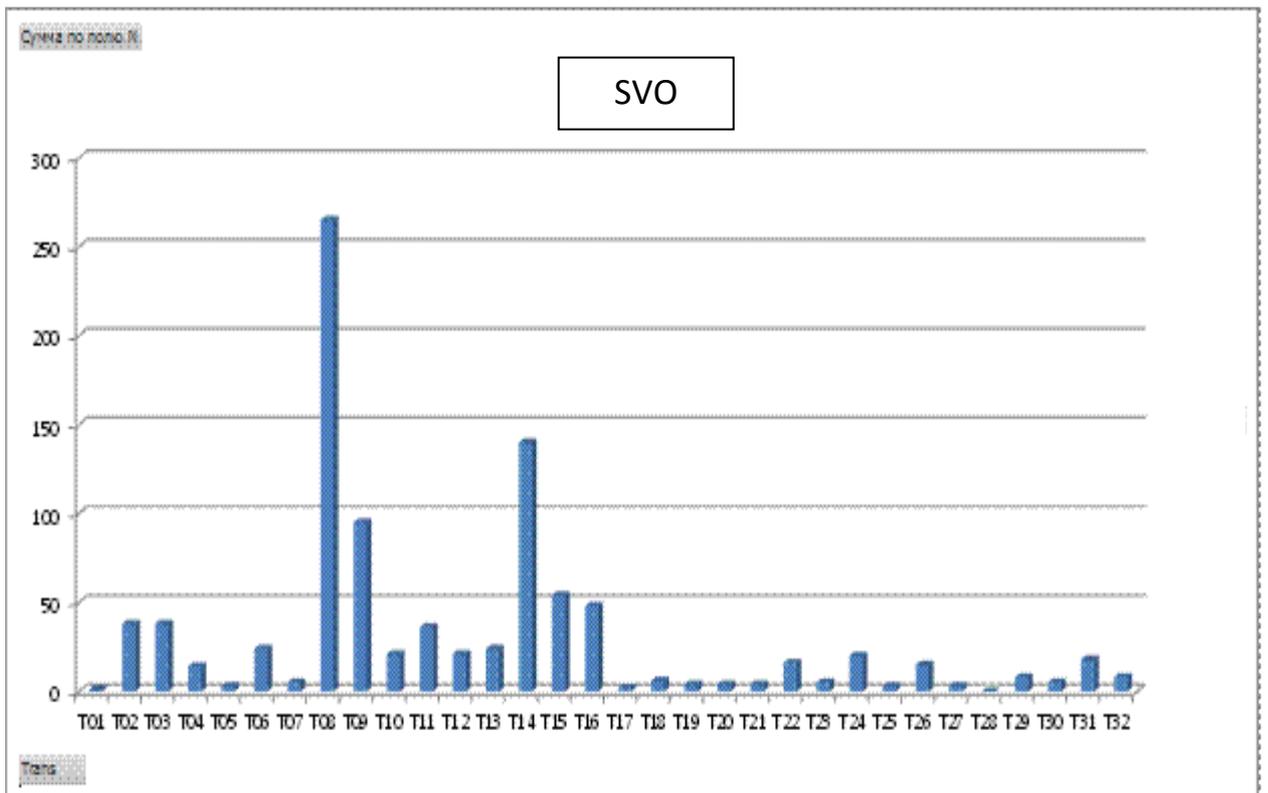


Рисунок 1.2 - Парк наземной техники аэропорта Шереметьево на 01.09.2016 г.

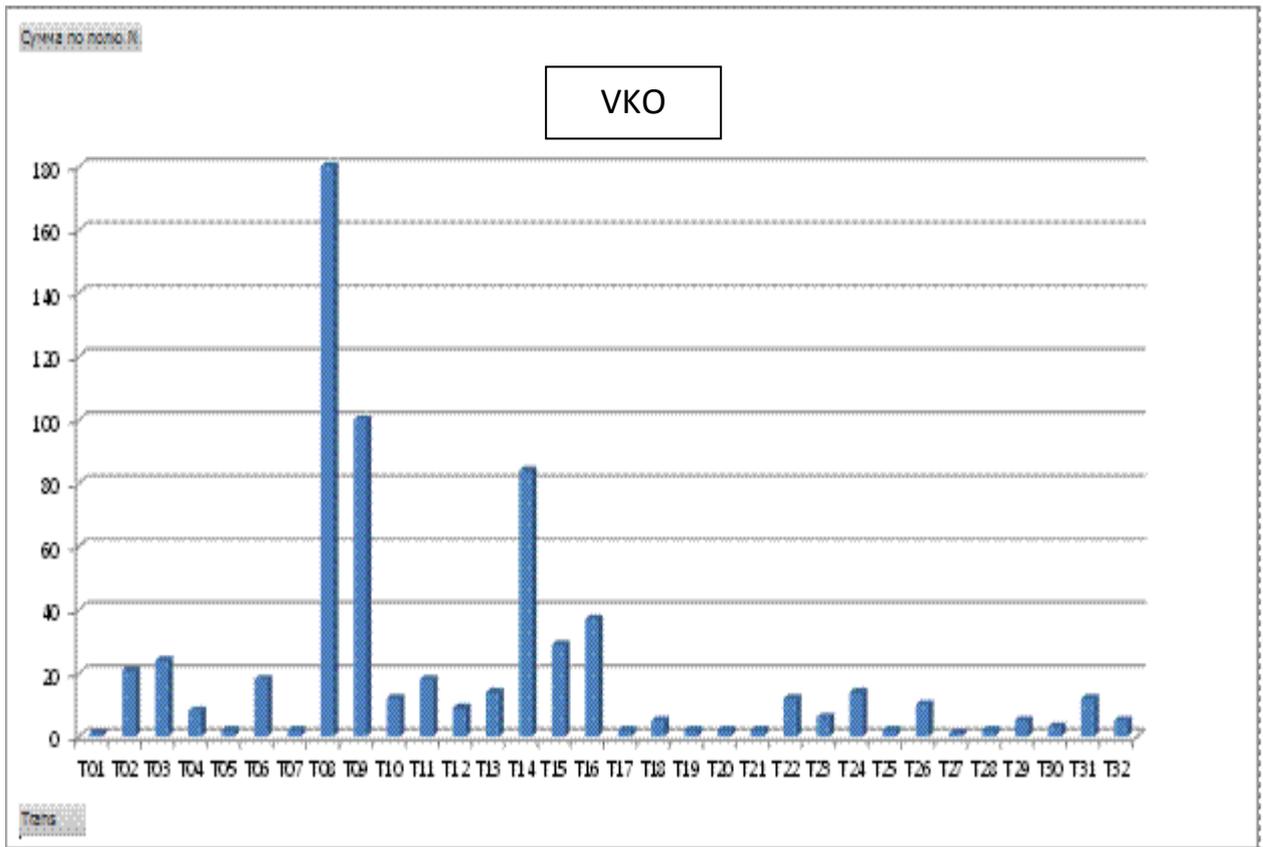


Рисунок 1.3 - Парк наземной техники аэропорта Внуково на 01.09.2016 г.

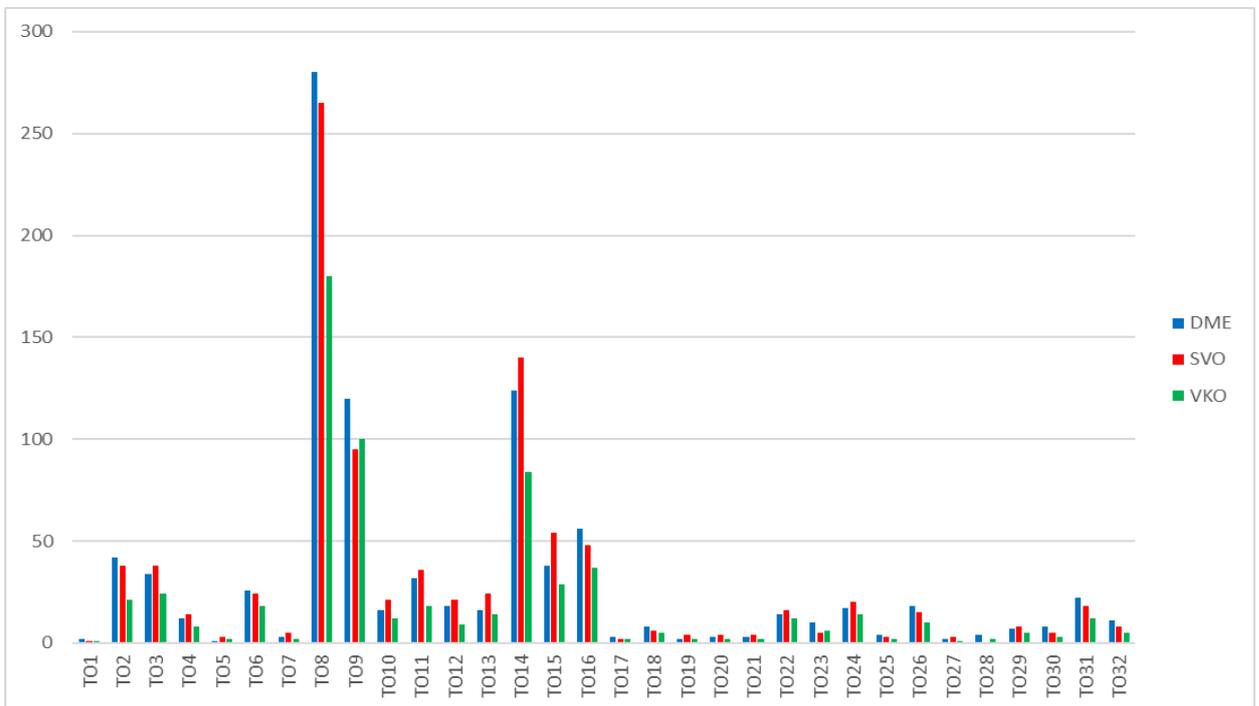


Рисунок 1.4 – Диаграмма, отражающая количество САТС, эксплуатируемых в международных аэропортах МАУ на 01.09.2016 г: ТО – технический объект САТС, DME – аэропорт Домодедово; SVO – аэропорт Шереметьево; VKO – аэропорт Внуково

Исходя из вышеприведенной информации, показано, что по состоянию на 01.09.2016 г. общий парк аэродромной наземной техники международных аэропортов МАУ насчитывает 2546 единиц. На рис.1.5. приведена статистика парка специальных автомобилей, эксплуатируемых в международных аэропортах МАУ.

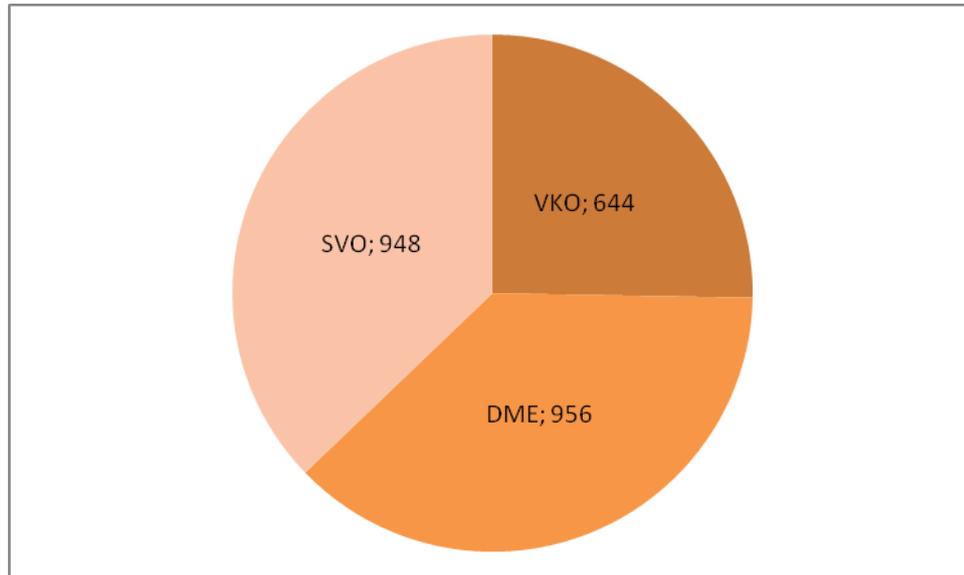


Рисунок 1.5 – Обобщенный парк наземной техники в международных аэропортах МАУ на 01.09.2016 г.

При таком многообразии наземной техники аэропортов необходим индивидуальный подход к каждому виду, как в предполагаемой локализации поставок запчастей и расходных материалов, так и в дальнейшем развитии международной кооперации при организации её материально-технического обслуживания [151]. Специальные автомобили на базе автомобильного шасси или специальные автотранспортные средства (САТС) составляют 90% всего объема от крупной аэродромной наземной техники

Также необходимо провести анализ сравнения применения импортной САТС и отечественного производства в аэропортах МАУ (табл. 1.1). Можно отметить, что в исследуемых аэропортах статистика данных соотношений примерно идентична.

Таблица 1.1 - Соотношение импортных и отечественных специальных автомобилей в аэропортах МАУ

Принадлежность по месту производства	Внуково	Домодедово	Шереметьево	Итого
Импортная (произведена за пределами РФ)	76%	95%	84%	85%
Отечественного производства	24%	5%	16%	15%

Следует отметить, что организационные формы ТО и ремонта автомобилей в последние десятилетия претерпели значительные изменения. Сегодня должны учитывать не только отечественные регламенты ТЭА, но и регламенты фирм-автопроизводителей, чьи автомобили широко эксплуатируются в РФ. Общие принципы ТО и ремонта автомобилей, которые вырабатывает современная практика, приводят к определённым положениям:

1. Разработка основных элементов системы ТО выполняется фирмами-производителями САТС. При этом расширяются сферы производства, изучаются причины отказов, возникающих в процессе работы автомобилей, разрабатываются мероприятия их устраняющие.
2. Автомобили для проведения комплекса работ по ТО и ремонту обычно закрепляются за определённым пунктом-дилером на весь период их эксплуатации.
3. Система ТО должна выполнять следующие функции: обеспечение запасными частями, нормативной документацией, реализация всех объёмов работ по ТО и ТР автомобилей.
4. Фирмы-производители реализуют объёмы работ по ТО и ТР, как по желанию эксплантата, так и в пределах установленного регламента для заданных условий эксплуатации.
5. ТО и ТР выполняется не только в стране, где производятся автомобили, но и в тех странах, где они реализуются.

Перечисленные принципы характеризуют основные направления в развитии методов ТО и ТР автомобилей. Это снижение затрат на ТО и ТР путём унификации комплексов работ по ТО с минимумом необходимого оборудования, а также снижение общего удельного веса работ по ТР, требующих более дорогого оборудования и высококвалифицированных трудовых ресурсов, за счёт проведения ТР агрегатным методом. Применение агрегатного метода снижает трудоёмкость работ по ТР, но требует своевременного (планового) характера обеспечения технологического процесса работ запчастями и расходными материалами. Практика показывает, что значительная доля издержек, в этом случае, приходится на издержки, связанные с доставкой запчастей к месту их потребления. Для специальных автомобилей, эксплуатирующихся в аэропортах, когда запчасти доставляются в большинстве случаев по потребности из за рубежа, формирование транспортно-логистической системы, оптимизирующей данные поставки, приобретает особое значение.

1.2 Основные тенденции развития парка специальных автомобилей в аэропортах г. Москвы

Стоит отметить, что ни один из действующих аэропортов МАУ не входит в состав крупнейших авиапредприятий мира по основным общепринятым критериям, но все 3 основных и рассматриваемых в работе аэропорта являются крупнейшими аэропортами Европы. Наиболее близкими по показателям аэропортов являются такие, как: Цюрих, Копенгаген, Дублин, Вена. Данные о количестве пассажиров и количестве наземной техники в них за 2016 год приведены в табл. 1.2 [150].

В состав московского авиационного узла по состоянию на 2016 год входит 6 действующих аэропортов: Домодедово, Шереметьево, Внуково, Жуковский, Чкаловский и Остафьево.

Таблица 1.2. Количество пассажиров в год и действующее количество наземной техники.

Страна	Аэропорт	Город	Количество пассажиров в год, ед	Количество наземной техники, шт.
 Дания	Аэропорт Каструп	Копенгаген	24,8	970
 Швейцария	Цюрихский аэропорт	Цюрих	23,3	1230
 Ирландия	Дублинский аэропорт	Дублин	19,1	1150
 Австрия	Международный аэропорт Вена-Швехат	Вена	22,8	1250

При рассмотрении транспортно-логистических аспектов поставок запасных частей для аэропортов МАУ, аэропорты Жуковский, Чкаловский и Остафьево не учитывались по причине суммарного пассажирооборота менее 5% от всего московского авиационного узла и смешанными особенностями назначения (научные, испытательные, военные, авиация специального назначения, частные авиационные перевозки).

На сегодняшний день особый характер развития приобретает модернизация трех аэропортов МАУ, происходящая в конкурентной борьбе между ними за пассажира, авиакомпания и, конечно, за бюджетные средства на развитие аэродромного комплекса и всей инфраструктуры в целом [91]. Следовательно, весьма сложной задачей является распределение пассажиропотоков между аэропортами МАУ. В основу распределения пассажиропотоков положены тенденции последних десяти лет работы аэропортов, их удельного веса в общих показателях МАУ, осуществляемое развитие аэропортов. Прогнозирование перевозок в аэропортах, входящих в состав одного авиаузла требует специфического подхода. Основная особенность при прогнозировании развития этих аэропортов – это необходимость рассматривать их не как отдельные объекты, независимые между собой, а как конгломерат, находящийся в конкуренции между отдельными его составляющими. Это обстоятельство предопределяет методы и технологию разработки прогноза развития [81]. Кроме того, необходимо использовать другие методы, позволяющие отразить

конкурентные преимущества того или иного аэропорта в рыночных условиях [16, 21]. Работая в рыночных условиях, аэропорты могут осуществлять перевозки по направлениям, обеспечивающим им максимальный приток пассажиров и грузовой клиентуры, а, следовательно, и прибыль – источник их дальнейшего развития. Это создает возможность пассажиру вылететь в нужном ему направлении из практически любого аэропорта авиаузла, руководствуясь при этом своими предпочтениями в качестве приобретенных новых услуг, доступности транспортной поездки в аэропорт и времени обслуживания, связанного с оформлением его вылета. Прогноз пассажиропотока по аэропортам МАУ приведен в табл. 1.3.

Таблица 1.3 – Анализ и прогноз пассажиропотока по аэропортам МАУ (в млн. чел.) по заключению Росавиации

Год	Внуково	Домодедово	Шереметьево	Итого
2010	8,8	22,3	18,5	49,6
2015	13,1	33,3	27,6	74
2020	17,4	44,3	36,7	98,5
2025	20,7	52,6	43,6	116,9
2030	23,4	59,6	49,4	132,4

Имея прогноз пассажиропотока по аэропортам МАУ, можно выполнить оценку соответствия ему пропускной способности аэропортов, при задействовании всех 6 ВПП в аэропортах МАУ. Графическое построение возможностей аэропортов МАУ, пропускной способности ВПП и их соответствие данным прогноза представлено на рис.1.6. Из графика следует, что уже в 2012 г. в МАУ возникла потребность в новых ВПП. Рост пассажиропотока заставит аэропорты МАУ реализовать все возможности по увеличению эффективности использования имеющихся ВПП. Исходя из того, что аэродромные комплексы аэропортов находятся в государственной (федеральной) собственности, представляется целесообразным рассмотреть состояние существующих ВПП;

потребность в новых ВПП; рациональную очередность строительства равноценных и равно нужных для государства новых взлетно-посадочных полос, а также очередность реконструкции уже существующих полос. В настоящее время и на ближайший период обе ВПП в аэропорту Шереметьево, ВПП-2 в аэропорту Внуково, ВПП-1 в аэропорту Домодедово находятся в эксплуатационном состоянии. ВПП-1 в аэропорту Внуково и ВПП-2 в аэропорту Домодедово требуют реконструкции. [149]

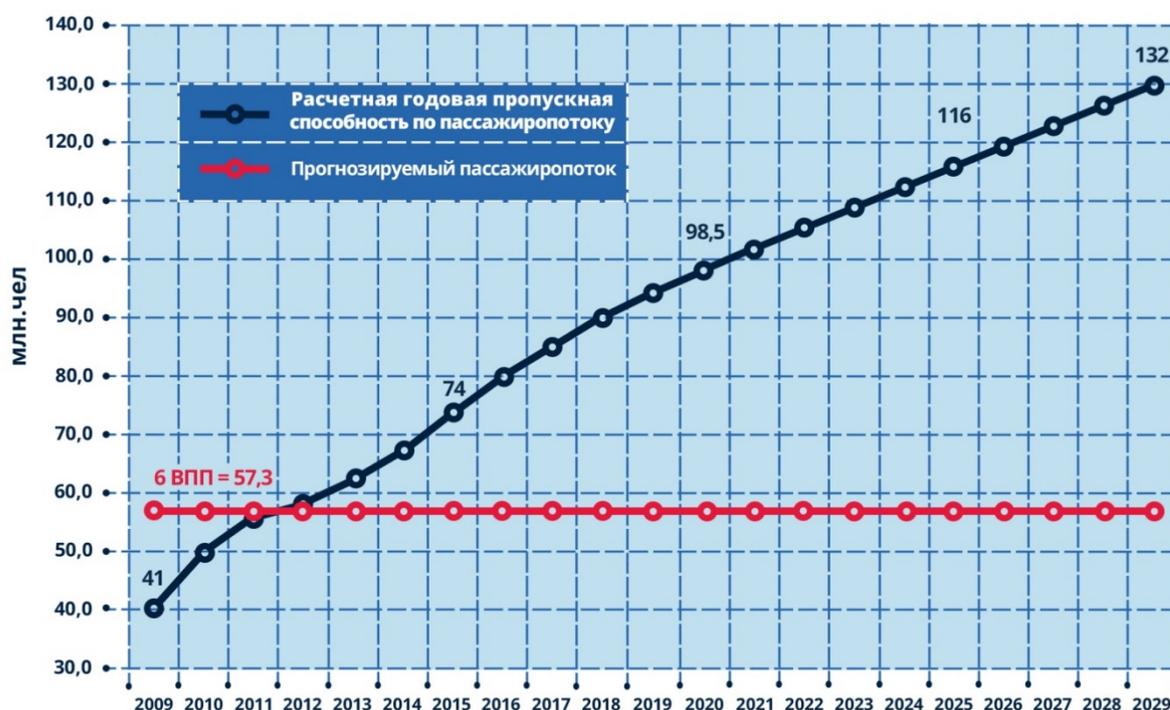


Рисунок 1.6 - Оценка пропускной способности аэропортов МАУ

Рассмотрим возможности и особенности создания новых ВПП в исследуемых аэропортах, с точки зрения развития инфраструктуры и необходимой последующей технической оснащённости.

Аэропорт «Внуково». Участок для третьей независимой ВПП не зарезервирован, застраивается жилыми строениями, в непосредственной близости от аэропорта проходит Киевское шоссе.

Аэропорт «Домодедово». Участок под третью независимую ВПП и под дальнейшее перспективное развитие зарезервирован (около 12 тыс. га)

постановлением Правительства Московской области от 15.11.2005 г. № 818/46 в редакции постановления от 02.10.2008 г. №803/41

Аэропорт «Шереметьево». Участок под третью независимую ВПП (436 га) зарезервирован постановлением Правительства Московской области от 15.11.2005 г. №817/45.

При разработке прогноза приняты следующие допущения:

- глубина прогноза 2010...2040 гг.;
- допущения по среднему количеству пассажиров на одном рейсе.

Базовые значения количества пассажиров на одном рейсе в 2014 году приняты на основе статистики аэропортов за 2013 год и текущим операционным показателям: для Домодедово -105 пассажиров на рейс; для Шереметьево -100 пассажиров на рейс; для Внуково - 60 пассажиров на рейс.

Принято, что при удвоении пассажиропотока среднее количество пассажиров на одном рейсе увеличивается на 9%, а коэффициент неравномерности (K_n) уменьшается на 7%. Расчет построен на основании «Прогноза объема перевозок и интенсивности движения ВС» представленном ФГУП ГПИ и НИИ ГА «Аэропроект» при выполнении проекта «Реконструкция и развитие аэропорта Домодедово». Объекты федеральной собственности. Первая и вторая очередь строительства. I этап строительства»: пропускная способность ВПП-3 в Шереметьево ~ 36 ВПО/час; пропускная способность ВПП-2 в Домодедово ~ 22 ВПО/час (~70% от номинальной) вследствие ограничений, которые возникнут при строительстве в непосредственной близости от действующей ВПП [152].

Вся инфраструктура аэропорта должна соответствовать инфраструктуре аэродрома и развиваться синхронно и бездефицитно. Службами аэропорта производится планирование собственных ресурсов на базе основного показателя – пассажиропотока. От этого напрямую зависит и состав парка аэродромной наземной техники. Концепция развития каждого парка наземной техники (на примере аэродромных машин класса содержания искусственных покрытий в зимнее время) по трем аэропортам МАУ приведены в табл.1.4.

Таблица 1.4 - Данные по концепции развития парка техники к 2022 году

№ п/п	Наименование техники	Домодедово	Шереметьево	Внуково
1	Аэродромный кондиционер для наземного обслуживания самолетов	55	50	28
2	Аэродромный электрический преобразователь	45	50	32
3	Аэродромный тягач	16	19	11
4	Воздухозаправщик	2	4	3
5	Воздушный пусковой агрегат	34	32	24
6	Топливозаправщик	4	7	3
7	Заправщик специальными жидкостями	364	345	234
8	Багажная тележка	156	124	130
9	Буксировочные водила	21	28	16
10	Подъемные платформы	42	47	24
11	Ленточные багажные погрузчики	24	28	12
12	Установки для удаления льда (де-айсеры)	21	32	19
13	Автолифты	162	182	110
14	Стремянки для обслуживания самолетов	50	71	38
15	Пассажирские трапы	73	63	49
16	Перронные автобусы	4	3	3
17	Разметочная машина	11	8	7
18	Компактные вакуумные машины	3	6	3
19	Поливомоечные машины	4	6	3
20	Газонокосилки	4	6	3
21	Машины для измерения коэффициента сцепления	19	21	16
22	Пожарные машины	13	7	8
23	Компактные машины	23	26	19
24	Прицепные машины	6	4	3
25	Роторные снегоочистители	24	20	13
26	Трактора плужно-щеточные	3	4	2
27	Автогрейдер	6	0	3
28	Коммунально - уборочные	10	11	7
29	Компактные для стоянок и территории	11	7	4
30	Погрузчики	29	24	16
31	Самосвалы	15	11	7
32	Ручные снегоочистители	55	50	28

Любые расчеты инфраструктуры и технической оснащенности аэропорта начинаются с ключевых показателей, одним из таковых является аэродромная инфраструктура и величина искусственного покрытия, в частности – полос. Общий рост этих показателей в среднесрочной перспективе составит порядка 30%. Соответственно пропорционально вырастет потребность в эксплуатации наземной техники обслуживания аэропортов, в том числе специальных автомобилей [105]. Поэтому, если уже сегодня возникает проблема непроводительных простоев автомобилей из-за отсутствия запчастей, то в дальнейшем она будет усугубляться в геометрической прогрессии.

1.3 Определение потребности в запасных частях специальных автомобилей, эксплуатирующихся в аэропортах

Любой процесс доставки для обеспечения потребности в том или ином виде материальных ценностей связан с взаимодействием поставщиков и потребителей. Моменты потребности в запчастях прихода в основном являются случайными величинами [4,33,41,113]. Поэтому организация рациональных поставок запчастей специальным автомобилям требует учёта случайных вероятностных факторов при определении ежедневного объёма поступлений Π_{τ} – потребности в запасных частях наземной техники аэропортов на этапе эксплуатации.

1.3.1 Анализ надёжности узлов и агрегатов специальных автомобилей, эксплуатирующихся в аэропортах

Рассмотрим статистику отказов комплектующих специальных автомобилей для определения законов распределения вероятностей пробега с момента начала

эксплуатации узла (установка на САТС взамен отказавшей) до момента сбора данных в службе эксплуатации для оценки параметра потока отказов.

При формировании распределения в работе принято допущение о неизменности количества единиц САТС на выбранном отрезке времени, по которому реализуются процедуры построения показателей отказов. При первом рассмотрении сезонная составляющая учитываться не будет. Кроме того, для всех аэропортов МАУ можно считать постоянство параметра потока отказов в достаточно продолжительном отрезке времени, т.е. усредненное число единиц заменены в единицу времени постоянно.

Обозначим пробег до выхода из строя узла через t_f , а пробег от момента установки до момента контроля – t_r . Плотность распределения для t_f будет обозначаться функцией вероятностей $f(t)$, а для t_r – через $p(t)$.

Выберем два временных интервала длиной Δt , - на расстоянии t_1 от момента контроля данных. При этом до момента "0" от точки t_1 будет иметь место $w(t_1) \cdot \Delta t \cdot R(t_1)$ рабочих (не отказавших) узлов. При этом $R(t)$ – функция безотказности будет определяться как

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt. \quad (1.1)$$

Соответственно от момента t_2 до нулевого не будет отказов у $w(t_2) \cdot \Delta t \cdot R(t_2)$ узлов или агрегатов. Принимая во внимание, что имеет место допущение о равенстве $w(t) = w_0$, будем иметь справедливость следующего преобразования

$$f(t) \rightarrow p(t): \rho(t) = \frac{w_0 R(t)}{\int_0^{\infty} w_0 R(t) dt}. \quad (1.2)$$

Интеграл в знаменателе является нормирующим множителем, и данная функция будет удовлетворять свойствам плотности распределения. В результате, полученный закон распределения для работающих узлов по форме представляет

из себя функцию безотказности, что соответствует обратному интегральному закону. Согласно [47, 93] расчеты показали, что математическое ожидание полученной функции $p(t)$ равно

$$M_{ожид}(p) = \frac{\sigma_0 0.5 (M_{ожид}^2(f) + D(f))}{\sigma_0 M_{ожид}(f)} = M_{ожид}(f) \frac{1 + \nu^2}{2}, \quad (1.3)$$

где $D(f)$ представляет дисперсию функции $f(t)$; $M_{ожид}(f)$ - математическое ожидание $f(t)$, а ν - коэффициент вариации.

В результате для экспоненциального распределения исходной случайной величины, определяющей величину пробега до отказа, средние значения будут равны. В то же время, для выбранных случайных величин, у которых коэффициент вариации принимает достаточно малые значения коэффициента вариации (так, для нормального закона распределения коэффициент вариации равен 0,1) значение $M_{ожид}(p)$ будет существенно отличаться от величины $M_{ожид}(f)$. Учитывая, что

$$\int_0^{\infty} R(t) dt = M_{ожид}(f), \quad (1.4)$$

а, соотношение (1.3) может быть представлено в виде

$$p(t) = \frac{R(t)}{M_{ожид}(f)}, \quad (1.5.)$$

Таким образом, собрав в единую таблицу собранные данные по пробегам всех не отказавших узлов и деталей к форме плотности распределения (проведя нормировку) и учитывая, что $R(0)=1$ имеется возможность определения искомой усредненной наработки на отказ выбранного узла наземной техники МАУ.

В рамках решения задачи параметризации моделей отказов в диссертации выполнен предварительный статистический анализ данных по наработке на отказ различных агрегатов и узлов наземной техники [32, 42, 97]. В результате проведенного анализа даны характеристики времен отказов как в зависимости от времени наработки, так и от пробега (табл.1.5.). Выведена средняя закономерность отказов по всем узлам и агрегатам.

Получено, что по основным узлам наработка на отказ по времени хорошо аппроксимируется нормальным распределением. Однако, для наработки на отказ по пробегу более адекватной является логнормальное распределение (рис.1.7.)

Таблица 1.5 - Описательные статистики времени наработки на отказ

	N набл.	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Дисперсия	Стд.откл.	Эксцесс
M	63	24,86	24,00	1,00	79,00	209,67	14,48	2,41
R	54	99,34	72,00	5,00	258,00	4712,08	68,64	-0,33

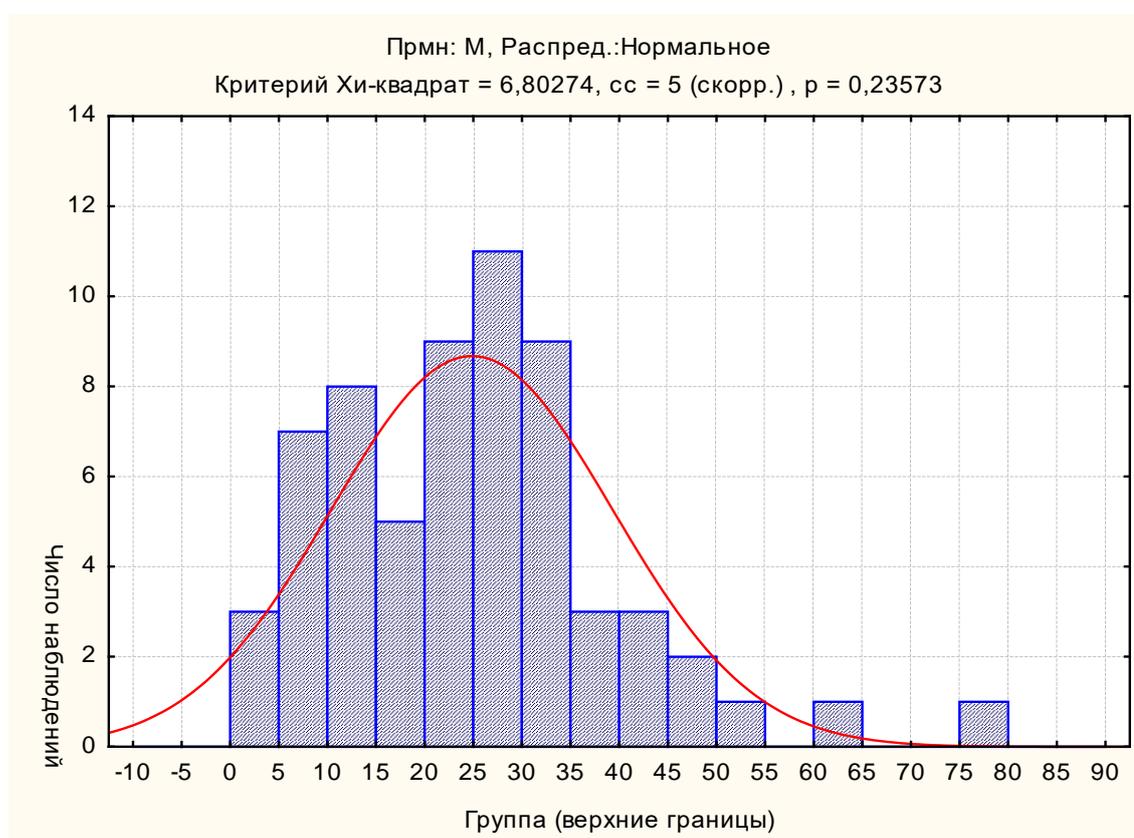


Рисунок 1.7 (а) - Аппроксимация распределений наработки на отказ

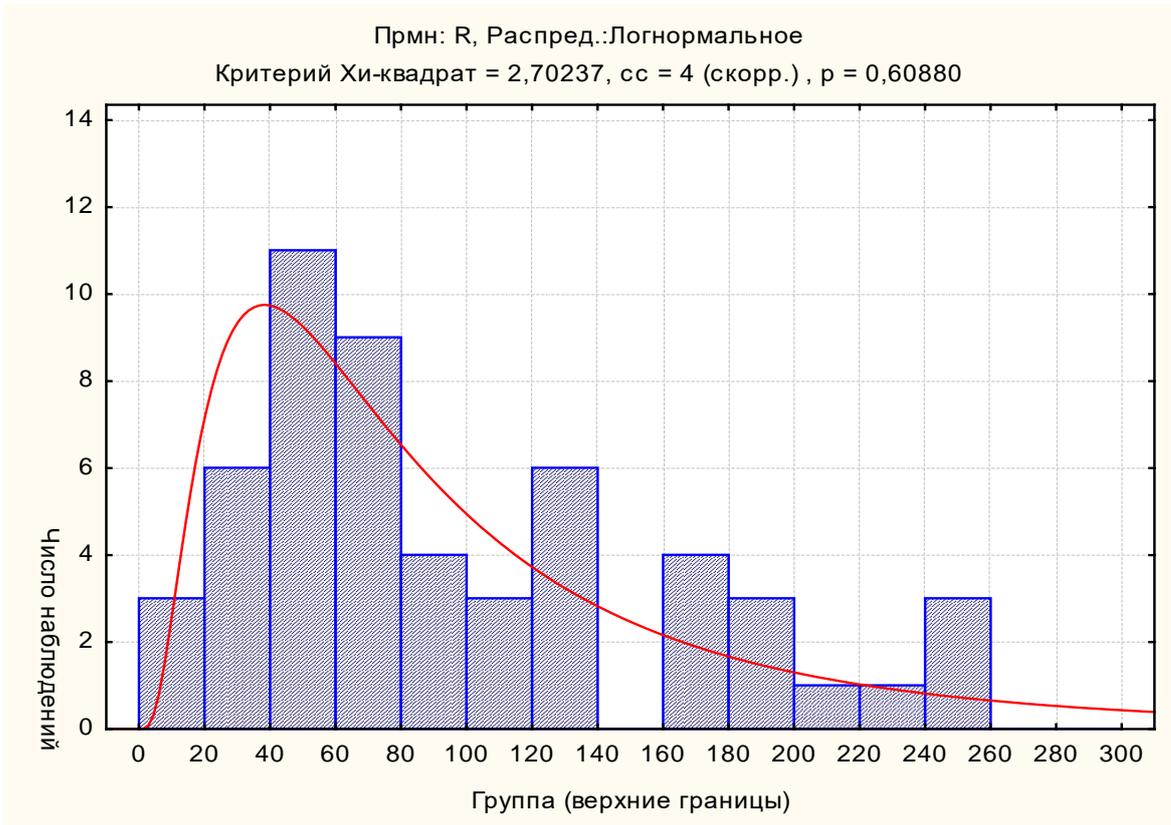


Рисунок 1.7 (б) - Аппроксимация распределений наработки на отказ

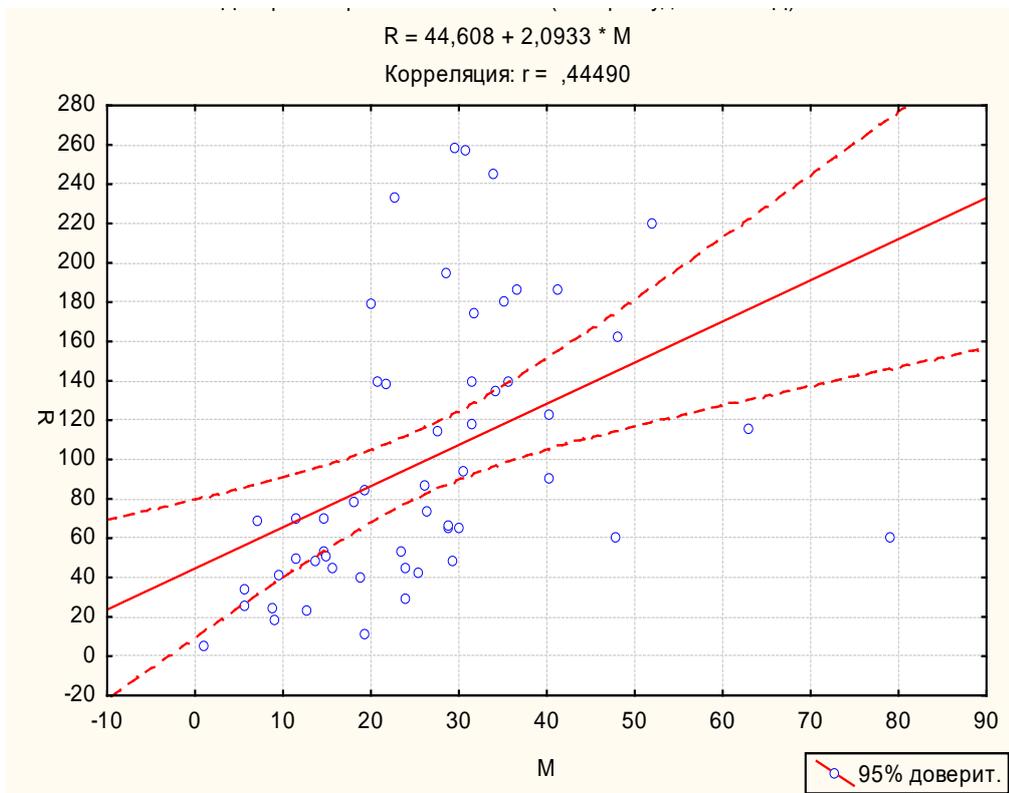


Рисунок 1.8 – График зависимости пробега САТС (R) от времени наработки на отказ (M)

При этом корреляционный анализ (коэффициент корреляции был в пределах 0.44) не выявил значительной зависимости между наработкой на отказ и пробегом различных видов наземной техники аэропортов (рис.1.8.). Это объясняется тем, что, как правило, пробеги САТС при эксплуатации в аэропортах незначительны. Поэтому пробег САТС объективно не определяют с высокой степенью достоверности наработку на отказ, и не может служить единственным определителем планово-предупредительной системы обеспечения процесса ТО и ТР запасными частями. В этом случае целесообразно включить в транспортно-логистическую систему обеспечения запасными частями САТС элемент хранения и накопления запаса определённой номенклатуры.

Множество методов расчета числа номенклатуры и объёма запасных частей относится к теории восстановления – одному из главных элементов теории надежности [13]. Эта группа математических подходов включает в себя методы, основанные на асимптотических подходах, формулах, методов, основанных на использовании потока отказов деталей в функции наработок от стадии ввода в эксплуатацию до стадии утилизации, а также в виде закономерности распределения выработки элемента до первого отказа, а также серии дальнейших отказов запасных частей [125]. Изначальными данными в этом случае служат статистические данные о периодичности сбоев работы и степени отказов той или иной рабочей единицы [28, 29], данная информация устанавливается изготовителем, так же указывается время наработки до отказа и до замены, квадратичные отклонения. Поток замен или среднее число замен деталей по теории восстановления и есть функция восстановления, ее принято находить по уравнению Кокса и Смита

$$\Omega(t) = F(t) + \int_0^t \Omega(t-r)q(r)d(r), \quad (1.6)$$

где $F(t)$ – функция распределения ресурса начального элемента; r – плотность функции распределения начального элемента.

Процесс замены детали на запасную вместо отработавшей свой срок и есть процесс восстановления. Новая деталь, которая устанавливается на заводе начинает эксплуатироваться в момент времени равный $T=0$, а после выработки заменяется на новую и т.д. Существенный минус данного уравнения - сложность решения функции, поэтому целесообразно применить схожее уравнение, по которому степень износа может определяться исходя из условий эксплуатации всего транспортного средства.

$$N = \frac{\Omega_{(t)} \times m \times 100}{T_{cc}}, \quad (1.7)$$

где m – количество одноименных элементов (деталей) в изделии, ед;

T_{cc} – нормативный период службы, лет.

Остаточное время наработки до отказа определяется как степень износа детали к ее первоначальному состоянию. Кроме этого можно говорить и о замене детали не только по причине временного и физического износа, но также и по причине одновременных отказов и поломок по причинам разного характера, как-то авария. Следует отметить и тот факт, что ресурс сменной детали чаще всего ниже ресурса новой детали, это обусловлено одновременным износом нескольких деталей в одном агрегате и их неодновременную замену, в следствии чего возникают дополнительные зазоры, а, следовательно, и более быстрый износ. Выявить фактический износ деталей можно несколькими способами: измерительными приборами и дефектоскопами [6], что чаще удобнее делать на производстве или по теоретической методике, которая приведена ниже [73, 82]:

$$Q = 0,01 \times n \times m \times K_{\rho} \times K_{\theta} \times \frac{B_{\rho}}{B_{\theta}} - (O + B) + 3_n, \quad (1.8)$$

где K_{ρ} – региональный коэффициент для автомобилей;

$$K_{\text{э}} = K_{\text{юз}} \times K_{\text{са}} \times K_{\text{нкы}}, \quad (1.9)$$

где $K_{\text{юз}}$ – коэффициент, учитывающий условия, где эксплуатируются автомобили;

$K_{\text{са}}$ – коэффициент корректирования в зависимости от состава автопоезда;

$K_{\text{нкы}}$ – коэффициент корректирования в зависимости природно-климатических условий;

$K_{\text{э}}$ – коэффициент корректирования в зависимости от условий эксплуатации автомобилей, определяемый в расчетной группе, как среднее арифметическое периодов эксплуатации отдельных автомобилей;

$\frac{B_{\text{э}}}{B_{\text{н}}}$ – отношение, корректирующее интенсивность эксплуатации автомобилей;

$B_{\text{э}}$ – плановая годовая наработка одного автомобиля в соответствующих ед.;

$B_{\text{н}}$ – годовая наработка одного автомобиля, при которой определяется среднее нормативное значение;

O – ожидаемый запас на складе в начало планового года;

B – количество восстановленных деталей;

$Z_{\text{н}}$ – переходящий запас, определяемый нормативом хранения;

$$Z_{\text{н}} = 0,01 \times n \times m \times K_{\text{з}} \times \frac{B_{\text{э}}}{B_{\text{н}}} \times K_{\text{нз}}, \quad (1.10)$$

где $K_{\text{нз}}$ – коэффициент корректирования в зависимости от величины переходящего запаса.

Понятно, что к методу оценки износа необходимо сопоставить показатели эксплуатации техники, степени отказов как целых машин, так и каждого агрегата в отдельности. В работе уточнение приведено к усредненным отказам наземной техники аэропортов по проанализированным аэропортам МАУ. Главной проблемой при расчете потребности в запасных частях для любой техники

является сложность ремонтного процесса при замене отдельного элемента, таким образом более эффективным и простым способом является использование метода практических расчетов по формуле

$$\Pi_{\tau} = \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_1^2}{L_{1R} L_{12}} + 1 \right) \times \left(\frac{R_{mkr}}{L_{1R}} \right)^{\frac{L_{1R}}{\delta_{1R}}}, \quad (1.11)$$

где R_{mkr} — средняя величина пробега между КР детали;

L_{1R}, δ_{1R} — средняя величина и среднее квадратичное отклонение наработки детали, установленной при КР.

Данный подход определения Π_{τ} оправдан характерными особенностями процесса ТО и ТР автомобилей зарубежного производства (преобладающие САТС):

1. Нормативная периодичность работ ТО и ТР обязательно производится согласно регламенту фирмы-производителя.
2. Работы по ТР автомобилей не предъявляют высоких требований к объёму трудоёмкости работ и высокой квалификации персонала, так как выполняются агрегатным методом ремонта. При этом стоимость запасных частей и заменяемых агрегатов достаточно велика
3. Согласно регламентам фирмы-производителя, конструкция многих автомобилей не предусматривает проведение КР. В связи с этим, для расчёта программы по ТО и ТР и, соответственно, программы поставок запчастей можно за расчетный цикл принимать регламентированный продуцентом пробег за полный цикл ТО. Изменение технических нормативных значений ТО в зависимости от условий эксплуатации выполняется за счет изменения типов и количества ТО в рамках определённого цикла, регламентируемым фирмой-производителем автомобилей.

1.4 Анализ систем поддержки жизненного цикла специальных автомобилей

1.4.1 Управление ресурсами технического обслуживания и ремонта специальных автомобилей

Жизненный цикл любого изделия подразумевает под собой совокупность процессов, последовательно изменяющихся и составляющих состояние изделия и формирующийся от требований к нему, до момента окончания эксплуатации и снятия с хранения или применения [11,118]. Стадия ЖЦ – это элемент этого цикла, который характеризуется обобщенностью выполненных работ и законченностью результата. При этом в существующий стандартах определяются разные классификации стадий ЖЦ изделий, изменяется количество стадий ЖЦ и их наименования [83, 84]. К примеру, в стандартах ISO 9000 приводится следующая классификация стадий ЖЦ в контексте "петли качества" (рис.1.9.).

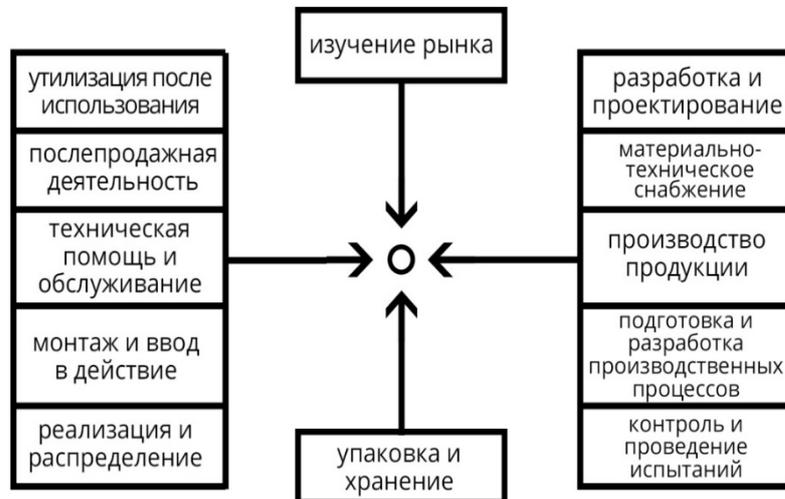


Рисунок 1.9 – Классификация стадий ЖЦ в соответствии ISO 9000

Продукция направляется потребителю для эксплуатации, при этом определяется финальная стадия ЖЦ машиностроительного изделия.

Есть еще 1-а дополнительная стадия, учитывающая проведение ТО, ТР или КР сложных продуктов машиностроения и относящаяся к САТС. Эта стадия

реализуется когда ТО, ТР или КР предусмотрены еще при проектировании изделия. Взаимовлияние стадий ЖЦ продукции машиностроения по времени выполнения различных работ представлена на рис.1.10.

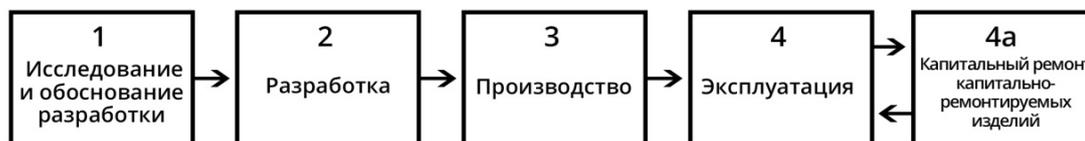


Рисунок 1.10 – Стадии жизненного цикла САТС

Наименования стадий ЖЦ различной продукции приведены в комплекте стандартов ГОСТ РВ 15 «Система разработки и постановки продукции на производство». Проанализируем более детально типовой перечень работ, которые производятся на стадиях ЖЦ машиностроительной продукции. Работой, относящейся к определению «жизненный цикл» принято именовать часть стадии ЖЦ, являющуюся самостоятельным элементом финансирования и планирования. А именно на обеспечения стадии, в которой осуществляется ремонт и поддержание работоспособного САТС направлена настоящая работа.

При рассмотрении ресурсов ISP целесообразно рассмотреть роль конкурентных преимуществ по М. Портеру [46, 79, 80]. Им были рассмотрены различные факторы, влияющие на конкурентоспособность предприятия и управление им. По мнению М. Портера, конкурентоспособность фирмы обеспечивается наиболее полным и эффективным использованием ресурсов, принадлежащих фирме и приобретаемых ею для будущей предпринимательской деятельности. Речь идет об эффективности реализации всех привлечённых внутренних и внешних ресурсов. Преимущества в конкуренции возникают исходя из того, как фирма выполняет и организует различные типы деятельности по формированию рыночной продукции. Все типы деятельности в общем объёме формируют цепочку ценности, все элементы которой вносят свою лепту (добавленную стоимость/ценность) в производство продукции [66, 67]. Последовательность действий для компании, в независимости от того какой

деятельностью она занимается, рассматривается в качестве утвержденной последовательности действий. Вместе с этим, разные виды деятельности от начала комплектации поставщиков и производителей, до объема производимой продукции за год, которая поставляется конечному пользователю. Особое внимание стоит уделять процессам, которые производятся за пределами работ компании. Каждая компания рассматривается через призму общей цели, но различной деятельности, создающих единую ценность для достижения общей цели [5,100]. С точки зрения интегрированной системы логистики представим роль эффективного распределения ресурсов в производственной сфере обмена и потребления на рис. 1.11.

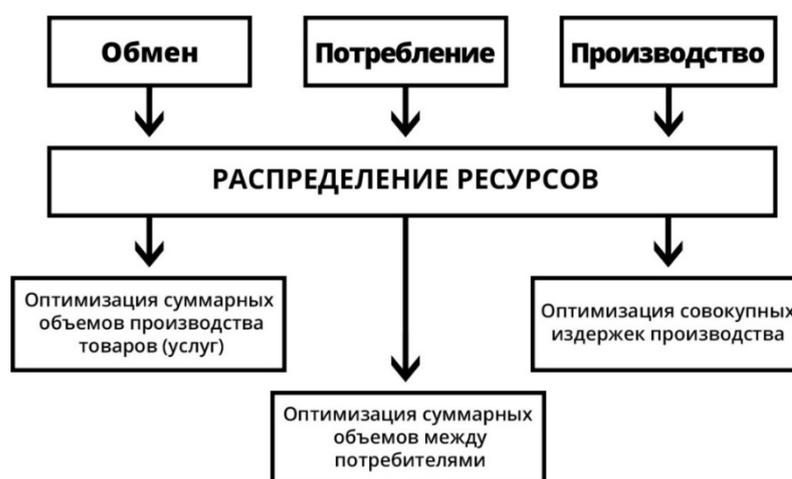


Рисунок 1.11 – Роль эффективного распределения ресурсов поддержки ЖЦ САТС

Одним из основных факторов, определяющих эффективность процессов после продажи и при сопровождении САТС, является качество информационной поддержки данных процессов. Что можно отнести и к информации о самих САТС (регламенты запасных частей, электронные каталоги изделий, техническая нормативная и ремонтная документация и т.п.), а также к информации о организации выполнения БП (реализация заявок на запчасти, контрактные взаимоотношения сторон-участников процессов и т.п.) [20,59]. Определённо, что применение этой информации разными участниками ЖЦ САТС возможно только при наличии стандартных форм обмена данными.

В настоящее время сформировался и активно реализуется целый комплекс подходов к проектированию ИЛП при производстве сложной наукоемкой продукции. ИЛП ориентируется на решение различных задач. Одной из них является: организация обеспечения ресурсами, необходимыми при эксплуатации продукции (САТС), и предоставление данных ресурсов по адекватной рыночной цене в течение всего ЖЦ. Преимущества при внедрении технологий ИЛП получают все участники поддерживаемых процессов: это, естественно те, кто проектирует и изготавливает продукцию, а также, кто ее покупает и эксплуатирует [38,45,67,90].

1.4.2 Методы управления запасами в процессах технического обслуживания и ремонта

Существует большое количество методов управления запасами. Организационная структура системы управления запасами в цепи поставки представлена на рис. 1.12.

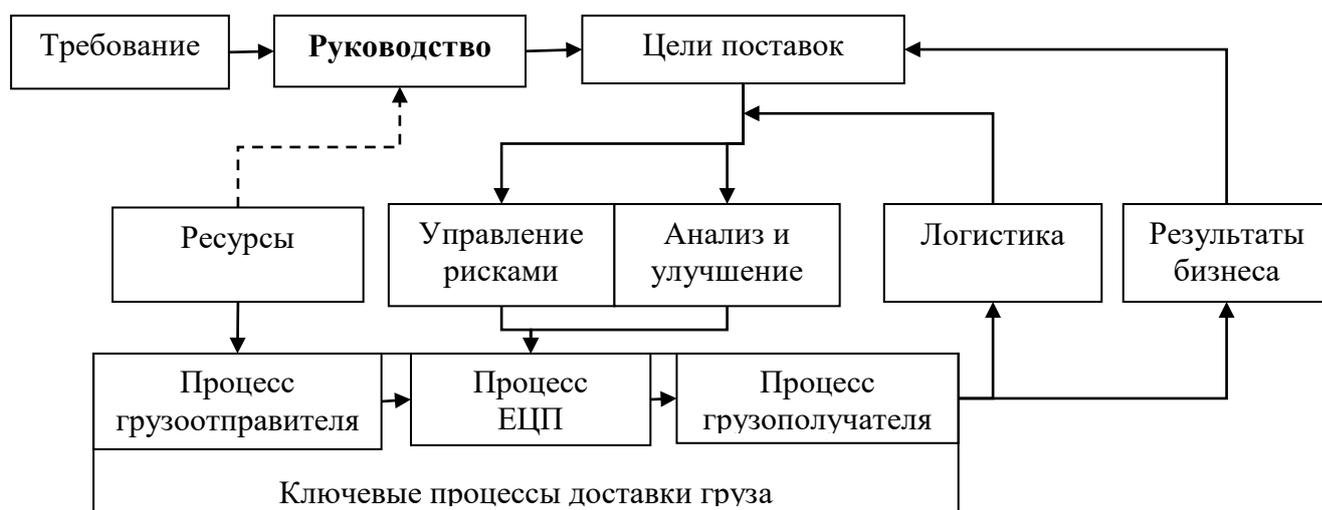


Рисунок 1.12 – Организационная структура системы управления запасами в цепи поставок

В настоящее время обслуживанием аэродромной наземной техники, в том числе САТС, занимаются дилерские центры производителей или, в более сложных случаях, сами производители. Исключением из данной практики может стать ТО и ТР САТС, не состоящей на гарантийном обслуживании силами подразделений аэропортов. Как уже отмечалось, рынок САТС крайне специфичен и узок, дилерским центрам невозможно выстроить работу на примере автомобильной промышленности с использованием торгово-сервисных комплексов с плановой закупкой и доставкой запасных частей и комплектующих. В связи с этим возникает необходимость создания модели оптимального управления поставками и запасами чаще всего запрашиваемых деталей, расходных материалов и комплектующих [104,106,120].

Цель функционирования единого центра поставок (ЕЦП) – формирование транспортно-логистической цепи поставок запасных частей для обеспечения плановых работ по ТО и ТР для САТС МАУ.

Критерий оценки достижения целей ЕЦП – минимизация затрат при достижении поставленной цели.

Задачи ЕЦП:

1. Формирование перечня САТС, работающей в международных аэропортах МАУ.
2. Анализ регионального рынка услуг сервиса и запасных частей для САТС.
3. Создание информационной базы совместно с эксплуатантами, позволяющей отследить наработку на отказ САТС.
4. Формирование многономенклатурного каталога деталей эксплуатируемой техники.
5. Обеспечение возможности импортозамещения запасных частей САТС.
6. Обеспечение координации закупок запасных частей и комплектующих у поставщиков.
7. Организация процесса доставки (перевозки от продуцентов к эксплуатантам) запасных частей для САТС МАУ.

Эффективная деятельность ЕЦП обеспечит:

1. Снижение потерь производства из-за недостатка запасных частей и оптимизацию загрузки сервисной территории;
2. Увеличение степени оборачиваемости из-за нехватки запасных частей и налаживание загрузки сервисной территории;
3. Снижение до минимально необходимого запаса излишек запасов, которые увеличивают стоимость производства и ассигнование денежных средств;
4. Снижение уровня риска старения и повреждения запасных частей, а также комплектующих на складах.

Можно выделить 2 основных фактора: экономический и организационный. К экономическим, в основном, относится фактор формирования запасов, а к организационным – доставка запчастей потребителям МАУ [12, 40].

Задачи управления запасами:

1. Определение объема и частоты его пополнения;
2. Разработка и внедрение системы контроля качества, управление количеством и нормой запаса частей.

Норма запаса - это минимум, достигнутый расчетным путем, который должен находиться на складе предприятия и обеспечивать бесперебойную функцию снабжения производства товаров и услуг. А для определения норматива запасов можно использовать основные методы: технико-экономический расчет, экономически-математический метод, эвристический метод [3,23,30].

Опыт специалистов, изучающих отчетность, подразумевает собой эвристический метод. В случае, если настоящим анализом занимается группа людей или отдельно выделенное подразделение сотрудников, то такой способ называется экспертной оценкой и заключением. Метод можно назвать, как «метод экспертных оценок».

Для технико-экономического расчета используется метод нормирования запаса, который базируется на разделении запаса в зависимости от целевого применения и выделении отдельных групп, каталогов. Каждые выделенные группы в свою очередь должны быть подразделены на подгруппы или более

мелкие классы. Данный метод позволяет с достаточно высокой точностью определить уровень необходимых запасов запасных частей. Такой метод чаще используется в системе планирования потребности в материалах (MRP).

Экономико – математическая модель базируется на сформированном аналитическом аппарате и на основании проведенного исследования и сравнения статистики за предыдущие периоды работы [47,57,68].

Управление запасами зависит в частности от успешности прогнозирования и насколько точно будет сформулирован прогноз на потребность в запасных частях P_{τ} (спрос) и реализацию, а, следовательно, и нормирование. Эта задача сложна. Выделим следующие виды спроса по определенности (рис. 1.13).



Рисунок 1.13 – Классификация типов спроса

Регулирование запасов осуществляется системой своевременной поставкой и правильностью расчета системы [96]. Правильно будет применить в данном случае метод оценки затрат. Вполне логично применить к расчету сумму стоимости закупки запасных частей $C_{зп}$, себестоимость их обслуживания $C_{об}$, хранения и накопления $C_{н}$ и транспортировки $C_{тр}$. В соответствии с данным методом переменные затраты на эксплуатацию ЕЦП составят:

$$C_{ЕЦП} = C_{зп} + C_{об} + C_{н} + C_{тр} \quad (1.12)$$

Общая структура связей в ТЛС поставки запасных частей приведена на рис.1.14. Как видно из представленной структуры основным технологическим процессом в системе является процесс доставки запчастей от производителей к потребителям. При этом, для того чтобы система оставалась эффективной, необходимо оценить и степень опасности каждой функции [25,60,116].

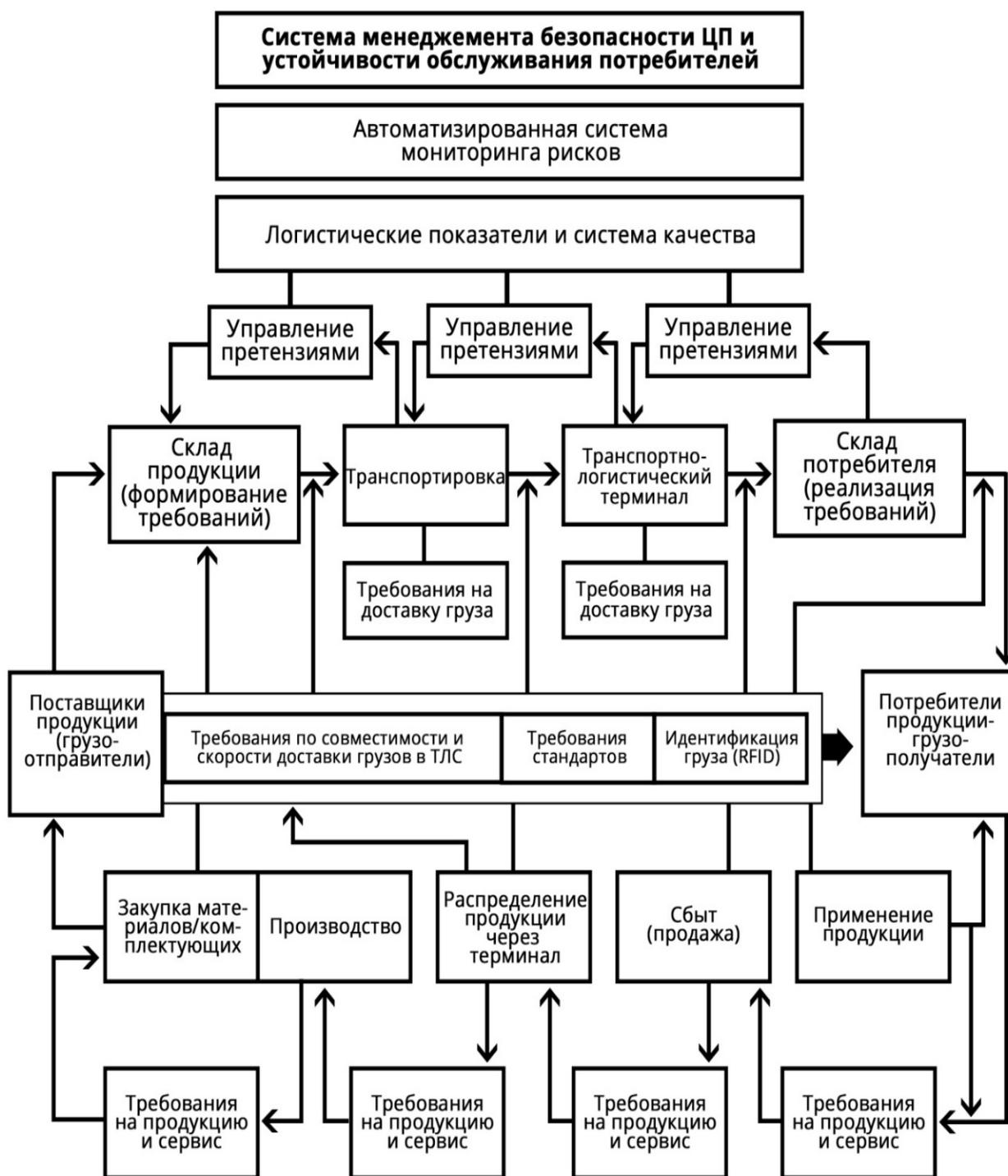


Рисунок 1.14 – Общая структура связей в ТЛС поставки запасных частей

Возможность возникновения и действия опасных факторов на ИСП невозможно установить арифметическим путем, т.к. этот эффект определяется взаимодействием комплекса факторов с самим процессом и результатами его деятельности. Влияние факторов, находящихся на различных иерархических уровнях системы, не только осуществляет ее адаптацию, но и порождает зависимые риски системы. Осуществление любого вида опасности способно довести до рискованного «запуска» группы бизнес-процессов или подсистем с серьезными экономическими последствиями [110,117].

Безусловно, необходимо учитывать серьезный уровень интеграции логистической информационной системы [64] и неустойчивую информационную архитектуру, которая ориентирована на интернет технологии со свободным доступом пользователей.

Следовательно, только в условиях системного подхода имеется возможность постановки и комплексного решения задач безопасности процессов послепродажного обслуживания, которые взаимосвязаны с рациональным распределением ограниченных материальных ресурсов, учитывая необходимость снижать риск различных факторов до оптимального уровня. В этом случае могут быть применены методы теории вероятностей, рисков или множеств для решения задачи расчета показателей надежности применительно к риску [31, 103].

Основным элементом ТЛС по доставке запасных частей для САТС МАУ является ЕЦП. Качество работы проектируемой системы реализуется через количественные показатели эффективности её функционирования. Для любых типов СМО (проектируемая ТЛС по определению является СМО), как правило, применяются необходимые методы определения отдельных показателей, определяющих процесс работы системы, это позволяет находить более эффективную организацию исследуемых процессов. В каждом случае определение показателей искомой эффективности имеет серьёзное значение и выполняется в зависимости от характеристики СМО и целей, предусматриваемых решением [44,63,107].

Как правило, в качестве критерия эффективности функционирования СМО применяются:

- время нахождения требования в СМО;
- время ожидания (среднее) требования к началу в СМО;
- размер (средний) очереди на обслуживание;
- вероятность события, когда в СМО будет обрабатывать заданное число требований;
- среднее количество аппаратов (обслуживающих и свободных).

Многочисленные исследования показали, что наиболее целесообразно применять экономические показатели. Эти показатели, как правило, отражают общую характеристику исследуемых процессов. В зависимости от того, какие цели ставит исследование, данные показатели могут быть самыми разными. В частности, для определения эффективности СМО можно применять показатель - средняя величина потерь (C) в единицу времени, возникающих в процессе работы системы:

$$C = k_1 c_1 + k_2 c_2, \quad (1.13)$$

где k_1 – количество (среднее) заявок в очереди на обслуживание, c_1 – цена ожидания в очереди, приходящаяся на единицу времени, k_2 – количество (среднее) свободных каналов, c_2 – затраты при простое 1-го канала, приходящиеся на единицу времени.

Если принять экономический характер требований к СМО, то эффективность СМО можно определить следующими показателями:

- среднее время нахождения заявки в СМО;
- вероятность появления заранее определённого события, в частности, вероятность события, что заявка, принятая в СМО может быть реализована;

- число (среднее) одновременно работающих каналов – например, число (среднее) одновременно работающих каналов намного меньше общего количества каналов в СМО;

- число (среднее) занятых одновременно мест в очереди – в этом случае имеется большая вероятность отказа в обслуживании, и, естественно возникает необходимость увеличивать количество каналов или увеличивать интенсивность обслуживания заявок существующим каналам и т.д.

Представленный возможный перечень показателей говорит о большой их взаимосвязи и наличии противоречий. Повышение качественных значений одних показателей, как правило, приводит к качественному понижению значений других. Следовательно, что при формировании любой СМО, необходимо установить эффективное равновесие (получить оптимальное решение) баланса между принятыми показателями эффективности системы.

Для выполнения задачи оптимизации процессов доставки запчастей для САТС МАУ примем показатель (C) экономической эффективности СМО: который включает затраты на хранение запасов запасных частей $C_{xp}(t)$, и необходимые затраты на транспортирование $C_{tp}(t)$, при минимизации ущерба, наносимого качеству эксплуатации САТС при увеличении простоев, связанных с отсутствием запасных частей $Y_{np}(t)$:

$$\begin{cases} C = C_{xp}(t) + C_{tp}(t) \rightarrow \min \\ Y = Y_{np}(t) \rightarrow \min \end{cases} \quad (1.14)$$

Выводы по первой главе

1. Определены основные характеристики и номенклатура существующего парка наземной техники аэропортов и установлено, что более 90% парка использует автомобильное шасси – это автомобили специального назначения. Проведен анализ методов и моделей ТО и ТР САТС, эксплуатирующихся в МАУ.

Показано, что в структуре парка наземной техники аэропортов МАУ соотношение техники иностранного производства к отечественной составляет 85% на 15% соответственно.

2. Определено, что количество САТС, эксплуатируемой аэропортах МАУ уступает количеству САТС, эксплуатируемой в крупных зарубежных авиаузлах с менее интенсивным воздушным движением. По результатам анализа динамики пассажиропотока аэропортов МАУ и развития аэропортовой инфраструктуры показано, что до 2030 года количество наземной техники аэропортов Москвы увеличится на 30%.

Проведён анализ статистики отказов и надёжности узлов и агрегатов наземной техники аэропортов МАУ, даны характеристики времен отказов как в зависимости от времени наработки, так и от пробега. При этом корреляционный анализ (коэффициент корреляции был в пределах 0,44) не выявил значительной зависимости между наработкой на отказ и пробегом различных видов наземной техники аэропортов. Это объясняется тем, что, как правило, пробеги САТС при эксплуатации в аэропортах незначительны. Поэтому пробег САТС объективно не определяют с высокой степенью достоверности наработку на отказ, и не может служить единственным определителем планово-предупредительной системы обеспечения процесса ТО и ТР запасными частями. При формировании ТЛС поставок запасных частей, учитывая, что преобладает САТС зарубежного производства, жестко регламентирующие процесс ТО и ТР, необходимо ориентироваться на регламенты фирм-производителей.

3. Выявлена основная номенклатура деталей, узлов и агрегатов, которые подвержены замене, составлен перечень часто встречающихся отказов парка наземной техники, позволяющий создать универсальную базу по контролю за техническим состоянием техники.

4. Анализ систем поддержки ЖЦ изделий машиностроения показал, что для повышения эффективности процессов ТО и ТР САТС аэропортов необходимо разработать оригинальную систему ИЛР, позволяющей объединить в единую систему действия эксплуатантов САТС, предприятия МТО, департамент

гражданской авиации и др. организациям, принимающим участие в заказе, сертификации, эксплуатации, обслуживании, ремонте и утилизации техники.

5. При изучении методов управления запасами (запасными частями) и определения потребностей в запасных частях для САТС аэропортов зафиксирован тот факт, что каждая эксплуатирующая организация осуществляет свой собственный учёт запасных частей и комплектующих для наземной техники аэропортов. Показано, что внедрение системы ИЛП путем создания единого центра услуг по управлению поставками и запасами для эксплантатов наземной техники аэропортов московского авиационного узла, позволит сократить время ожидания эксплантатами запасных частей до 30%, а также создать единую номенклатурную базу эксплуатируемой техники и её комплектующих.

6. Определено, что проектируемая ИТЛС является СМО. Следовательно, что при формировании любой СМО необходимо установить эффективное равновесие (получить оптимальное решение) баланса между принятыми показателями эффективности системы. Для выполнения задачи оптимизации процессов доставки запчастей для САТС МАУ принимается показатель экономической эффективности СМО: который включает затраты на хранение запасов запасных частей ($C_{\text{хр}}$), и необходимые затраты на транспортирование ($C_{\text{тр}}$):

Таким образом сформулированы цель и задачи исследования по разработке методики организации поставок запчастей в транспортно-логистической системе обеспечения САТС МАУ.

2. ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОСТАВОК ЗАПЧАСТЕЙ ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ В АЭРОПОРТАХ

2.1 Структура СМО поставок запасных частей

На основании анализа парка САТС МАУ выявлена необходимость существенного роста объема его работ в среднесрочной и стратегической перспективе за счет роста пассажиропотока. При этом ни в одном из исследованных материалов МАУ не говорится о необходимости развития системы поставки запасных частей для увеличивающегося парка. Тем не менее, вероятность возникновения потребности в ТО и ТР САТС при увеличении объема работ растет пропорционально. Возникает потребность в ТЛС поставок запасных частей. Для определения целесообразности внедрения ТЛС необходимо произвести эксперимент на предмет эффективности её работы. Результатами данного эксперимента будет являться изменение основных характеристик процесса доставки и выводы о целесообразности внедрения данной системы и или об отсутствии таковой. В главе 1 определено, что разрабатываемая ТЛС является СМО. В ТМО рассматриваются различные типы СМО.

Если заранее известно максимальное число одновременно возможных требований на обслуживание, то такая система является СМО с ограниченным входящим потоком требований. В ряде случаев могут быть СМО с ограниченным числом аппаратов обслуживания. В некоторых случаях, в СМО можно учитывать значимость приоритетов обслуживания заданных требований. В этих случаях СМО является системой с приоритетами [119].

Рассмотрим вопрос о классификации типов СМО. Можно рассмотреть значительное разнообразие моделей СМО и возможных подходов к их классификации. В первую очередь модели СМО делят на «марковские» и «не марковские». Это разделение связано с наличием в СМО некоторых случайных «марковских» процессов. Как правило, модели СМО с наличием «марковских»

случайных процессов, имеют аналитическое описание с помощью системы дифференциальных уравнений или в некоторых случаях с помощью системы линейных уравнений. Решение данных уравнений предполагает получение набора достаточно несложных (лёгких) выражений, определяющих количественные показатели эффективности работы системы.

В случае наличия «немарковских» процессов в СМО лишь некоторые частные случаи поддаются аналитическому описанию. Тогда, как правило, применяются приведённые ниже классификационные признаки:

- способ организации потока заявок;
- порядок образования очереди;
- наличие ограничений в очереди;
- число каналов обслуживания;
- характер дисциплины в очереди.

По количеству обслуживаемых каналов системы делятся на многоканальные и одноканальные СМО. В свою очередь многоканальные СМО подразделяются на системы с различными характеристиками каналов обслуживания (неравноценными каналами) и системы с одинаковыми характеристиками каналов обслуживания (равноценными каналами).

В зависимости от того, как расположены каналы СМО делятся на системы с параллельно расположенными и последовательно расположенными каналами. В системе с параллельно расположенными каналами любой входной поток носит общий характер, а заявка на обслуживание выполняется любым свободным каналом [108,125]. В СМО с последовательно расположенными каналами - каждый канал может рассматриваться как одноканальная СМО. В этом случае выходной поток одного из любых каналов одновременно носит характер входного для последующих каналов. Соответственно, такие СМО называются однофазными и многофазными.

В зависимости от порядка формирования очереди СМО подразделяются на два типа:

- системы с возможным наличием отказов в обслуживании;

- системы с наличием очереди, то есть ожиданием обслуживания.

В случае системы с возможным отказом заявка, поступившая в СМО и при занятом канале (для одноканальных систем) или занятых каналах (для многоканальных систем), не обслуживается и уходит из СМО, то есть получает отказ.

Характерной чертой СМО с возможным ожиданием обслуживания является наличием ограничения на очередь, то есть характеристикой. Такие системы делятся на СМО с ограниченным ожиданием (ограниченным количеством мест в очереди) и с неограниченным ожиданием (неограниченным количеством мест в очереди) [51,52].

В первом случае для фиксации заявки в очереди требует наличие свободных мест в ней, и только заявка располагается в очереди. Возможен другой вид ограничения – ограничение по величине времени начало обслуживания заявки. Тогда заявка выходит из очереди необслуженной, если длительность её возможного нахождения в очереди больше заранее определённого ресурса времени ожидания «нетерпеливые» заявки.

Во втором случае ограничения определяются тем, что заявка в любом случае располагается в очереди и когда-нибудь обработается. В зависимости от критерия выбора очередной заявки из очереди, то есть по характеру дисциплины очереди СМО делятся на системы без приоритета и с приоритетом. Рассмотрим системы с приоритетом. В этом случае заявке, поступившей в СМО, прикрепляется определённый приоритет. В первую очередь обслуживается заявка с максимальным приоритетом, при этом не важно в какой момент времени или в какой последовательности эта заявка попала в систему по отношению к другим заявкам. Естественно, что образуется несколько вариантов очередей с различными уровнями приоритетов. Данные системы подразделяются на СМО без прерывания и СМО с прерыванием. В СМО с прерыванием заявка с максимальным приоритетом может прервать обслуживание заявки с низшим приоритетом. Заявка, обслуживание которой было прервано, располагается в очереди и будет реализована в зависимости от своего приоритета.

В случае реализации СМО с дисциплиной очереди без приоритета могут быть использованы разные правила выбора заявок на обслуживание, например: первым обслуживается, кто первый поступил в систему; первым обслуживается, кто последним поступил в систему; в определённом порядке, как правило с заданными вероятностями выборки из очереди [137].

Для того, чтобы полностью описать СМО и осуществить постановку задачи должны быть определены:

- структура системы;
- дисциплина или правила обслуживания в системе;
- показатели эффективности обслуживания (численные показатели которые определяют качество функционирования разрабатываемой СМО).

Иерархия является абстрактным представлением структуры любой системы, необходимой для изучения функциональных взаимодействий ее элементов и их воздействий на всю систему в целом. Определим ТЛС в функциях в соответствии с тем, каковы функции элементов системы и какие цели они должны выполнять (рис.2.1).



Рисунок 2.1 – Структура ИТЛС в функциях, реализуемых в процессах поставки запчастей

На практике, аналитическое исследование функционирования любой сложной системы может быть затруднительным из-за сложности её математического описания. В случае воздействия на систему случайных факторов затруднения в анализе будут весьма значительными. Тогда экспериментальное исследование сложной системы в практических условиях её работы даёт возможность получить полную и достоверную информацию о присущих ей количественных и качественных параметрах. Однако часто это не осуществляется из-за невозможности соединить функции системы с работой экспериментатора или экспериментальное исследование невозможно, например, на стадии проектирования системы [53]. Поэтому создание имитационной модели и проведение эксперимента над системой является наиболее эффективным средством получения необходимых характеристик процесса работы системы.

Суть **имитационного моделирования** заключается в разработке алгоритма, имитирующего работу элементов системы и их взаимодействие между собой с учётом случайных факторов, возникающих в том или ином транспортном или производственном процессе, для которого нужно получить оптимальное или близкое к нему решение. Спроектированный моделирующий алгоритм выполняется в виде программного обеспечения. Полнота и достоверность реализованной с помощью имитационного моделирования эксперимента и полученная информация о состояниях системы зависят от адекватности математического аппарата описания системы, принятого в качестве основы для моделирования и правильности выбора вычислительных методов, используемых при проектировании алгоритма .

Этапы имитационного моделирования. Следует отметить, что имитационный метод моделирования имеет значительно меньшие ограничения на возможные области применения с достаточной степенью адекватности в сравнении с аналитическими моделями [49, 56, 74]. В результате могут быть получены более достоверные показатели ИТЛС. Имитационное моделирование, применительно к анализу проблем исследования эффективности ИТЛС, имеет ряд этапов (рис.2.2), которые предполагают использование различных методов

планирования эксперимента [7,147]. Формулирование проблемы предполагает описание проблемы анализа системы управления поставками.

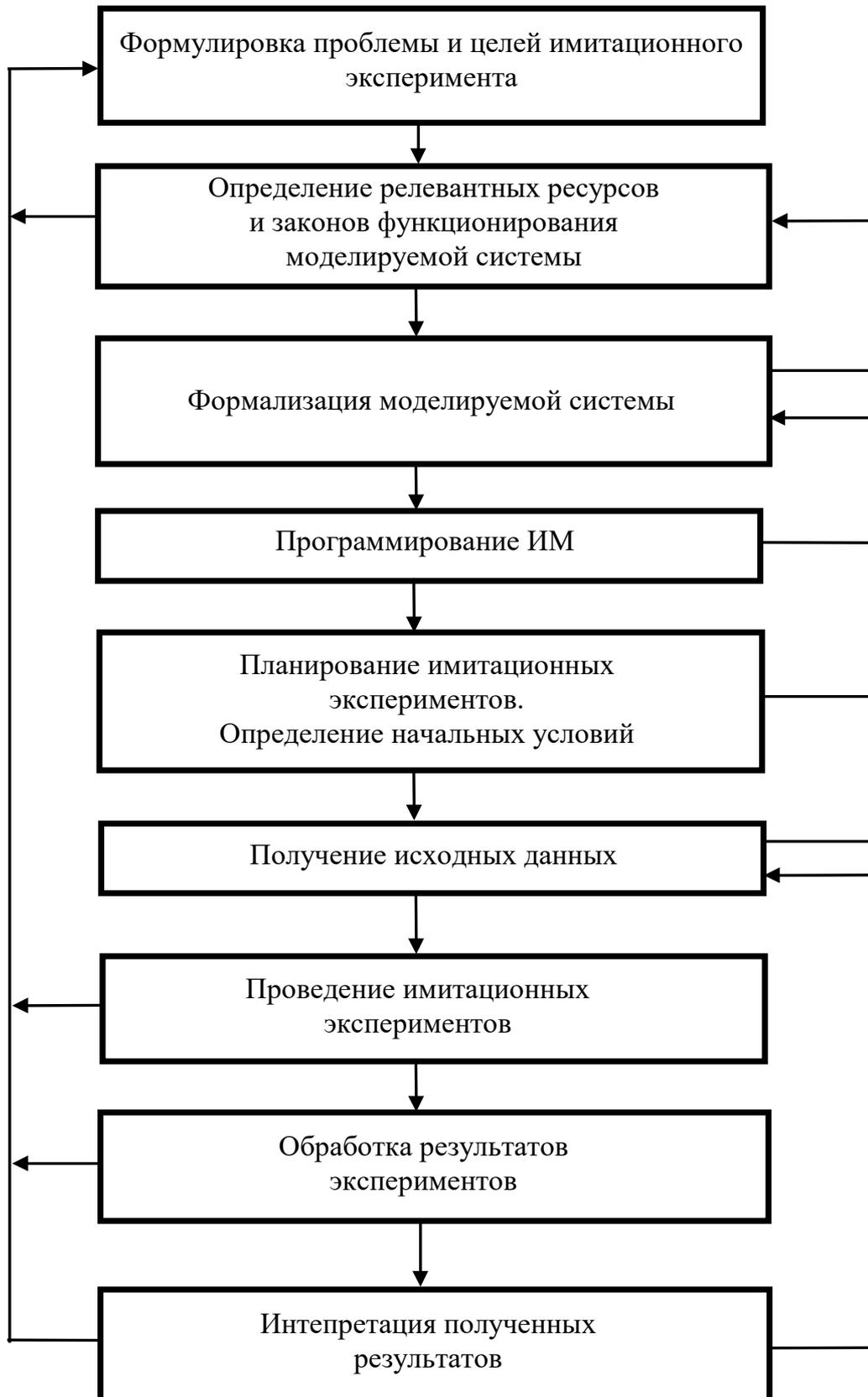


Рисунок 2.2 – Этапы имитационного моделирования

Формулировка модели предполагает формализованное логико-математическое описание системы управления в соответствии с поставленными задачами и уровнем детализации. Определяется вид модели – детерминированная или вероятностная. В плане использования данных могут быть: спецификация, идентификация и сбор эмпирических данных. Должны иметь место критерии оценки эффективности поведения системы управления, а также предполагаемые альтернативные решения выхода из сложившейся ситуации [1,36,109,115,145].

Программирование имитационной модели. Проверка может быть различных видов:

- 1) проверка в первом приближении - нет абсурдных результатов и параметры лежат в допустимой области;
- 2) проверка заранее заданных исходных предположений;
- 3) проверка интерфейсного преобразования вход-выход.

Последние два метода требуют использования статистических методов [34, 102,54].

Целью использования формальных моделей теории планирования эксперимента является, в первую очередь, уменьшение числа экспериментальных проверок, а также обеспечение требуемой достоверности результатов [50, 62]. Экспериментирование с имитационной моделью заключается в прогоне соответствующей программы для получения требуемой информации.

Анализ результатов моделирования предполагает исследование результатов в плане выявления зависимостей между варьируемыми факторами и характеристиками модели. Реализация и документирование предполагает выдачу рекомендаций применительно к моделируемому объекту [69].

2.2 Подсистема формирования запасов запасных частей

Проектируемая модель тесно связана с концепцией «точно в срок» и «логистикой быстрого реагирования», смысл которых заключается в поиске средств уменьшения или ликвидации разницы между реальным спросом и

фактическим запасом и направлены на удовлетворение потребностей в самые короткие сроки при минимальных запасах [2,15,92,126,127].

Разрабатываемая экономико-математическая модель подсистемы управления запасами относится к динамической модели [99] и олицетворяет систему конечно-разностных уравнений.

В соответствии с обозначениями подсистема состоит из R складов, где s — номер каждого склада. Планируемое время использования запасных частей i вида для организации j работ на определенный момент времени t определяется параметром

$$q_{it} = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{T} \sum_{k=1}^{L_k} \cdot \sum_{l_k=1}^{L_k} \cdot \sum_{p_{kt}}^{P_k} \cdot a_{klt}^{P_{kt}} + \delta \quad (2.1)$$

где b_{ij} - размер партии поступления запчастей, ед.; T – период времени период времени поставок, час.; L_k – среднее значение времени поставки для k -го типа автомобиля, час; P_{kt} – количество обслуживаемых автомобилей на момент времени t , ед.

В процессе работы, на s склад, поступает поток заказов V_i (спрос в реальном времени) от заказчика на поставку запасных частей. Поток обрабатывается на складе и с определенной задержкой по времени передается изготовителю, зачастую часть требований склад удовлетворяет за счет собственных запасов $x_{i_t}^1$.

Размер фактического запаса i -го вида запасных частей устанавливается разницей между скоростью входящего потока поставок $x_{i_t}^8$ определенных деталей от изготовителя и скоростью отпуска $x_{i_t}^{10}$ этого вида деталей со склада:

$$x_{i_{t+1}}^1 = x_{i_t}^1 + T(x_{i_t}^8 - x_{i_t}^{10}). \quad (2.2)$$

Дальнейшим этапом следует расчет интенсивности пополнения складских запасов x_{it}^3 . При расчетах учитываются не только показатели собственных запасов комплектующих по видам, но и показатели желательного запаса комплектующих x_{it}^2 , планируемого по данным прошлых отгрузок со склада.

Существует пропорциональная связь между потребностью в комплектующих q_{it} и уровнем запаса, корректировка величины q_{it} приведет к уменьшению или увеличению складских запасов. Для расчета величины x_{it}^2 вводим параметр τ_t^1 — коэффициент желательного запаса склада. Этот параметр является временем, при котором потребность (интенсивность расхода комплектующих) q_i обеспечивается объемом желательного запаса конкретного вида комплектующих на складе. Для ощущения взаимозависимости между потребностью и запасами в основу уравнения заложена прямо пропорциональная связь между ними:

$$x_{it}^2 = \tau_i^1 q_i. \quad (2.3)$$

В случае если фактический запас комплектующих меньше необходимого, т.е. $x_{it}^1 < x_{it}^2$, то это, безусловно, ведет к увеличению затрат, так как из-за недостатка комплектующих происходит простой объекта, и за интенсивность отгрузки комплектующих со склада принимается предельная интенсивность отгрузки, рассчитываемая как x_{it}^1/T .

Если же $x_{it}^1 > x_{it}^2$, то в этой ситуации случается чрезмерная загрузка склада и увеличиваются затраты, связанные с хранением лишних комплектующих. Данное уравнение не применяется к классу разностных, эти уравнения являются «вспомогательными» для их расчёта.

Главной задачей управления складскими запасами запасных частей является поддержка их на определенном уровне, способным удовлетворить интенсивность

потребления Q_i . Переменная x_{it}^3 определяет скорость пополнения запасов запасных частей на складе. Для определения времени реакции по возникновению дефицита запасных частей определенного (i) вида вводится параметр τ_i^3 . Данный параметр является ключевым, определяющим деятельность организации технического обслуживания и ремонта.

Параметр x_{it}^3 считается по спросу v_{it} на детали i -го вида на определенный момент времени t .

$$x_{it+1}^3 = v_{it} + \frac{1}{\tau_i^3} [(x_{it}^2 - x_{it}^1) + q_{it}(\tau_i^4 + \tau_i^5 + \tau_i^6) + x_{it}^6 - x_{it}^4 - x_{it}^7 - x_{it}^9]. \quad (2.4)$$

В случае отличия планируемого запаса от фактического интенсивность комплектования запасов x_{it}^3 изменяется на разницу параметров $(x_{it}^2 - x_{it}^1)$. При расчете учитывается количество не осуществленных заказов по отпуску детали i -го вида со склада x_{it}^6 .

Суммарное время оборота заказа по материальным каналам и информационным потокам рассчитывается суммой параметров

$$(\tau_i^4 + \tau_i^5 + \tau_i^6).$$

где τ_i^4 — время необходимое на оформление заказа на складе для поставки детали i -го вида, τ_i^5 — время необходимое на транспортировку запасных частей от изготовителя, τ_i^6 — отставание информации о поставках от изготовителя.

Следовательно, выражение

$$q_{it}(\tau_i^4 + \tau_i^5 + \tau_i^6)$$

определяет среднее число заказов и запасных частей, которое должно двигаться в информационных и материальных потоках. Уравнение изменяется следующими переменными: x_{it}^4 — объем заказов на запасные части i -го вида в период оформления на складе, x_{it}^7 — объем запасных частей i -го вида при транспортировке от изготовителя на склад, x_{it}^9 — объем невыполненных изготовителем заказов на поставку запасных частей i -го вида. Нижеприведенное уравнение определяет оформление заказов на складе на поставку запасных частей и определяет величину x_{it}^3 как разность между интенсивностью пополнения запасов x_{it}^4 и временем выдачи заказов на поставку x_{it}^5 :

$$x_{it+1}^4 = x_{it}^4 + T(x_{it}^3 - x_{it}^5). \quad (2.5)$$

Интенсивность обработки складом заказов на запасные части x_{it}^5 учитывает задержки обработки заказов и считается дополнительным уравнением

$$x_{it}^5 = x_{it}^4 / \tau_i^4. \quad (2.6)$$

Допустим, что при оформлении заказов на поставку запасных частей от склада к потребителю, задержка информационного потока незначительна и ей можно пренебречь, а так же переменная x_{it}^5 определяет скорость получения заказчиком запасных частей от склада. В случае если время информационного потока сравнимо по величине с другими параметрами, то нужно, соответствующим образом, отразить в уравнениях запаздывание потока информации.

Объем невыполненных заказов складом по отгрузке деталей i -го вида $x_{i,t+1}^6$ на момент времени $t + 1$ рассчитывается как разница спроса потока заказов от заказчика v_{it} и отгрузочным потоком деталей x_{it}^{10} в момент времени t

$$x_{i,t+1}^6 = x_{it}^4 + T(v_{it} - x_{it}^{10}). \quad (2.7)$$

Объем запасных частей при транспортировке x_{it}^7 , определяется как разница двух темпов, а именно, темп отгрузки деталей от изготовителя x_{it}^{11} и темп доставки запасных частей на склад x_{it}^8 :

$$x_{i,t+1}^7 = x_{it}^7 + T(x_{it}^{11} - x_{it}^8). \quad (2.8)$$

При подсчете темпа доставки запасных частей на склад x_{it}^8 учитывается параметр τ_i^5 — запаздывание транспортировки запасных частей от изготовителя

$$x_{it}^8 = x_{it}^7 / \tau_i^5 \quad (2.9)$$

Объем неосуществленных заказов зависит от времени выполнения складом заказа на доставку запасных частей i -го вида для проведения j -ой работы цикла ремонта τ_{ij}^{var} : при $\tau_{ij}^{var} \rightarrow \max$ увеличивается количество неосуществленных заказов, т. е. $x_{ij}^6 \rightarrow \max$, при $\tau_{ij}^{var} \rightarrow \min$ также $x_{ij}^6 \rightarrow \min$. При устойчивых условиях работы, когда спрос на запасные части и оперативность отгрузки стабильны, количество заказов в стадии исполнения должно быть пропорционально скорости отгрузки x_{it}^{10} и усредненной величине τ_i^{var} (средней величиной времени исполнения заказа τ_i^{var} понимается арифметическое выражение

$$\sum_{i=1}^m \tau_i^{var} / m \text{ и } x_{it}^{10} = x_{it}^6 / \tau_i^{var}. \quad (2.10)$$

Данное выражение рассчитывает темп отгрузки при отсутствии складских запасов; но, у переменной x_{it}^{10} имеется верхний предел, обеспеченный фактическим запасом. При отгрузке запасных частей со склада уменьшаются их запасы, а следовательно, увеличивается время исполнения заказов τ_i^{var} , в итоге снижается величина x_{it}^{10} . Если увеличивать общий запас запасных частей i -го вида для обеспечения всех j -ых работ цикла ремонта $\sum_{i=1}^m \cdot \sum_{j=1}^n x_{ijt}^1$, снизится время выполнения заказа, т.е.

$$\sum_{i=1}^m \cdot \sum_{j=1}^n x_{ijt}^1 \rightarrow \max \rightarrow \sum_{i=1}^m \tau_i^{var} / m \rightarrow \min. \quad (2.11)$$

Минимум определяется временными затратами на оформление и осуществление отгрузки заказа. С уменьшением общего запаса запасных частей всех видов повышается вероятность не выполнить заказ по отгрузке запасных частей конкретного вида, следовательно, число невыполненных заказов возрастет, объект не работает, т.к. ожидает поставки запасных частей от изготовителя [10]. . Параметр переменного времени исполнения заказа τ_i^{var} обязан отражать ситуацию, когда при среднем уровне общего запаса отгрузка невозможна из-за отсутствия на складе определенного i -го вида запасных частей. Кроме этого, параметр общего запаса крайне редко используется в практической деятельности, обычно его применяют для расчета валовых показателей (объем склада, финансы, товарные запасы). Поэтому рекомендуется параметр времени исполнения заказа τ_i^{var} конкретизировать. В этих целях в модель вводятся два параметра: τ_i^2 — запаздывание отгрузки запасных частей, связанных с отсутствием запасных частей i -го вида на складе, и τ_i^7 — минимальное время исполнения заказа на поставку запасных частей i -го вида.

Крайне важным является параметр τ_i^7 , позволяющий анализировать систему логистической поддержки эксплуатации, он выявляет запаздывание материального потока. В дальнейшем его можно конкретизировать путем

сложения длительности производственного цикла, сроков комплектации заказа, времени транспортировки и пр. Эффективное управление этим параметром позволит оптимизировать работу системы интегрированной логистической поддержки продукции на этапе эксплуатации, и свести к минимуму время исполнения заказа.

Чтобы определить возможность выполнения заказа в модель вводится отношение x_{it}^1/x_{it}^2 , где X_{it}^1 - фактический запас, а X_{it}^2 - планируемый запас.

Уравнение величины переменного времени выполнения заказа τ_i^{var} после всех преобразований имеет вид:

$$\tau_i^{var} = \tau_i^7 + \tau_i^2 x_{it}^1/x_{it}^2. \quad (2.12)$$

Согласно уравнению $\tau_i^1 q_{it}/x_{it}^1$, отношение планируемого запаса к фактическому устанавливает среднее количество выполненных заказов как некоторая часть потребностей в запасных частях, поставленных за счет запасов склада.

С учетом вышеописанного можно определить значение интенсивности отгрузки запасных частей со склада x_{it}^{10} , который зависит от фактических и планируемых запасов запасных частей на складе [90], определенной интенсивности расхода q_{it} и переменного времени исполнения заказа на доставку запасных частей:

$$x_{it}^{10} = x_{it}^6 / (\tau_i^7 + \tau_i^2 x_{it}^1). \quad (2.13)$$

Ситуация, когда фактический запас запасных частей меньше планируемого, т. е. $x_{it}^1 < x_{it}^2$, за интенсивность отгрузки запасных частей со склада берется самая высокая интенсивность отгрузки, которая рассчитывается отношением x_{it}^1/T , т.е. за период времени T происходит отгрузка всего фактического объема складских запасов запасных частей i -го вида. С учетом того, что со склада отгружаются

различные запасные части, то целесообразно использовать максимальную величину многокомпонентной модели - $\max x_{i_t}^1/T$.

Окончательный вид уравнения расчета темпа отгрузки запасных частей со склада выглядит следующим образом $x_{i_t}^{10}$:

$$x_{i_t}^{10} = \min \left\{ \max \{ x_{i_t}^{10} / T \}; x_{i_t}^6 / (\tau_i^7 + \tau_i^2 \frac{x_{i_t}^2}{x_{i_t}^1}) \right\}. \quad (2.14)$$

2.3 Подсистема определения потребности в запасных частях

Стохастические предположения, которые являются основой моделей формирования потребности в запасных частях, в общем случае приводят к формальной модели некоторого временного ряда. При этом распределения вероятностей основных процессов, в основном, неизвестны или, в крайнем случае, определены для некоторого количества параметров. Таким образом, возникает задача оценки этих распределений или параметров по наблюдениям за процессом управления запасами на выбранном интервале времени [82]. В общем случае, может быть поставлена задача проверки статистических гипотез, направленных на решение вопросов оценки этих распределений на основе полученных выборочных наблюдений [122,130,134].

При функционировании любой системы управления поставками запчастей возникает вопрос повышения эффективности, с точки зрения снижения затрат на хранение вместе с уменьшением времени проведения технического обслуживания и ремонта, что является противоречащими критериями и требует использования классических методов многокритериальной оптимизации [101,67,136]. Поставленные оптимизационные задачи всегда связаны с определенным планированием [77]. В свою очередь, вероятностные задачи управления возникают в тех случаях, когда ставится проблема управления системой на

основании всей прошлой истории поведения, которая может быть формально преобразована в совокупность правил продукционного типа [48]. Так, в моделях систем массового обслуживания данные правила могут сводиться к выбору приоритетности обслуживания и возможном выводе из очереди без ожидания обслуживания вообще (относительные и абсолютные приоритеты) [98].

В общем случае модель запаса представляет рекуррентную схему изменения величины запчастей и комплектующих на складе [86]. Цель – сокращение времени ожидания в ремонтном цикле [87]. Для дискретного времени значение запаса Z_n будет определяться на основании

$$Z_{n+1} = Z_n + \eta_{n+1} - f(Z_{n+1} + \eta_{n+1}, \Pi_{n+1}) \quad (2.15)$$

где Π_{n+1} - потребность в запчастях на отрезке $(n, n+1]$; η_{n+1} - величина заказа на момент времени $n+1$; $f(Z_{n+1} + \eta_{n+1}, \Pi_{n+1})$ - количество используемых запчастей на момент времени $n+1$.

В работе полагается, что заявки на определенные типы запчастей и комплектующих Π_1, Π_2 представляют взаимно некоррелированные и одинаково распределенные величины. Время и величина заказов определяются на основании выбранной стратегии заказывания, а преобразование f формируется на основании этой стратегии. При этом

$$f(Z_{n+1} + \eta_{n+1}, \Pi_{n+1}) \leq \Pi_{n+1} \quad (2.16)$$

В рамках постановки задач построения моделей поставок рассматриваются две стратегии заказывания, которые различаются по их допущению или недопущению выполнения неравенства

$$f(Z_{n+1} + \eta_{n+1}, \Pi_{n+1}) > Z_n + \eta_{n+1}. \quad (2.17)$$

В случае, когда задолженность допускается выполняется равенство $f(Z_{n+1} + \eta_{n+1}, \Pi_{n+1}) = \Pi_{n+1}$ и последнее соотношение преобразуется в

$$Z_{n+1} = Z_n + \eta_{n+1} - \Pi_{n+1} \quad (2.18)$$

и отрицательная величина запаса запчастей и комплектующих говорит о возможной задолженности, величина которой на момент времени $n+1$ удовлетворяет следующему равенству

$$B_{n+1} = \max(0, -Z_{n+1}) = -\min(0, Z_n + \eta_{n+1} - \Pi_{n+1}). \quad (2.19)$$

В случае, когда задолженность не допускается, требования к наличию запчастей и агрегатов должны удовлетворяться лишь на основе наличия имеющихся на складе запасов. При этом

$$f(Z_{n+1} + \eta_{n+1}, \Pi_{n+1}) = -\min(Z_n + \eta_{n+1}, \Pi_{n+1}), \quad (2.20)$$

А исходное рекуррентное соотношение переходит в

$$Z_{n+1} = -\max(0, Z_n + \eta_{n+1} - \Pi_{n+1}). \quad (2.21)$$

Приведенная стратегия управления запасами приводит к дефициту, значение которого на момент $n+1$ будет задаваться соотношением

$$D_{n+1} = \Pi_{n+1} - f(Z_{n+1} + \eta_{n+1}, \Pi_{n+1}) = -\min(0, Z_n + \eta_{n+1} - \Pi_{n+1}). \quad (2.22)$$

Наиболее часто на практике используется модель управления фиксированным диапазоном, в которой предполагаются заданными два действительных числа s и S , причем $0 \leq s < S < \infty$.

Если в процессе ремонтных работ запас для некоторых комплектующих становится меньше нижней границы s , то выполняется процедура пополнения данной номенклатуры, которая приводит уровень запаса к верхней границе S . В результате, объем заказа номенклатуры определяются соотношением

$$\eta_{n+1} = \begin{cases} 0, & s \leq Z_n \leq S \\ S - Z_n, & Z_n < s \end{cases} \quad (2.23)$$

Исходное соотношение в данной модели переходит в

$$Z_{n+1} = \begin{cases} Z_n - \xi_{n+1}, & s \leq Z_n \leq S \\ S - \xi_{n+1}, & Z_n < s \end{cases} \quad (2.24)$$

В рассмотренной модели всегда поставляется заказанное количество комплектующих, возможно, только с некоторой задержкой. Интерес представляет ситуация, в которой поставки являются случайными величинами. В монотонной стратегии заказывания определяется некоторое критическое значение x^* . После контроля уровня запасов на складе принимается решение о заявке на данную номенклатуру, если количество запчастей $Z_n < x^*$. Предполагается, что сформированный заказ выполняется немедленно. Если значение $Z_n \geq x^*$, то заявка на заказ не выполняется, и в результате рекуррентная схема определяется как

$$Z_{n+1} = \begin{cases} Z_n + X_{n+1} - \Pi_{n+1}, & Z_n < x^* \\ Z_n - \Pi_{n+1}, & Z_n \geq x^* \end{cases} \quad (2.25)$$

где заявка на запчасти Π_{n+1} также представляет некоторую случайную величину.

2.4 Разработка технологического графа в рамках сформированной организационной структуры СМО

В соответствие с построенной системой СМО далее в плане оценки временных характеристик доставки разработана параметрически управляемая многофазная, многоканальная и многоуровневая имитационная модель (рис.2.3). Верхний уровень описывает многофазную обработку требований на выполнение заявки на поставку запчастей определенного типа, нижний – непосредственно физическую обработку заявки на поставку.

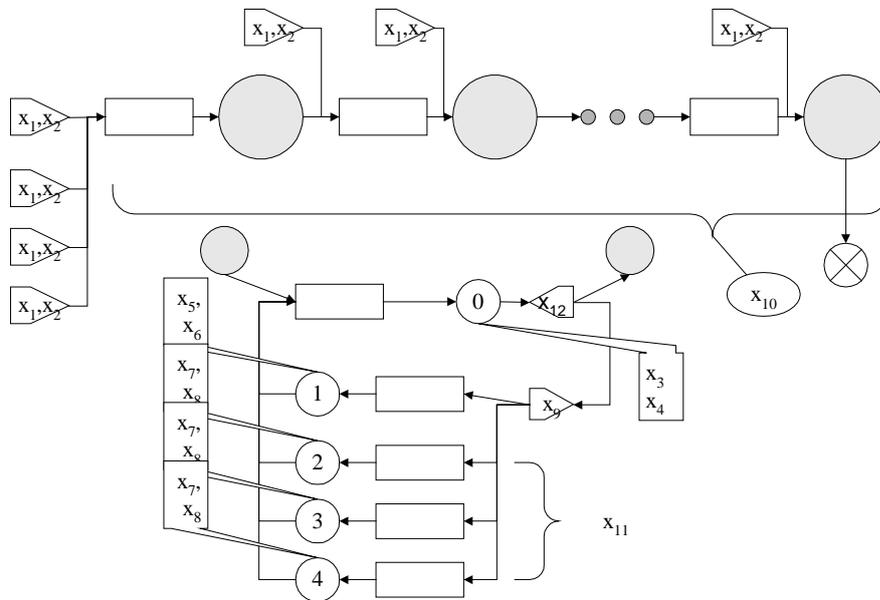


Рисунок 2.3 – Двухуровневая многофазная модель системы интегрированной поддержки поставок: x_{ij} – показатели подсистемы хранения запасов

В имитационной модели предусмотрена вариация следующими параметрами: формат сети верхнего уровня (разомкнутая, замкнутая), число фаз на верхнем уровне, приоритеты заявок, количество транзактов в замкнутой модели, показатели вероятностных законов распределения входных потоков и показателей обслуживания в узлах сети, матрицы переходных вероятностей [19, 97]. Для всех показателей указываются как математические ожидания, так и дисперсии.

Для замкнутого варианта сети (рис. 2.4) определены времена $T1$, $T2$ и $T3$ формирования заявки на доставку комплектующих в аэропорте, последующей ее передачи в службу снабжения аэропорта и дальнейшего направления заказа в ЕЦП в Москве (для Домодедово, Шереметьево и Внуково соответственно). Определяется время $C1$ обратного рейса между Единым центром услуг в Москве и Европейским отделением комплектации (включает в себя информирование производителей Единым центром услуг в Москве и доставку комплектующих производителями Европейскому отделению комплектации), а также времени $C2$ – доставки необходимых комплектующих соответствующему аэропорту

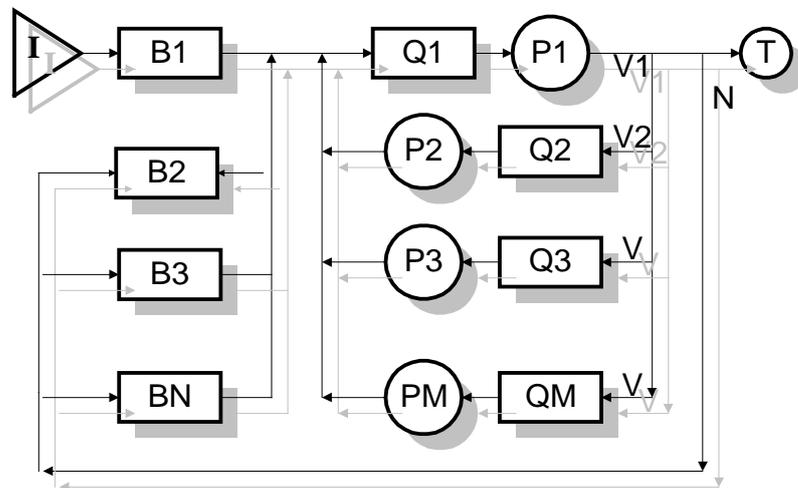


Рисунок 2.4 – Структура исходной модели СМО

Входные переменные модели исследуемой системы делятся на неконтролируемые неуправляемые, контролируемые управляемые и возмущения, которые генерируются соответствующими датчиками случайных чисел. Управление является соответствующим выходом модели системы управления $U_{i+1} = A(Y_i, X_{i+1}, E_{i+1})$, здесь A - алгоритм системы управления, представляющей логико-математическое описание системы, представленной в виде программной реализации (рис.2.5).

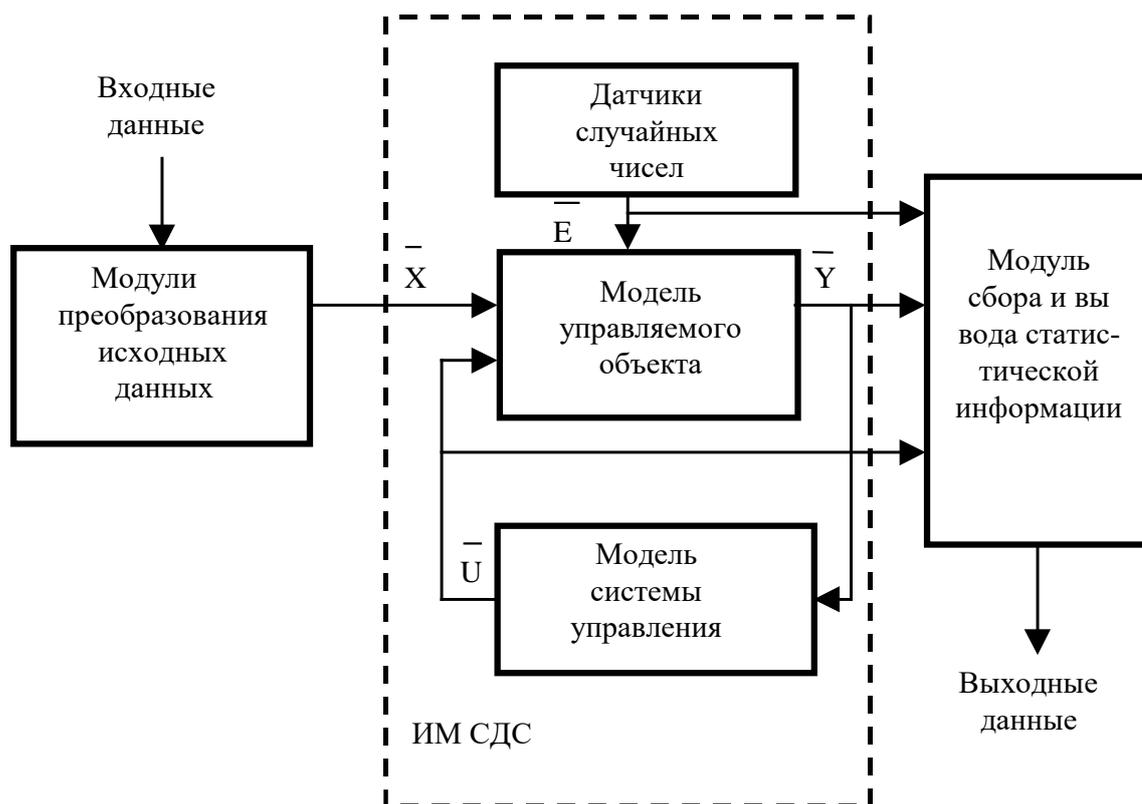


Рисунок 2.5 – Состав ИМ сложной модели

Формализмы Ресурсов, Действий и Операций (РДО) представляют идеологию интеграции моделей с последующей реализацией имитационного эксперимента. Все элементы моделируемой системы представлены в виде параметризованных ресурсов. Процесс в системе РДО представляет последовательность целенаправленных действий в виде соответствующих событий, изменяющих на основе заложенных программных имитаторов в заданном временном интервале (между начальным и конечным событиями).

События дают формальное описание изменений состояния системы, которые генерируются случайным образом и непредсказуемы для продукционной модели системы, описывающей влияние внешних факторов [112]. Действия представляются операциями в виде модифицированных продукционных правил, учитывающих кроме логических еще и временные связи. В результате модель представляет собой совокупность множества ресурсов R и операций O .

Таким образом, модель представляет собой систему правил вывода. Базой данных (БД) этой системы правил вывода является совокупность всех ресурсов R , базой знаний (БЗ) – совокупность всех операций O . Применение к выбранной системе управления поставками, которая по определению представляет динамическую систему, заключается в формализованном представлении ресурсов и операций, а также их сопровождении в базах данных и знаний. В данной системе возможно установление взаимно однозначного соответствия компонентов реальной динамической системы в ее информационное представление. Основными компонентами системы, а именно, законам функционирования динамической системы и непосредственно производственному процессу соответствуют используемые в системе информационные компоненты, а именно, ресурсы, операции, действия и события (рис. 2.6). Указанные компоненты интеллектуального обеспечения (вся совокупность ресурсов и операций) формирует модель динамической системы. Производственный процесс – упорядоченная временная последовательность действий A и событий E .

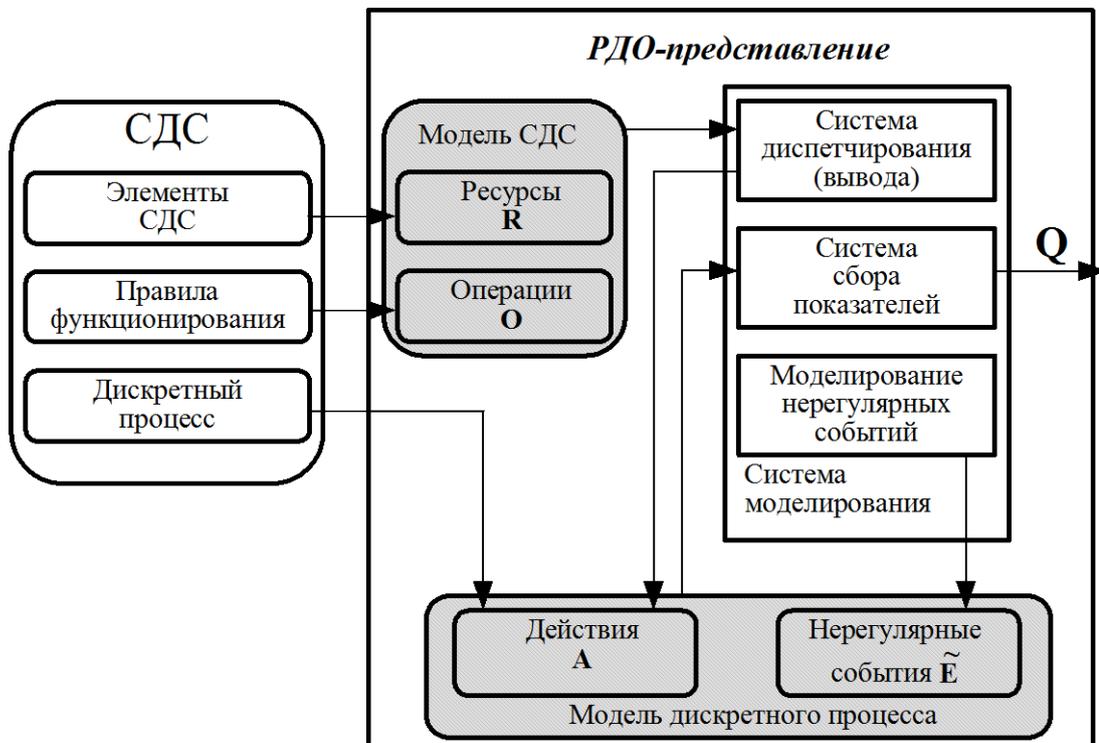


Рисунок 2.6 - Представление СДС в РДО-методе

При управлении динамической системой в реальном времени изначально определяются моменты инициации и завершения требуемых действий на базе основной модели динамической системы. При этом моменты завершения действий, а также наступления соответствующих событий определяются как функция отклика реального объекта динамической системы. Система управления соответствует модулю вывода продукционной системы [123].

Добавляя к продукционной системе аппарат событий, который переопределяется на основе построенных моделей поставок запчастей, получается компонента имитационной модели динамической системы. В данной ситуации моменты завершения соответствующих действий формируются на основе реализации имитационных блоков модели динамической системы. Кроме отмеченных компонентов, РДО-система моделирования для статистической параметризации модели включает подсистему сбора производственных показателей Q , которые являются основой для первичной обработки и разведочного анализа поведения системы.

При реализации имитационного алгоритма состояние компонентов динамической системы изменяется на основании описаний соответствующих событий или действий в моменты начала либо их завершения. Базовыми компонентами являются сама система продукции вывода и формальный аппарат представления событий (рис.2.7).

Система вывода вызывается после каждого изменения состояния, или при выполнении любого события. При этом в базе знаний продукционной системы просматриваются на предмет инициализации все возможные операции. Если таковые имеются, то реализуются механизмы начала выполнения соответствующих действий [89,129]. Далее, на основании анализа данных, полученных на основании реализации имитационного процесса, выполняется расчет заданных показателей и характеристик функционирования системы.

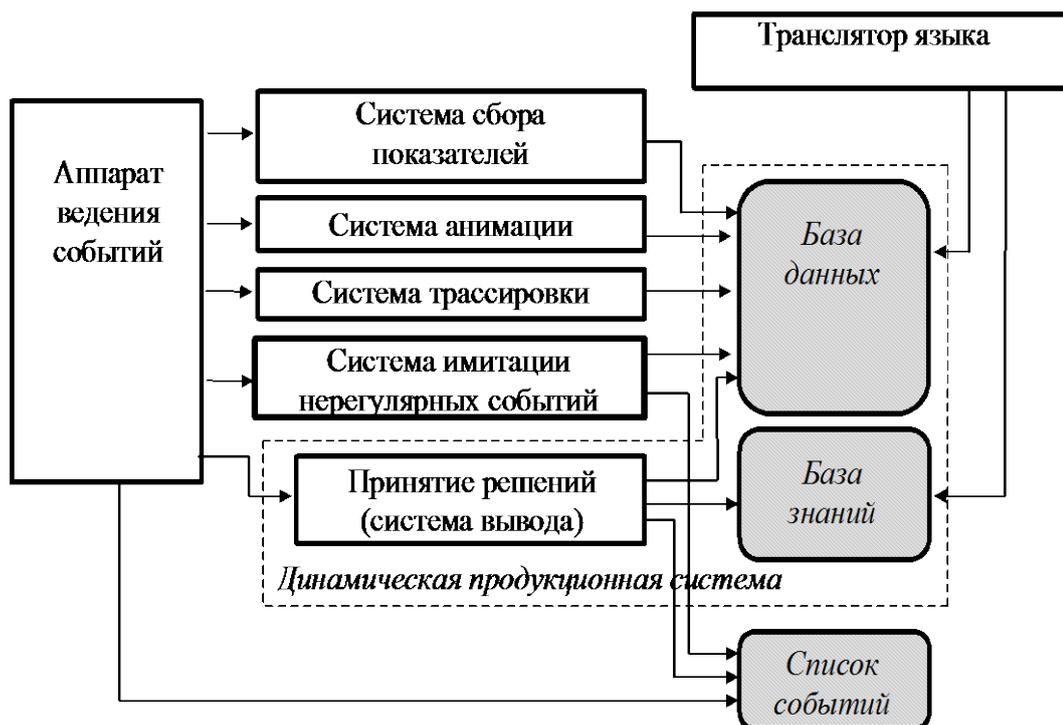


Рисунок 2.7 – Структура РДО-имитатора

Система трассировки позволяет выводить детальную информацию о всех событиях, которые используются для отладки системы в плане принятия управляющих воздействий. Система анимации дает возможность оперативно отображать динамику поведения системы (в рамках поставленного модельного эксперимента).

Ресурсы в динамической системе выполняют совокупность *действий*, причем практически все ресурсы могут взаимодействовать и между собой. Любое действие имеет время начала и завершения. Так действие обслуживания заявки на поставку определенной номенклатуры запчастей для конкретного подразделения имеет, по крайней мере два события: *Начало_обслуживания* и *Завершение_обслуживания*. Длительность данного действия связано с рядом случайных факторов и само является случайной величиной.

На основе формализации описания события действие, направленное на изменения состояния системы можно представить на основе события начала и завершения

$$a = \langle e_H, e_K \rangle = \langle t_H, C_H^-, C_H^+, t_K, C_K^-, C_K^+ \rangle, \quad (2.26)$$

где C_H^-, C_H^+ - полученные состояния системы до и после реализации события e_H ; C_K^-, C_K^+ - до и после реализации события e_K ; t_H, t_K - время начала и завершения действия.

В рамках системы моделирования ресурсы объединяются в множество

$$R = \{r_i \mid i = 1, \dots, N(t)\}, \quad (2.27)$$

где $N(t)$ - количество ресурсов на текущий момент времени, а r_i - i -ый ресурс. Состояние ресурса $C_i(t)$ на момент t определяется его параметрами $C_i(t) = \{c_{ij}(t) \mid j = 1, \dots, M_i\}$, где M_i - количество параметров ресурса i , а $c_{ij}(t)$ элемент матрицы, представляющий величину j -го параметра заданного ресурса i .

Общее состояние РДО-модели системы управления поставками запчастей будет задаваться множеством состояний всех ее ресурсов $C(t) = \{C_i(t) \mid i = 1, \dots, N\}$, направленных на выполнения заявок по обслуживанию наземной техники.

Процесс функционирования динамической системы формализуется в виде временной последовательности событий и действий

$$\Pi = \langle A, \tilde{E}, \succ \rangle, \quad (2.28)$$

где E - совокупность событий; A - совокупность действий; \succ - отношение временного порядка .

Для каждого события в системе моделирования в соответствие с разработанными моделями компонентов системы управления поставками

описывается процедура преобразования $F : C^- \xrightarrow{F} C^+$, на основании которого выявляются закономерности поведения динамической системы. Каждое действие a представляет следующую структуру

$$a = \langle F_H(C_K^-(R^a)), F_K(C_H^-(R^a)), t_H, t_K \rangle, \quad (2.29)$$

где F_H, F_K - процедуры преобразования параметров модели, определяющих состояние ресурсов для заданных событий e_H и e_K ; $C_{H,K}^-(R^a)$ - состояние соответствующих ресурсов в интервале между началом событий и завершением действия.

Для оценки влияния факторов разработанной модели имеют место следующие блоки: исходные данные моделирования; функциональный блок реализации имитационного алгоритма реализации механизмов поведения реальной системы; анализ и обработка результатов моделирования (рис. 2.8).

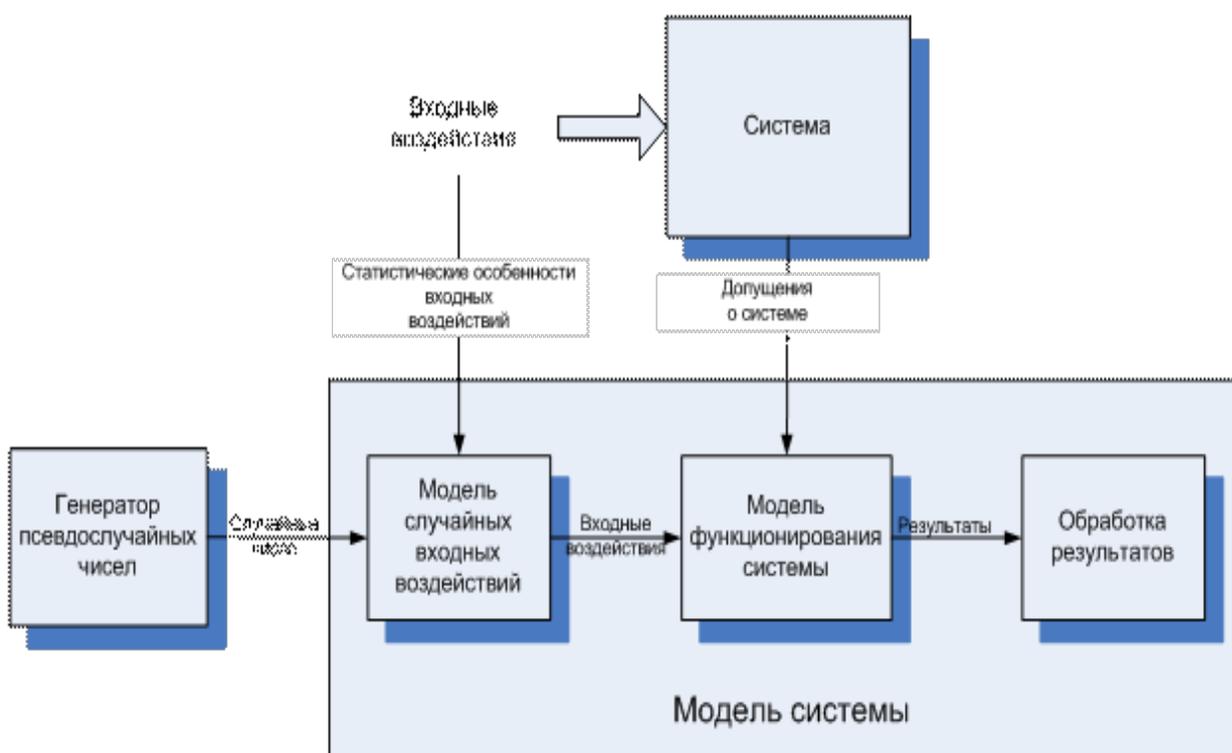


Рисунок 2.8 – Схема обработки данных имитационной модели

Блок входных данных представляет систему моделирования случайных воздействий, поступающих на вход стохастической модели управления поставками. Блок модели функционирования системы является аналитико-имитационным преобразователем входных факторов в результаты моделирования, блок обработки результатов служит анализатором полученных выходных данных.

Факторное моделирование сводится к подбору структуры модели данных, которая отражает особенности входных потоков и статистических закономерностей [100] в системе поставок запчастей для наземной техники на основе статистики отказов и продолжительности поставок согласно построенной модели [12].

2.5 Концепция и принципы построения единого центра поставок для оптимизации процесса доставки запасных частей

Создание единого центра в ИТЛС по работе с поставщиками и третьими компаниями позволит осуществлять более эффективные перевозки, чем те, которые действуют сейчас, обеспечивая при этом не только транспортное управление, но и повышение экономической эффективности участников перевозочного процесса [9,39,111].

Развитие данного направления деятельности транспортных и связующих компаний возможно только при полной координации совместной деятельности друг с другом. Не редки случаи, когда такая мера является необходимой при возникновении ситуации нехватки подвижного состава у одного из участников перевозочного процесса, который в свою очередь должен позаимствовать ресурсы у другой. Но не всегда возможно данное решение для этой проблемы, т.к. не все компании способны свободно контактировать и взаимодействовать друг с другом

в вопросе предоставления ресурсов и услуг (портов, складских комплексов, мощностей) по причине простого отсутствия плотных взаимосвязей. Все это приводит к торможению процесса развития транспортных услуг как самой системы, так и отдельных компаний в частности. Несмотря на это, некоторым игрокам рынка все же удастся наладить данные организационные связи, хотя это и является больше исключением, чем правилом. Операторами услуг предпринимаются усилия по созданию эффективной модели управления производством и ведения бизнеса [37,114,128,133].

Операторы создают логистические системы, позволяющие строить наиболее эффективную модель управления бизнесом [61,65,135,138]. Необходимо отметить тот факт, что самый правильный выбор – это создание единой координационной системы для управления всеми направлениями деятельности в сфере транспортных услуг для нескольких компаний в интересах каждого. Одним из таких может являться ЕЦП по предоставлению услуг в московском регионе, предоставляющий полный комплекс поддержки услуг доставки запчастей для аэропортов МАУ, включающий в себя единый центр управления, порты, складские комплексы и т.д.

Данный центр по сути является управляющей компанией ассоциационного типа, выполняющей роль единого координационного совета с вертикальной структурой управления, который позволит организовать полный цикл работ, связать воедино несколько транспортных компаний, настроить и оптимизировать бизнес процессы, дать толчок для дальнейшего развития каждой из компаний, оптимизировать затраты и увеличить доходность [139,141].

Определим основные цели данного центра:

- организация наиболее эффективного и рационального использования портов, транспортных узлов, коридоров и транспортных сетей России и региона;
- оптимизация процесса перевозки;
- ускорение процесса поставок;
- сокращение финансовых издержек при процессе транспортировки;

- снижение затрат, связанных с финансированием процесса доставки, для грузовладельца.

Необходимо учесть базовые принципы деятельности подобного центра:

- свободный доступ к информации и отчетности каждого их участников процесса с исключением возможности доминирования и дискриминации;

- соблюдение интересов каждой заинтересованной в перевозочном процессе стороны в рамках их деятельности;

- построение системы на основании принципов логичности, рациональности, системной целесообразности, высокой динамики и максимальной эффективности

Основные задачи ЕЦП:

- построение эффективной системы взаимодействия всех участников перевозочного процесса, обеспечения доставки и складирование грузов, погрузки-разгрузки и организации поставок;

- построение мощной системы информационного обеспечения и информирования всех участников процесса. Равный доступ для каждого к единой системе мониторинга. Построение честных взаимоотношений на принципе равенства каждого;

- эффективное транспортное функционирование за счет координации деятельности каждого из участников;

- формирование элементов грузопродвижения за счет построения эффективной математической и экономической модели;

- построение модели управления за счет критериев времени и себестоимости транспортировки;

- графическое формирование системы взаимодействия для наглядного представления всего процесса, пример на рис. 2.9;

- открытие и привлечение капиталов для развития основной сферы деятельности;

- построение системы для управления огромным количеством транспортных единиц и достаточно крупным парком транспортных средств, что безусловно

важно для действующей современной модели развития рынка транспортных услуг страны;

- формирование высокотехнологической системы управления процессом перевозки на основании состыковки нескольких видов транспорта, разделение всего процесса на стадии, этапы и звенья. Каждый этап должен компетентно управляться и находиться под мониторингом во все процессы цикла.

Сам по себе процесс является очень сложным и многоступенчатым объединением не только мелких элементов, но также и группы схожих элементов, объединенных в свое время в более крупные учетные и логически правильные элементы. Простой пример по грузовому показателю: сортировка, упаковка, распределение по складу погрузки. Процесс погрузки, распределения, выгрузки, формирования общих и частных заказов, компиляция по направлениям деятельности, промежуточное складирование и отслеживание всего производственного цикла [121,132,143].

Операции, из которых складывается процесс перевозки, неоднородны и сильно отличаются своей продолжительностью. Некоторые операции, объединяясь, создают определенные этапы этого процесса, каждый из которых выполняет свои задачи. Как отдельные операции, так и этапы процесса перевозки находятся в определенной последовательности [144]. Часто все эти элементы рассматриваются как отдельные независимые операции. Но все они должны быть объединены в общую схему построения и поддержки услуг. Немаловажным остается так же и тот фактор, что на услуги транспортировки и несвоевременной организации подачи-уборки, не редко образуются простои и финансовые потери, которые порой могут достигать до 60% от всех накладных затрат [24, 35, 78]. Именно координация всех действий и призвана бороться за недопущения повышения себестоимости процесса и общему снижению затрат.

Рассмотрим пример организации перевозочного процесса на примере предоставления услуг по перевозке автомобильным подвижным составом с формированием грузов на станциях погрузки и выгрузки (рис.2.9). В случае, если представлен только один участник, который работает без координации действий и

использует только самостоятельный ресурс и собственный подвижной состав в единичном цикле услуг. Преимуществом является простота применения, но возникают дополнительные затраты на использование порожнего состава и неоправданные издержки при локальном использовании [140,142].

На рис. 2.12 (б) представлена система с центральной системой управления. Данный вариант является более технически сложным, но заметны изменения в сокращении издержек за счет применения единого подвижного состава в процессах нескольких участников, что позволяет загрузить подвижной состав по максимальным показателям, исключая простои и порожние перевозки.

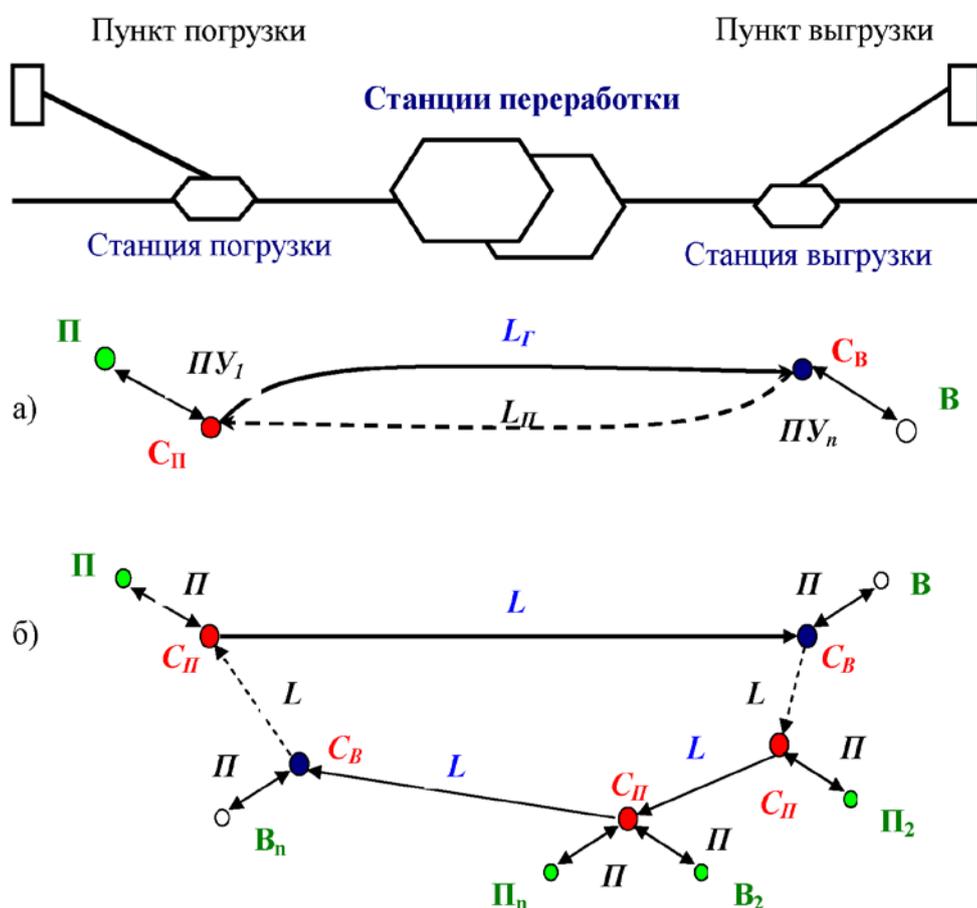


Рисунок 2.9 - Схемы маршрутов доставки запасных частей

L_{Γ} – рейс груженный, L_{Π} – порожный рейс, C_{II} – погрузочная станция, C_B – разгрузочная станция, Π – погрузочный пункт, B – пункт выгрузки, $ПУ$ – подача подвижного состава

Процесс управления перевозочным процессом при помощи ЕЦП можно представить, как двухфазную систему. Первая фаза представляет собой блок формирования заявок, организации и построения системы взаимодействия между интересами разных участников процесса в едином информационном, технологическом и локационном поле. Вторая фаза представляет из себя сам процесс управления и координации всех действий в текущий момент времени. Оперативное реагирование на внештатные происшествия, постоянный доступ к информационной базе каждого из участников, своевременное информирование о сбоях, задержках, замена неисправных элементов системы [146].

Очевиден тот факт, что единая координационная система, не смотря на сложность ее построения, в конечном итоге позволяет решить целый комплекс проблем, которые невозможно решить в одиночной среде, за исключением компаний, являющихся монополистами и крупными представителями бизнеса, которые могут себе позволить создание собственной системы управления перевозками. Во всех остальных случаях – оптимальное решение для правильного управления — это построение ЕЦП.

При определении затрат, связанных с выполнением перевозочного процесса, необходимо учитывать технико-экономические показатели используемого подвижного состава (грузоподъемность, техническая скорость, показатели использования подвижного состава, время простоев под погрузочно-разгрузочными операциями и др.), расстояние транспортирования, затраты, связанные с выполнением погрузочно-разгрузочных работ, с повреждением и потерей груза, с нарушением срока доставки груза и др., т.е. затраты не только на транспорте, но и других участников перевозочного процесса. Более эффективное использование графа перевозочного процесса, который отображает структуру и взаимосвязи как между компонентами перевозочного комплекса, так и между транспортным комплексом и средой [148]. В качестве критериев эффективности предполагается использовать: себестоимость; качество; надёжность; стандартизованность.

Задачей же и готовым решением всей работы становится составление новой эффективной модели доставки за счет интегрированной логистической поддержки и жизненного цикла систем. Графически отображая, данное решение можно представить в следующем виде (рис.2.10.)

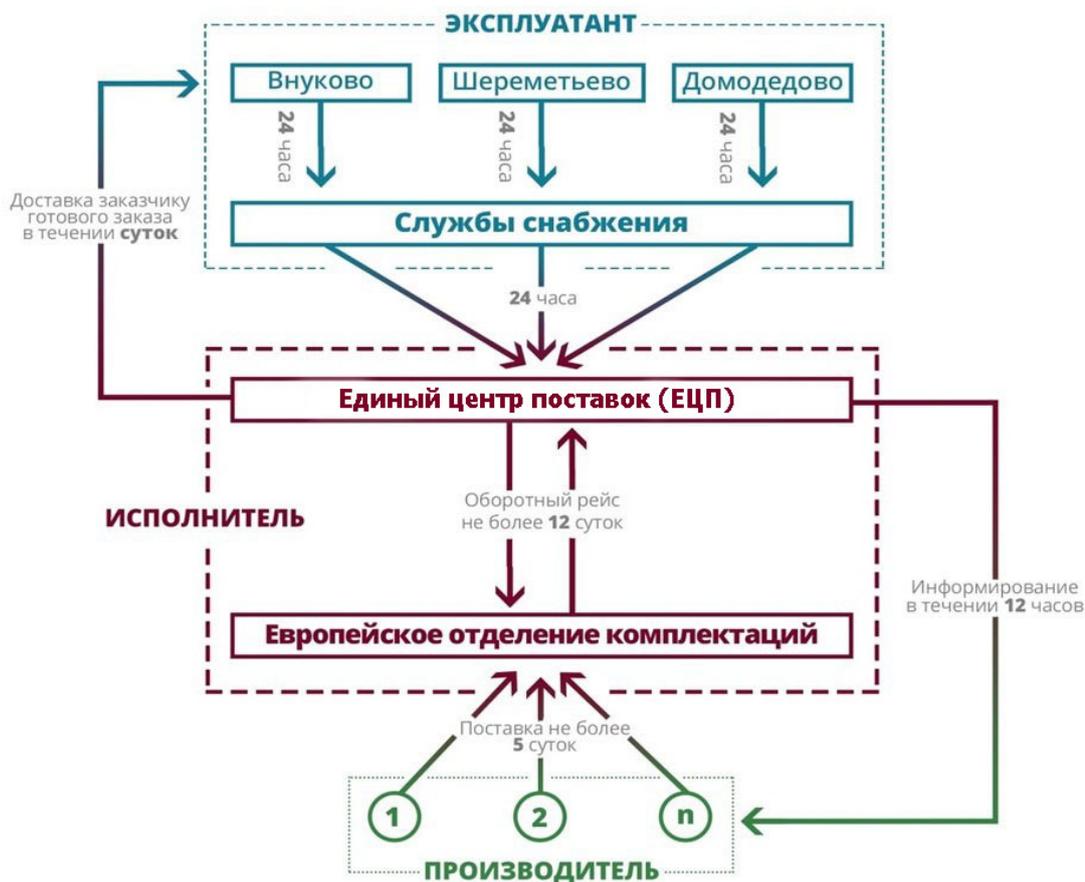


Рисунок 2.10 – Структура связей функциональных элементов в системе интегрированной логистической поставки запасных частей автомобильным транспортом

Представленная схема интегрированной поддержки допускает построение достаточно адекватной модели оценки временных затрат на доставку в виде сети массового обслуживания.

Разработанные методы и модели сведены в единую методику ИЛП управления запасами запчастей МАУ. Выделяются две составляющие. Это информация, поступающая в систему ИЛП от ЛПР ($I_{ЛП}$) и передаваемая ЛПР от ИЛП (I_3). Составляющая $I_{ЛП}$ представляет совокупности целей, которые

реализуются пользователями системы с уровнями иерархии - $C = \{c_i\}, i \in \{1, 2, \dots, n\}$, а также оценок необходимых ресурсов $R = \{r_i\}$, для достижения c_i . В работе предполагается, что r_i является скалярным критерием оценки i -го ресурса (в случае многокритериальности возможна классическая свертка), необходимого для достижения цели c_i . Составляющая I_i представляет совокупность программ P_i достижения цели c_i . В основном P_i представляет множество управляющих решений $P_{i,l}, l \in L\{1, 2, \dots, d\}$, использование каждого из которых основывается на идентификации текущей ситуации на множестве R , а также оценкой исходов. При этом управляющее решение $P_{i,l}$ может быть сформировано процедурой из множества $p_{i,l}^k, k \in K = \{1, 2, \dots, w\}$, а изменение количественных оценок требуемых ресурсов определяется выбором и возможной реализацией данного управляющего решения $P_{i,l}$, а также зависит от внешних воздействий. Сама процедура реализации $p_{i,l}^k$ зависит от состояния внутренней среды, а модель представляется совокупностью величин $(R, C, P_i, \phi, f, \psi, \chi, \lambda)$, где S - внутреннее состояние среды, $\phi: R \times c_i \rightarrow V(R)$ - функция определяющая для каждой цели соответствие набору оценок системного ресурса $V(R)$; $f: V(R(t)) \times P_{i,l} \rightarrow V(R(t+1))$, где $t \in T = \{1, 2, \dots\}$ представляет временную шкалу; $\psi: V(R(t+1)) \times P_{i,l} \rightarrow P_{i,g} (g \in l)$ является функцией выбора управляющего решения, которая определяется на основании оценки исходов; $\chi: P_{i,g} \times S \rightarrow P_{i,g}^k$ - функция выбора выполнения управляющего решения $P_{i,g}$, которая также определяется внутренним состоянием среды; $\lambda: P_{i,l} \times S \rightarrow [0, 1]$ отображение управляющего решения в оценку внутреннего состояния системы информационной логистической поддержки (рис.2.11.). В рамках решения данной задачи полагается, что информация о совокупности интересов c_i всех пользователей для всех уровней иерархии доступна. С учетом сформированной совокупности моделей предполагается, что для достижения

выбранной цели информационная система поддержки может оперативно выбрать одну из программ $P_j, j = \overline{1, m}, m \leq n$.

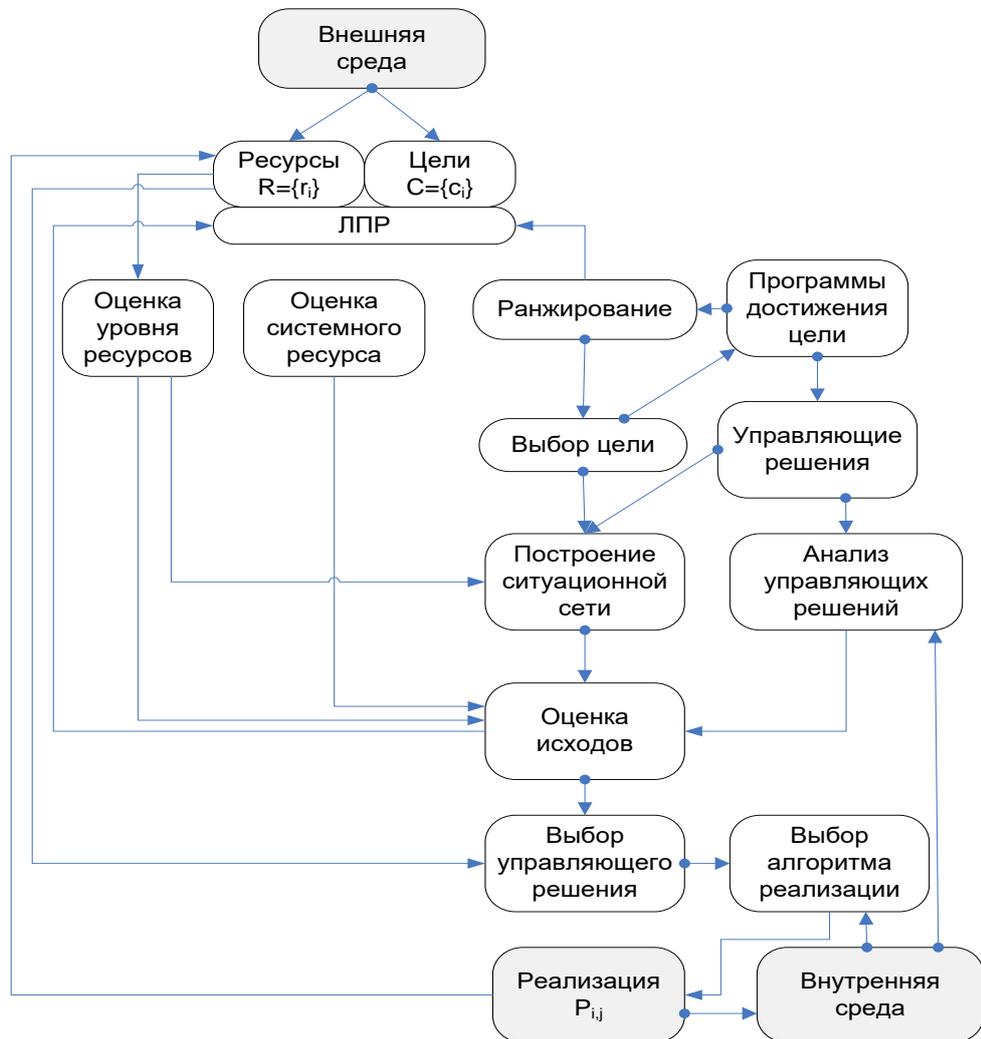


Рисунок 2.11 – Модель механизмов поддержки принятия решений в условиях изменения состояния внешней среды

В общей структуре управления поставками после выбора цели система ИЛП проводит анализ возможных управляющих процедур для решения оптимизационной задачи $V(R)/c_i \rightarrow \max$. Данная программа управления имеет ряд последовательных этапов, каждый из которых предполагает выбор управляющего решения на основе одной из моделей, основанных на количественной оценке системных ресурсов.

В общем случае для реализации механизмов поддержки принятия решений предполагается многоуровневая схема представления последовательности цель-модель-результат (табл. 2.1.). Принятые формализации позволяют достаточно детально понять всю совокупность задач, необходимых для реализации решающих правил.

Таблица 2.1 – Многоуровневая схема

Уровни	Цель	Модель	Результат
Уровень 1	Согласование целей	Оценка состояния системы	Определение механизмов перехода в более согласованную структуру по целям
Уровень 2	Анализ автономных целей	Модели оценок перехода в систему локальных целей	Оценка достижимости локальных целей и ее стоимости
Уровень 3	Идентификация состояния системы	Модели идентификации признаков	Оценка текущего состояния компонентов
Уровень 4	Формирование интегральных критериев	Модели свертки и преобразования количественных и качественных показателей	Формирование универсальных и лингвистических шкал

Приведенные принципы построения работы ЕЦП ИТЛС поставками запчастей на основании программно-моделирующей среды предполагают решения ряда задач:

- 1) формирование иерархической модели поведения, позволяющей реализовать координацию отдельных компонентов системы при ограниченности ресурсов;
- 2) формирование процедур правдоподобных рассуждений, направленных на идентификацию неполной и неопределенной информации для выделения противоречий, которые получаются при реализации механизмов управления поставками запчастей;
- 3) оценка возможности перехода к формированию ситуационной сети управления, которая позволит оперативно отслеживать динамику поведения системы с целью принятия оперативных решений;

- 4) формирование правил логического вывода разработанной ситуационной сети для достижения выбранных целей или наиболее устойчивых состояний системы управления;
- 5) создание процедур идентификации текущих ситуаций с последующим поиском аналогичных решений;
- 6) анализ форм представления знаний экспертной информации об эффективности решающих правил в системе управления поставками запчастей для наземной техники аэропортов МАУ.

На базе данного подхода может быть сформулирован и решен ряд задач синтеза механизмов управления, направленных на интеграцию компонентов системы с целью повышения интегральных показателей эффективности.

Выводы по второй главе

В целях повышения эффективности процесса доставки запасных частей для САТС в работе предлагается применить концептуально новую систему поставок запасных частей с применением ИЛП.

Для обоснования выдвинутого предположения в работе необходимо провести эксперимент, который позволит судить об изменениях основных характеристик процесса доставки запасных частей для наземной техники аэропортов.

1. Определена структура СМО и дисциплину обслуживания, а также показатели качества обслуживания, то есть числовые показатели, по значению которых можно было бы судить о качестве функционирования СМО
2. Разработаны этапы имитационного моделирования и формализованное логико-математическое описание системы управления в соответствии с поставленными задачами и уровнем детализации.
3. Разработана экономико-математическая модель подсистемы хранения запасов, представляющая собой рекуррентные схемы изменения величины запасных

частей и комплектующих на складах, для планирования времени использования запасных частей для организации работ на определенный момент времени, главной целью которой является сокращение времени ожидания в ремонтном цикле

4. Разработана подсистема определения потребности в запасных частях, как модель управления фиксированным диапазоном в виде монотонной стратегии заказывания запчастей для САТС.
5. Сформирована структура технологического процесса для разработанной организационной структуры СМО в рамках имитационной модели, позволяющая собирать статистику по всем типам информационных блоков, включая очереди и каналы поставок, что в свою очередь позволит сократить время на полный цикл доставки запасных частей для САТС МАУ.
6. Разработаны концепция и принципы построения ЕЦП, позволяющего оптимизировать процесс доставки запасных частей. Очевидно, что единая координационная система, не смотря на сложность ее построения, в конечном итоге позволяет решить целый комплекс проблем, которые невозможно решить в одиночной среде, за исключением компаний, являющихся монополистами, которые могут себе позволить создание собственной системы управления перевозками. Во всех остальных случаях – оптимальное решение – это построение ЕЦП. При определении затрат, связанных с выполнением перевозочного процесса, необходимо учитывать технико-экономические показатели используемого подвижного состава (грузоподъемность, техническая скорость, показатели использования подвижного состава, время простоев под погрузочно-разгрузочными операциями и др.), расстояние транспортирования, затраты, связанные с выполнением погрузочно-разгрузочных работ, с повреждением и потерей груза, с нарушением срока доставки груза и др.

3. МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИИ ПОСТАВОК ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ В АЭРОПОРТАХ

3.1 Организация работы автомобилей по доставке запасных частей

В случае применения методов ТМО для решения задач должны учитываться два вероятностных фактора:

- необходимое время для обслуживания любого требования;
- время, когда требование поступает в систему.

При организации процессов планирования производственных процессов необходимо принимать во внимание большее количество случайных факторов. Помимо этого, возможный комплекс ограничений в зависимости от характера входящего потока (когда рассматриваются реальные системы) делает доступным решение лишь частных задач. Математическое структурирование процесса работы СМО (аналитический аппарат) и разработанные на его основе методики определения показателей эффективности не всегда позволяют получить искомые аналитические зависимости.

Для того, чтобы полностью описать СМО и осуществить постановку задачи должны быть определены: структура системы (см. глава 2, рис. 2.1); дисциплина или правила обслуживания в системе; показатели эффективности обслуживания, то есть численные показатели, которые определяют качество функционирования разрабатываемой СМО.

Поэтому в реальных условиях решения задач, применимых в автотранспортном производстве, найти аналитическое описание функционирования сложной СМО достаточно непросто из-за сложности математического описания. А, при наличии влияния на систему вероятностных факторов, возникающие трудности при проведении математического анализа становятся значимыми.

В таких случаях, чтобы получить более точную и достоверную информацию о присущей системе количественных и качественных закономерностей,

проводится экспериментальное исследование СМО в реальных условиях её работы. Однако, как в нашем случае, из-за удалённости системы от исследователя, проведение эксперимента недоступно на стадии проектирования системы. Поэтому формирование имитационной модели и экспериментальное исследование системы с её помощью может быть единственным путём получения необходимых характеристик процесса работы СМО.

Рассмотрим методику организации работы автомобилей по доставке запасных частей для САТС МАУ, интегрируемую в разработанную ИТЛС.

На ЕЦП продукция поступает в соответствии с проектируемыми планами поставок (подсистема формирования запасами запасных частей, пункт 2.2).

$$x_{i_t}^{10} = \min \left\{ \max \{ x_{i_t}^{10} / T \}; x_{i_t}^6 / (\tau_i^7 + \tau_i^2 \frac{x_{i_t}^2}{x_{i_t}^1}) \right\} \quad (3.1)$$

в соответствии со стратегией заказывания определяется некоторое критическое значение x^* (пункт 2.3).

$$Z_{\pm 1} = \begin{cases} Z_n + X_{n+1} - P_{n+1}, & Z_n < x^* \\ Z_n - P_{n+1}, & Z_n \geq x^* \end{cases} \quad (3.2)$$

Запасные части для САТС поступают в ЕЦП, где возможны два варианта реализации методики организации поставок запасных частей:

- 1) Груз размещается в фонде формирования заказов в виде запаса, а в последствии на автомобилях доставляется потребителю. Реализуется метод обработки грузов «доставка-склад-автомобиль-потребитель»
- 2) Груз непосредственно из ежеинтервального оборотного фонда загружается на автомобили для перевозки заказчикам. Этот вариант называется «доставка-автомобиль-потребитель». Такой вариант доставки,

как правило, не только возможен, но и показывает значительную эффективность обслуживания потребителей

Процесс обеспечения САТС МАУ запасными частями реализуется через взаимодействие ЕЦП, автомобильного транспорта и получателей грузов. Метод «доставка-автомобиль-потребитель» исключает затраты, связанные с погрузочно-разгрузочными работами на складе, также работы, связанные с хранением груза на складе. Однако нужно, чтобы автомобили, обеспечивающие доставку запчастей потребителям, находились на ЕЦП в момент их ежеинтервального прихода на склад. В противном случае, груз будет размещён на складе ЕЦП.

Моменты, когда запасные части прибывают на склад, носят вероятностный характер и буквально не зависят от потребителя груза.

Моменты прибытия подвижного состава (автомобилей) на ЕЦП, в свою очередь, являются случайной величиной. Необходимое число автомобилей, работающих на доставке запчастей с ЕЦП грузополучателям, зависит от организации работы ЕЦП, но они доставляют груз разным грузополучателям (различная длина ездки), и достоверно определить их момент прибытия на ЕЦП достаточно сложно. Поэтому логистика организации рациональных перевозок запчастей с ЕЦП как методом «доставка-склад-автомобиль-потребитель», так и методом «доставка-автомобиль-потребитель» подразумевает наличие неопределённой ситуации в работе СМО. Естественно, что чем больше количество привлечённых автомобилей, тем выше вероятность события «непосредственная перегрузка запчастей их ежеинтервального фонда для отправки его грузополучателю». В случае противного события происходит перегрузка запасных частей на склад ЕЦП для хранения.

Таким образом, формируется задача определения некоторого соотношения перевозок грузов с ЕЦП вариантами «доставка-склад-автомобиль-потребитель», «доставка-автомобиль-потребитель» и необходимого количества автомобилей для обеспечения этих перевозок, при котором достигались бы минимальные суммарные затраты, связанные с обработкой груза по обоим вариантам и с

потерями из-за непроизводительного простоя автомобилей. При этом принимается ограничение по времени хранения запчастей на ЕЦП.

Как уже отмечалось решение задачи возможно с помощью методов имитационного моделирования.

При моделировании данного процесса обработки груза на ЕЦП должны рассчитываться следующие величины

В качестве ежеинтервального периода времени принимаем 24 часа – сутки;

В качестве периода моделирования принимаем 365 дней – год;

q_0 – наличие продукции на базе в момент времени t , т;

q_t – количество запчастей, поступивших на ЕЦП в момент времени t , т;

q_{1t} – количество запчастей, обработанных обоими методами за сутки, т;

q_{2t} – количество запчастей, выгруженных на ЕЦП и обработанных методом

«доставка-склад-автомобиль-потребитель» за сутки, т;

Π_i – годовая потребность в запчастях i -го потребителя, т;

Π_t – суточная потребность в запчастях, т;

l_i – длина ездки от ЕЦП до i -го потребителя, км;

$t_{п.в.1}$ – время погрузки или разгрузки 1-ой тонны запчастей, час/т;

$t_{дв.1}$ – время движения автомобиля, приходящееся на 1-н километр, час/км;

A_r – среднее количество единиц подвижного состава, привлекаемое к перевозкам запчастей, ед;

t_n – время работы 1-го автомобиля в наряде за сутки, час/сут;

$T_{нг.}$ – производительное время работы 1-го автомобиля в наряде (погрузка-разгрузка), час/год;

$T_{нп.г.}$ – непроизводительное время работы 1-го автомобиля в наряде (простой в ожидании погрузки на ЕЦП), час/год;

α_p – среднее время работы 1-го автомобиля, отнесённое к 1-ой тонне запчастей при доставке её с ЕЦП потребителям;

c_1 – стоимость 1-го час непроизводительного пребывания автомобиля в наряде, руб/час;

c_2 – стоимость погрузки и выгрузки 1-ой тонны запчастей, руб/час;

c_3 – стоимость хранения 1-ой тонны запчастей на ЕЦП за сутки, руб/час;

c_4 – стоимость транспортировки 1- тонны запчастей, руб/час;

T – период моделирования, год;

$d\tau$ – время пребывания груза на ЕЦП, сут.

Общее время, необходимое для доставки запчастей с ЕЦП потребителям автомобилями в течении года, составит:

$$T_{п.г} = 2 \sum_j (t_{п.в1} \Pi_j + t_{дв1} l_j). \quad (3.3)$$

Суммарное время, затрачиваемое на доставку запчастей с ЕЦП заказчикам запчастей автомобилями в течении года, составит:

$$T_{нп.г} = A_r T_{п.г} - T_{п.г}. \quad (3.4)$$

Общие затраты за год на обработку груза на ЕЦП составят:

$$z = c_1 T_{нп.г} + c_2 \int_0^T q_{1\tau} d\tau + c_3 \int_0^T (q_0 + q_{2\tau}) d\tau + c_4 2 \sum_j (t_{п.в1} \Pi_j + t_{дв1} l_j). \quad (3.5)$$

Управляющим параметром (параметр оптимизации) определим количество автомобилей, привлекаемых для перевозок (A_r), так как его можно регулировать (осуществлять управление технико-экономическими показателями), то есть заказывать на ЕЦП большее или меньшее количество единиц подвижного состава.

3.2 Алгоритм оптимизации затрат при перевозке запасных частей для специальных автомобилей, эксплуатирующихся в аэропортах

Представим методику организации поставок запасных частей для САТС в МАУ в виде алгоритма, позволяющего оптимизировать затраты на транспортировку запасных частей при реализации ЕЦП (рис. 3.1). Моделирование производится с циклом в один день.

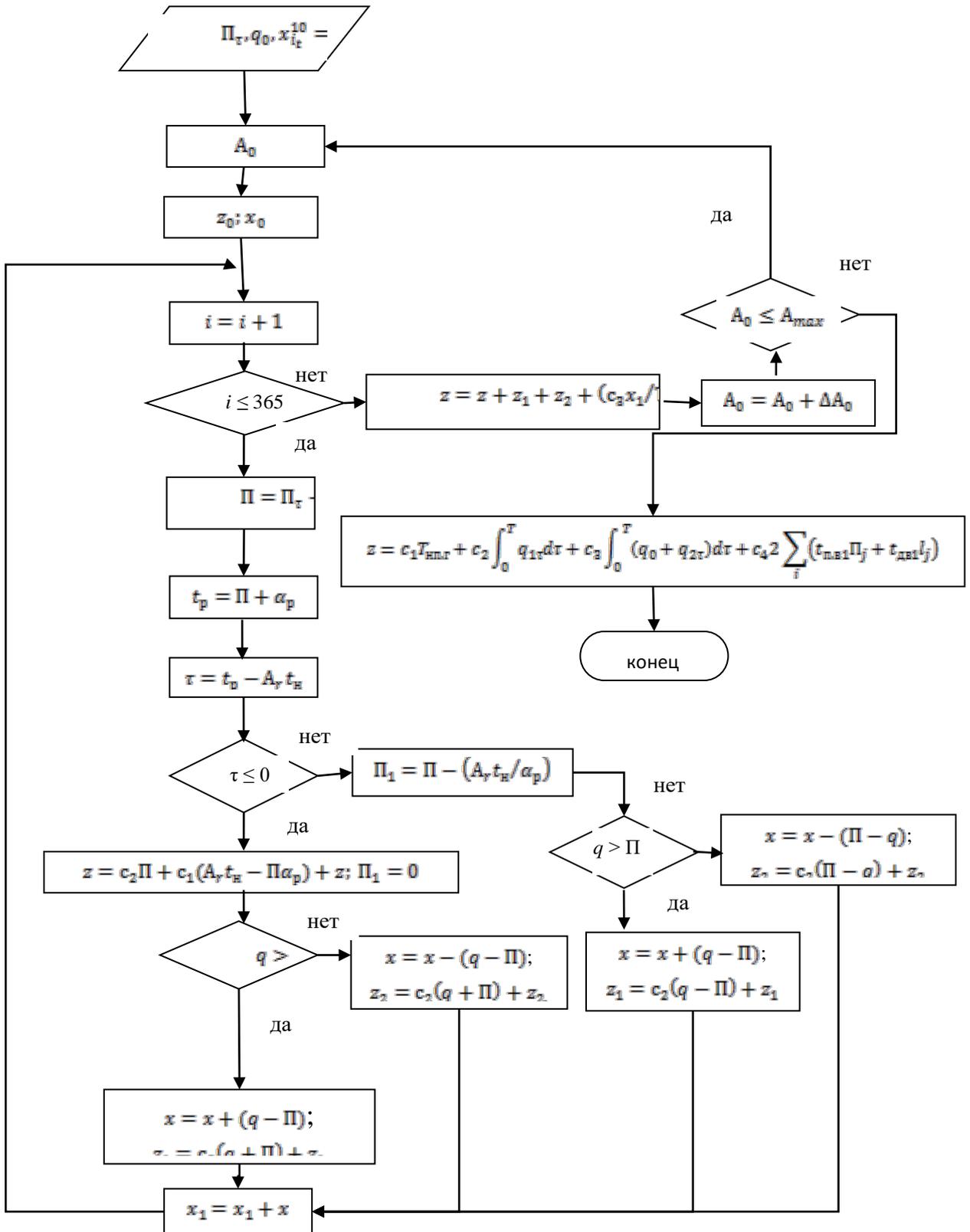


Рисунок 3.1 - Алгоритм методики организации поставок запасных частей для САТС в МАУ

Поясним работу алгоритма методики расчёта, учитывающей соотношения обработки груза методами: «доставка-склад-автомобиль-потребитель» и «доставка-автомобиль-потребитель».

1. Устанавливаются исходные данные и принимается число автомобилей, работающих на перевозке запасных частей с ЕЦП:

$$\Pi_{\tau}, q_0, x_{i\tau}^{10} = x, A = A_0$$

2. Устанавливаются начальные значения (все нулевые) издержек z и запасов запчастей x :

$$z_0 = 0; x = x_0$$

3. День увеличивается на единицу i (i – параметр моделирования):

$$i = i + 1$$

4. Определяется, не истёк ли период моделирования $i \leq 360$?

5. Формируется величина поступления продукции на ЕЦП q_{τ} , потребность принимается равной нулю:

$$\Pi = 0$$

6. Запас на базе увеличивается на величину поставки x :

$$x = x + q_{\tau}$$

7. Формируются величины поступления q_{τ} и потребности Π . Величина потребности Π равна сумме текущей Π_{τ} и неудовлетворённой потребности Π_1 :

$$\Pi = \Pi_{\tau} + \Pi_1$$

8. Определяется количество автомобиле-часов работы t_p , необходимое для развозки потребного количества запасных частей:

$$t_p = \Pi + \alpha_p$$

9. Определяется разность между необходимым количеством часов работы автомобилей и принятым к расчёту τ :

$$\tau = t_p - A_r t_n$$

10. Можно ли перевезти всё запасные части, которые требуется потребителям, данным количеством автомобилей $\tau \leq 0$?

11. Подсчитываются затраты на обработку груза методом «доставка-автомобиль-потребитель» и на непроизводительный простой автомобилей z , неудовлетворённая потребность ликвидируется:

12. Превышает ли объём запчастей Q объём запчастей Π , подлежащий вывозу: $Q > \Pi$?

13. После вывоза запасных частей остаток выгружается на склад и запас на складе x , а издержки в связи с выгрузкой на склад z :

$$x = x + (Q - \Pi);$$

$$z_1 = c_2(Q + \Pi) + z_1$$

14. Поступивший объём Q меньше потребности Π и часть груза берётся со склада x , при этом издержки на погрузку z_2 :

$$x = x - (Q - \Pi);$$

$$z_2 = c_2(Q + \Pi) + z_2.$$

15. Если дневная потребность не может быть развезена имеющимся парком автомобилей. Величина задолженности Π_1 :

$$\Pi_1 = \Pi - (A_r t_H / \alpha_p)$$

16. Поступивший объём Q больше возможного вывоза Π , $Q > \Pi$?:

17. Потребность удовлетворяется, а остаток помещается на склад x , при этом расходы на погрузку z_1 :

$$x = x + (Q - \Pi);$$

$$z_1 = c_2(Q - \Pi) + z_1$$

18. Потребность превышает объём поступлений и часть груза берётся со склада x , при этом расходы на погрузку z_2 :

$$x = x - (\Pi - Q);$$

$$z_2 = c_2(\Pi - Q) + z_2$$

19. Фиксируется остаток продукции на складе x_1 , где x_1 – рабочая переменная, служащая для определения средней величины запаса:

$$x_1 = x_1 + x$$

20. Время цикла моделирования истекло. Производится расчёт годовых издержек z :

$$z = z + z_1 + z_2 + (c_3 x_1 / T)$$

21. Количество автомобилей A_0 увеличивается на ΔA_0 , где ΔA_0 – шаг моделирования, то есть заранее установленное минимальное изменение параметра – количества автомобилей:

$$A_0 = A_0 + \Delta A_0$$

22. Определяется количество автомобилей меньше или равно возможному количеству $A_0 \leq A_{max}$?

23. Определяются затраты на эксплуатацию автомоделей и процесс хранения запасных частей по формуле 3.3.

В результате расчётов возможно получение зависимости изменения затрат от числа автомобилей. Минимум суммарных затрат будет соответствовать оптимальному количеству автомобилей, необходимых для вывоза поступающих запчастей.

3.3 Управление закупками запасных частей

3.3.1 Формирование плана закупок необходимых запасных частей

Для организации поставок запасных частей для САТС в МАУ необходимо формализовать процедуру закупок необходимых запасных частей или, говоря современным экономическим языком, сформировать бизнес проект (БП). Основной результат БП создания плана необходимых запчастей (рис. 3.2) - сформированный план на основные заказы. К основным элементам БП относятся: формирование списка необходимых запчастей; создание плана необходимых запчастей на год (период моделирования).

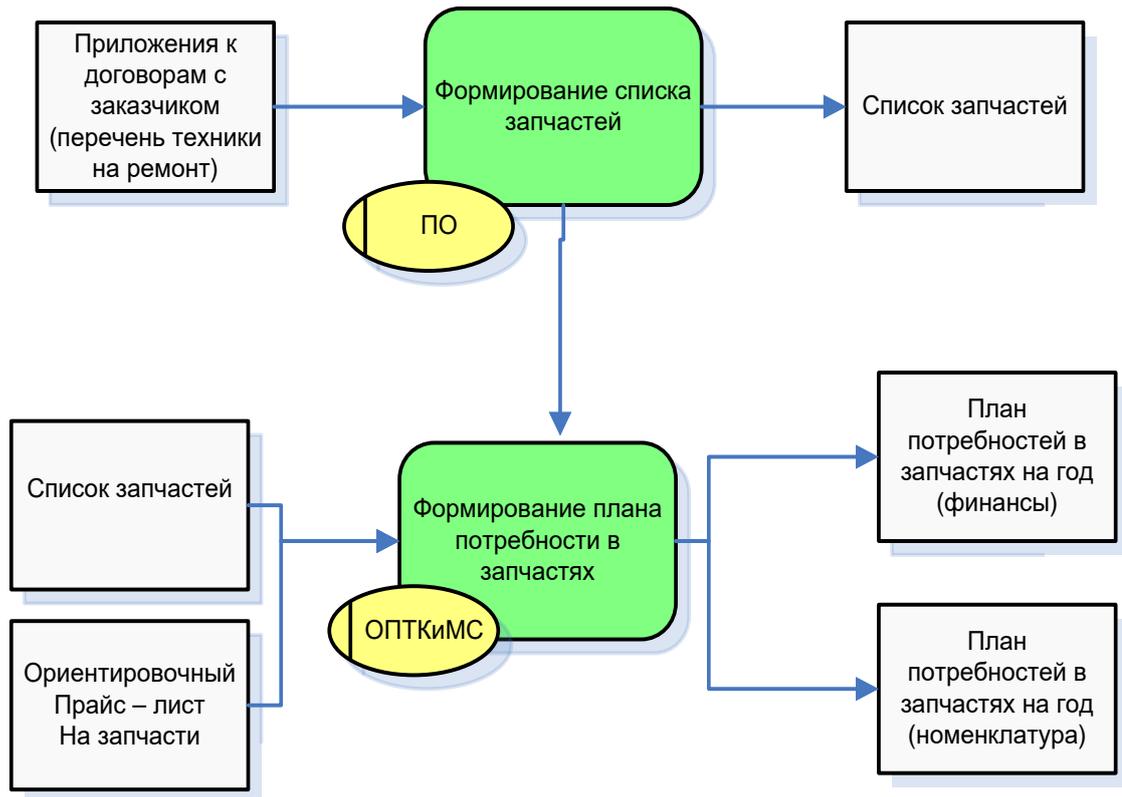


Рисунок 3.2 - Порядок выполнения БП создания плана необходимых запчастей

Основной результат создания плана необходимых запчастей – перечень запчастей необходимых для проведения ремонта техники.

Входящие документы: график ТО, ТР и КР на год. Исходящие документы: список запчастей; основные реквизиты; заказчик (участок); единица техники; предполагаемая дата потребности; перечень запчастей. Основной результат создания плана поставок необходимых запчастей – План потребностей в запчастях для выполнения основных заказов и предварительная финансовая потребность на приобретение запчастей. Входящие документы: список запчастей (ценовые предложения на на запчасти). Основные реквизиты: перечень запчастей; ориентировочные цены на запчасти. Исходящие документы: план потребностей в запчастях на год (финансы). Основные реквизиты: Заказчик (участок); список единица техники; предполагаемая дата потребности; сумма финансовых потребностей для приобретения запчастей, в разрезе единиц техники; финансовые потребности; план потребностей в запчастях на год (номенклатура). Основные реквизиты: заказчик и другие из входящих [131].

3.3.2 Процесс регистрации потребности в запасных частях

В результате БП регистрации потребности в запчастях (рис.3.3.) образуются сформированная сводная потребность в запчастях, потребность в финансах на оплату запчастях и определен Поставщик запчастей.

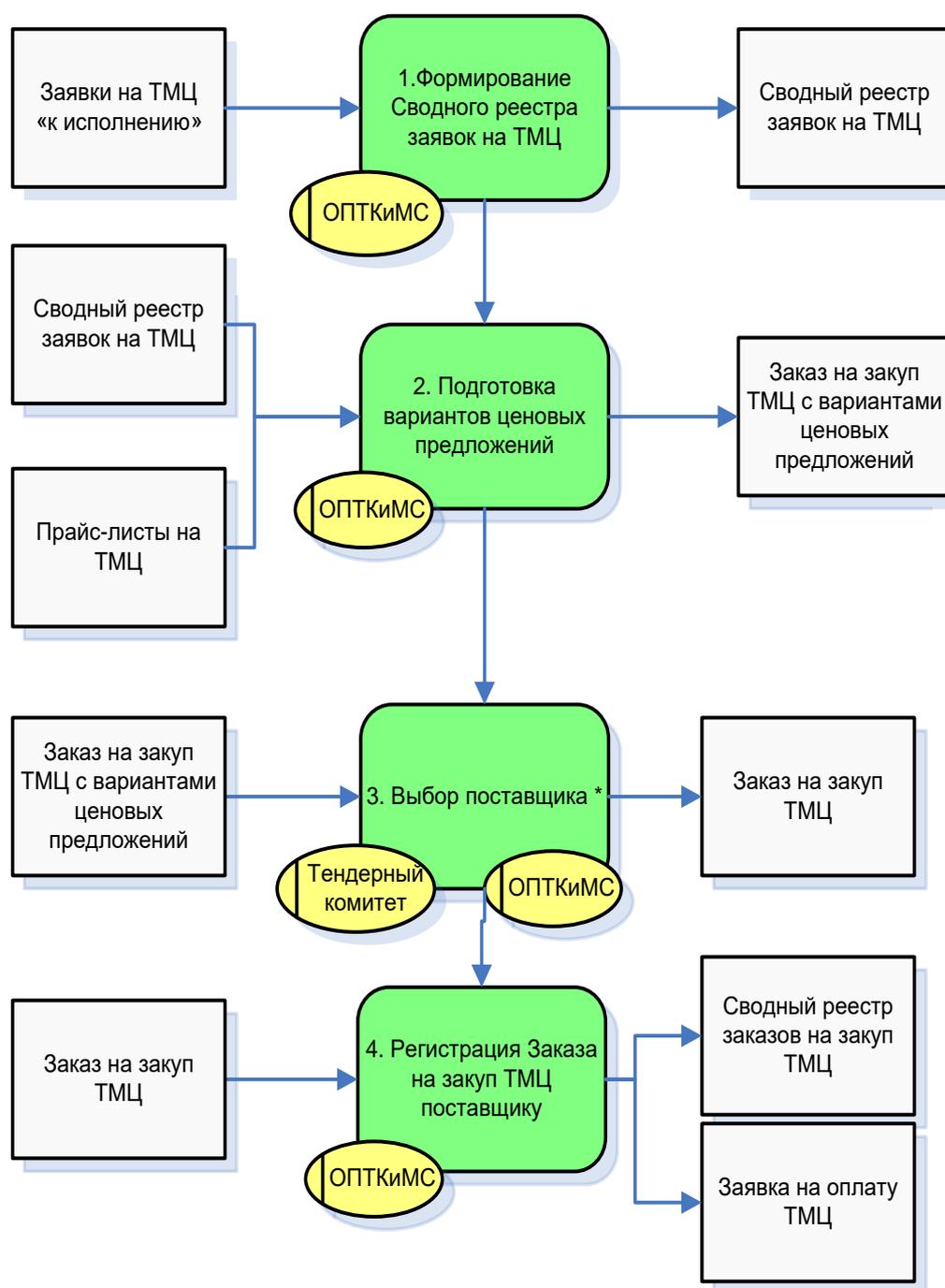


Рисунок 3.3 - Порядок выполнения БП регистрации потребностей

Перечень основных элементов: формирование сводного реестра заявок на запчасти; формирование списка возможных цен; формирование общей потребности в запчастях, а также финансовых ресурсов на их приобретение; выбор поставщика.

Основной результат формирования обобщенного реестра заявок на запчасти – обобщенный реестр заявок на запчасти. Входящие документы: заявки на запчасти; подразделение (участок); дата заявки; номер заявки на запчасти; перечень запчастей; количество запчастей; статья затрат. Исходящие документы: сводный реестр заявок на запчасти. Основные реквизиты: подразделение (участок) и другие.

Основной результат формирования списка цен – заказ на закупку запчастей вариантами списка цен поставщиков. Входящие документы: Сводный реестр заявок на запчасти. Основные реквизиты: перечень запчастей; цены поставщика; поставщик. Исходящие документы: заказ на закупку запчастей с вариантами списка цен.

Основные реквизиты: подразделение (участок); дата заявки и другие. Основной результат выбора поставщика – определен поставщик запчастей и сформирован заказ на закупку запчастей для поставщика. Входящие документы: заказ на закупку запчастей с вариантами списка цен. Исходящие документы: заказ на закупку запчастей. Основные реквизиты: подразделение (участок), общая стоимость заказа на закупку запчастей и другие.

Основной результат формирования финансовых потребностей для приобретения запчастей – обобщенный реестр заказа на покупку запчастей, Заявка на оплату запчастей в Финансовый отдел. Входящие документы: заказ на закупку запчастей поставщику. Исходящие документы: обобщенный реестр заказа на покупку запчастей. Основные реквизиты: подразделение (участок), дата заявки и другие. Основные реквизиты заявки на оплату запчастей: подразделение; статья затрат; поставщик; цены поставщика запчастей и другие [131].

3.3.3 Процесс регистрации и контроля выполнения заказов на закупку запасных частей с учетом плана потребностей

Основным результатом БП регистрации и контроля заказов закупки запчастей является график закупки запчастей и возможность контроля его исполнения (рис. 3.4).

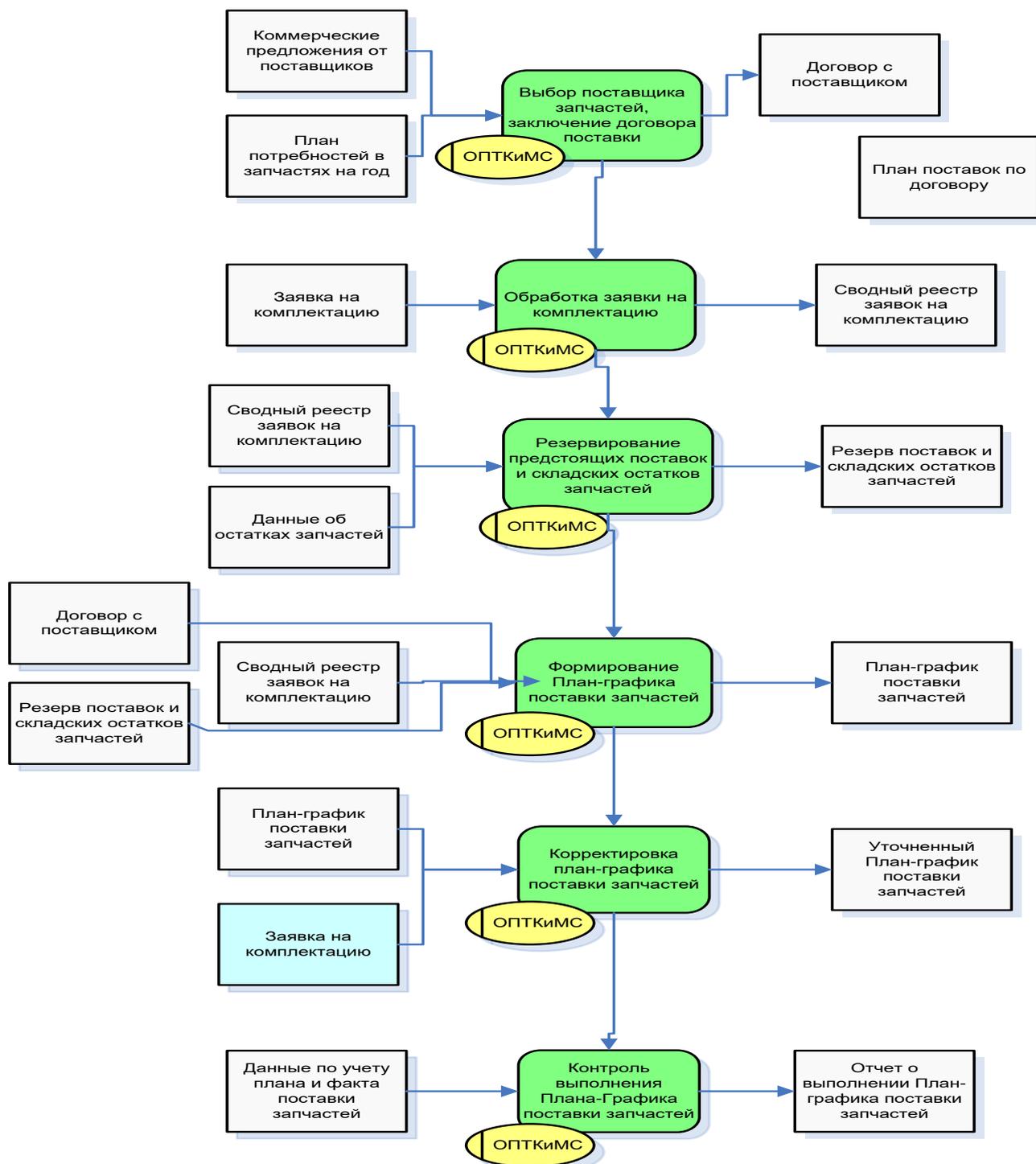


Рисунок – 3.4 Порядок выполнения БП регистрации и контроля закупки запчастей

К основным БФ относятся: выбор поставщика запчастей, заключение договора поставки; обработка заявок на комплектацию; резервирование будущих поставок запчастей и остатков на складе; формирование графика поставки запчастей; корректировка графика поставки запчастей; контроль выполнения графика поставки запчастей.

Основной результат выбора поставщика – заключенный договор с поставщиком. Более подробно данная бизнес-функция раскрывается в описании бизнес-процесса формирования предложения на основании конкурсных процедур на запчасти по коммерческим предложениям фирм поставщиков.

К входящим документам относятся: коммерческие предложения от поставщиков. Основные реквизиты: поставщик, список запчастей, цены на запчасти, общая стоимость предложения, сроки и условия поставки.

К исходящим документам относятся: договор с поставщиком (план поставки по договору). Основные реквизиты: поставщик, номер договора, и другие из входящих.

Основной результат оформление заявок на комплектацию – сводный квартальный реестр заявок на комплектацию, содержащий готовые заявки «к исполнению».

К входящим документам относится: заявка на комплектацию. Основные реквизиты: номер документа, дата начала ремонта (дата потребности), список единиц техники, участок, список запчастей, количество запчастей, количество единиц техники, приоритет выполнения заявки.

Исходящие документы: сводный реестр заявок на комплектацию. Основные реквизиты: номер заявки на комплектацию и другие из входящих.

Основной результат резервирования будущих поставок запчастей и остатков на складе – создание резерва будущих поставок запчастей и резерва свободных складских остатков запчастей.

Входящие документы: сводный реестр заявок на комплектацию; данные об остатках запчастей. Основные реквизиты: наименование номенклатуры, внутренний номер номенклатуры, количество остатков на складе (участке),

складской разрез. Исходящие документы: резерв будущих поставок и складских остатков. Основные реквизиты: наименование номенклатуры, зарезервированное количество и другие из входящих.

Основной результат формирования графика покупки запчастей – график поставки запчастей, раскрывающий информацию о сроках, цене и прочих условиях поставки запчастей по отдельному заказу в разрезе каждой единицы техники.

Входящие документы: сводный реестр заявок на комплектацию; резерв будущих поставок запчастей и остатков на складе; договор с поставщиком. Исходящие документы: план - график поставки запчастей. Основные реквизиты: номер заказа, список единиц техники и другие.

Основной результат корректировки графика покупки запчастей – уточненный график закупки запчастей, составленный с учетом отражения текущих (в течении года) изменений потребности в запчастях. Входящие документы: план – график поставки запчастей на квартал; заявка на комплектацию. Исходящие документы: план - график поставки запчастей.

Основной результат контроля выполнения графика покупки запчастей – контроль фактического выполнения сроков и условий поставки запчастей.

Входящие документы: план – график поставки запчастей на квартал; факты поставки и оплаты запчастей; дата фактической поставки запчастей; список фактически поставленных запчастей; количество фактически поставленных запчастей; стоимость фактически поставленных запчастей; дата фактической оплаты запчастей; сумма фактической оплаты запчастей.

Исходящие документы: отчет о выполнении графика поставки запчастей, номер заказа, номер договора с поставщиком, стоимость запчастей и другие.

В целях обеспечения автоматизации и последующего функционирования БП на предприятии необходимо разработать и утвердить регламент создания, реализации и редакции среднесрочного графика поставки запчастей. Регламент направлен на формирование общих требований и процедур для реализации механизмов управления поставками запчастей и комплектующих на предприятие,

в течение заданного промежутка времени. Разработанные требования регламента должны быть распространены на ряд подразделений: финансовый отдел предприятия; отдел технической комплектации; производственный отдел предприятия. Разработанный регламент направлен на формирование общих требований к:

- 1) списку подразделений, которые являются ответственными за реализацию отдельных функций в рамках всего процесса поставок;
- 2) порядку реализации процедур при организации механизмов планирования;
- 3) степени или величине ответственности всех участников процесса управления поставками в рамках подразделения;
- 4) срокам исполнения, календарным срокам, срокам согласования, а также периодичности реализации процесса;
- 5) содержанию и перечню документов, которые формируются при реализации механизмов планирования.

Разработанный регламент должен быть направлен на формальное представление базовых данных БП ЕЦП.

Выводы по третьей главе

В третьей главе разработана методика организации поставок запасных частей для специальных автомобилей, эксплуатирующихся в аэропортах МАУ:

1. На основании разработанной структуры СМО (глава 2), а также принятых показателей качества обслуживания разработано математическое описание процесса функционирования системы, а также методика определения показателей её эффективности для двух вариантов переработки груза: «доставка-склад-автомобиль-потребитель» и «доставка-автомобиль-потребитель».

2. Решена задача определения такого соотношения перевозок грузов с ЕЦП вариантами «доставка-склад-автомобиль-потребитель», «доставка-автомобиль-потребитель», при котором обеспечивается целевая функция, как минимум суммарных затрат, связанных с хранителем груза и его транспортировкой. При этом определяется оптимальное количество привлекаемого тоннажа автомобилей.

3. Разработан алгоритма расчёта соотношения обработки груза методами: «доставка-склад-автомобиль-потребитель» и «доставка-автомобиль-потребитель» с управляющим параметром (параметр оптимизации), которым является число автомобилей привлекаемых для перевозки запасных частей.

4. Для организации поставок запасных частей для САТС в МАУ формализована процедура управления закупками, а именно, разработаны структуры плана закупок необходимых запасных частей, процесса регистрации потребности в запасных частях, процесса регистрации и контроля выполнения заказов на закупку запасных частей с учетом плана потребностей.

Таким образом, сформирован научный подход для решения проблемы интегрированной логистической поддержки (ИЛП) комплексного управления материально-техническим обеспечением специальных автомобилей МАУ, преимущественно для САТС иностранного производства. Данный подход, реализующий централизованную структуру снабжения, снижает высокие издержки процесса обеспечения запчастями, связанные со сложностью организацией перевозок, управленческого учета и анализа.

4. АПРОБАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОСТАВКАМИ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ

4.1 Структура интегрированной логистической поддержки ТЛС

Разработанная ИТЛС отражает слияние традиционных сфер применения логистических систем с качественно новой системой интегрированной логистической поддержки (ИЛП) [94, 95], основными целями которой являются:

- 1) влияние на разработку, то есть проектирование для обеспечения оптимальных параметров эксплуатации по заданным критериям;
- 2) определение и уточнение ресурсов обеспечения САТС МАУ;
- 3) поставка необходимых ресурсов с минимальными затратами в течении всего срока службы САТС.

Суть предложенных в работе компонентов системы интегрированный логистической поддержки иллюстрирует схема, представленная на рис. 4.1 по управлению материально-техническим обеспечением (МТО). Как уже отмечалось, характерными задачами для аэропортов, которые имеют централизованную структуру снабжения становятся задачи, связанные с высокими издержками процесса МТО, со сложностью управленческого учета и анализа с отсутствием единой политики в области МТО и доставки запасных частей. Проблема ИЛП приобрела особую актуальность в последние годы в связи с тем, что большая часть эксплуатируемых САТС является иностранного производства. Одним из наиболее важных показателей эффективной работы аэропорта является степень технического оснащения и постоянной готовности аэродромной наземной техники. Данные требования играют важную роль не только в экономической привлекательности самого аэропорта, но и гарантируют высокий уровень безопасности производства полетов и готовности к любым чрезвычайным внештатным ситуациям.



Рисунок 4.1 - Схема ИЛП САТС МАУ

Процесс доставки запасных частей для наземной техники МАУ в целом разбивается на ряд этапов, для которых на основании существующей системы стандартов имеет место общий регламент работ в общем порядке. К основным компонентам инфраструктуры ремонта и эксплуатации наземной техники относятся:

1. Система поддержки управления конфигурацией наземной техники, которая направлена на оптимизацию процесса технического обслуживания и ремонта. В рамках данной проблемы в систему включается набор моделей управления запасами, что естественным образом сокращает сроки поставки запасных частей.

2. Система поддержки сопровождения электронными техническими руководствами, включающими организацию, планирование, учет и контроль ведения электронной документации.

3. Система поддержки управления сервисным обслуживанием, включающая формирование состава необходимых объемов запасных частей, комплектующих, что также решается на основе задач планирования и управления запасами, рассматриваемых в работе.

Для эффективного проектирования методик разрабатываются международные стандарты, такие как DEF STAN 00-60 «ИЛП». Определяющим моментом формирования системы эксплуатационной надежности является организация эффективного ТО, при планировании которого имеют место несколько подходов [85, 88] проанализированных в первой главе.

В первом варианте предполагается равенство интервалов между обслуживанием, которое рассчитывается по выбранным усредненным данным для эквивалентных комплектующих (обслуживание по нормативу). Данный подход должен быть реализован для САТС иностранного производства, с жёсткими регламентами ТО и ТР фирм-производителей.

Во втором случае могут быть использованы неравномерные интервалы, которые формируются на основе фактической оценки текущего состояния технического средства наземной техники (обслуживание по фактическому состоянию).

На практике для автомобилей отечественного производства, в основном, используется последний подход, так как первым приоритетом конечный потребитель ставит показатель безотказность изделия, которое находится в его распоряжении, а не высокие средние показатели надежности САТС. Но в специфических условиях эксплуатации САТС в МАУ данный подход имеет недостатки, связанные с невозможностью прогнозирования с высокой степенью достоверности времени наработки на отказ (рис. 1.8). В настоящее время в аэропортах МАУ зачастую используется подход обслуживания по факту отказа. Данный подход имеет ряд недостатков, один из которых – невозможность

предотвращения внештатных ситуаций и происшествий. Поэтому при проведении экспериментальных исследований на базе разработанной ИМ реализуется первый подход при организации доставки запасных частей и последующего осуществления ТО и ТР.

В данном контексте рассмотрим основное направление технического перевооружения САТС в МАУ на примере пожарной авиационной техники. По составу и САТС, аэропорта можно расценивать как крупное автотранспортное предприятие, разница заключается лишь в том, что работа транспорта здесь строго регламентирована Российским и международным законодательством [26, 27]. При этом обязательны выполнения сертификационных авиационных требований к наземным службам. Уже несколько лет остро стоит вопрос эффективности работы пожарных служб в целом из-за неполного перевооружения автомобилями, резервирование старыми единицами, находящимися на грани износа. Данная проблема решается уже на протяжении практически 10 лет. Вызвано это высокой стоимостью новых образцов пожарных машин и отсутствием возможности одновременной замены всего парка полностью, наряду с этим возникает необходимость постоянного поддержания действующей техники. В общей массе парк настоящих машин представляет собой технику на шасси МАЗ-543.

Коэффициент технической готовности аэродромных машин требует выполнения условия не ниже $КТГ = 0,95$. Нормы годности гражданских аэродромов диктуют жесткие условия эффективного функционирования службы. На аэродроме определяется и указывается в плане тушения пожара на воздушном судне (ВС) категория каждой ВПП по уровню требуемой пожарной защиты (далее - УТПЗ) воздушных судов, выполняющих полеты на аэродроме в зависимости от габаритных размеров фюзеляжа и других показателей ВС в соответствии с формулой определения категории УТПЗ [75]. В случае неготовности средств пожаротушения по причине поломки и невозможности оперативной замены под норму готовности, существует опасность невыполнения требований эффективного пожаротушения и обеспечения категории полосы.

Как уже отмечалось, имеется несколько вариантов решения данной проблемы: закупка более дешевой, но менее отказоустойчивой техники отечественного производства, либо закупка импортной техники, соответствующая требованиям ИКАО, но при этом появляется сложность организации поставок запасных частей и обеспечения сервисного обслуживания. В связи с тем, что каждый аэропорт МАУ имеет свою программу развития и никак не связанных между собой собственников, о централизованной поставке и речи быть не может. Каждый аэропорт сам выбирает для себя поставщика техники и условия обслуживания.

Но все же регулированием безопасности полетов в соответствии с Чикагской конвенцией занимается государственная структура. Поэтому в последнее время управление крупным авиапредприятием не ограничивается лишь выполнением операция по обслуживанию авиакомпаний и потребителей авиационных услуг в стране. С целью соответствия современным международным стандартам качества, а также для поддержания конкурентоспособности на рынке авиационных услуг, необходимо планировать и готовить концепцию развития, реорганизации БП предприятия, включающую обновление парка техники и оборудования.

Этим обстоятельством и диктуется необходимость создания ЕЦП, интегрированного в МАУ, по обеспечению доставки необходимых запасных частей (агрегаты, узлы, детали) для ТО и ТР САТС, что поможет не только сократить финансовые затраты на покупку (единичные поставки всегда обходятся дороже), но и облегчить процесс доставки необходимых запасных частей и осуществление сервисного обслуживания [8]. Схема логистической поддержки ЕЦП представлена ниже на рис. 4.2, который обеспечивает спектр операций по взаимодействию с поставщиками по оказанию услуг аэропортовым службам, представляет интересы аэропорта на данном рынке, берет на себя функции представительства и координации всех процедур, не допускает возникновения случаев незапланированных простоев. В целом же, схема ИТЛС представлена ниже на рисунке 4.3.

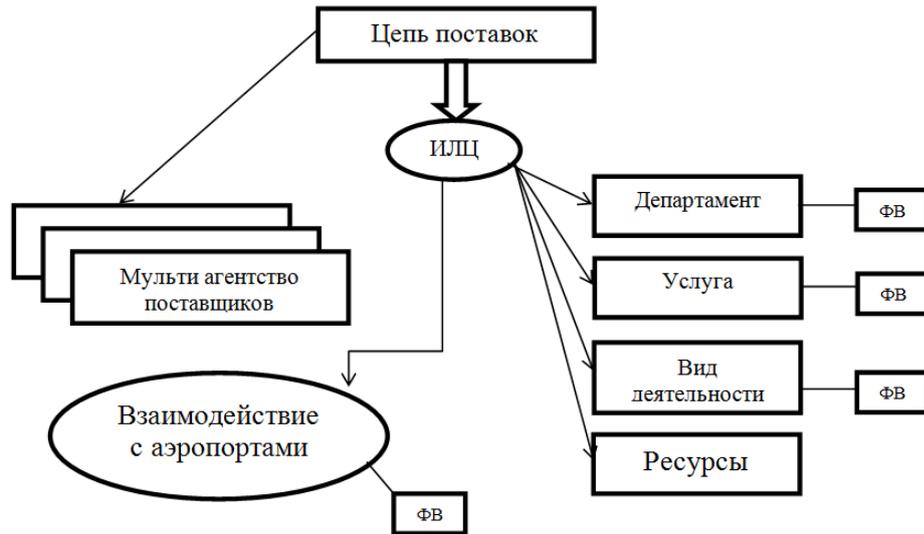


Рисунок 4.2 – Схема логистической поддержки ЕЦП:
ФВ – финансовые ведомства

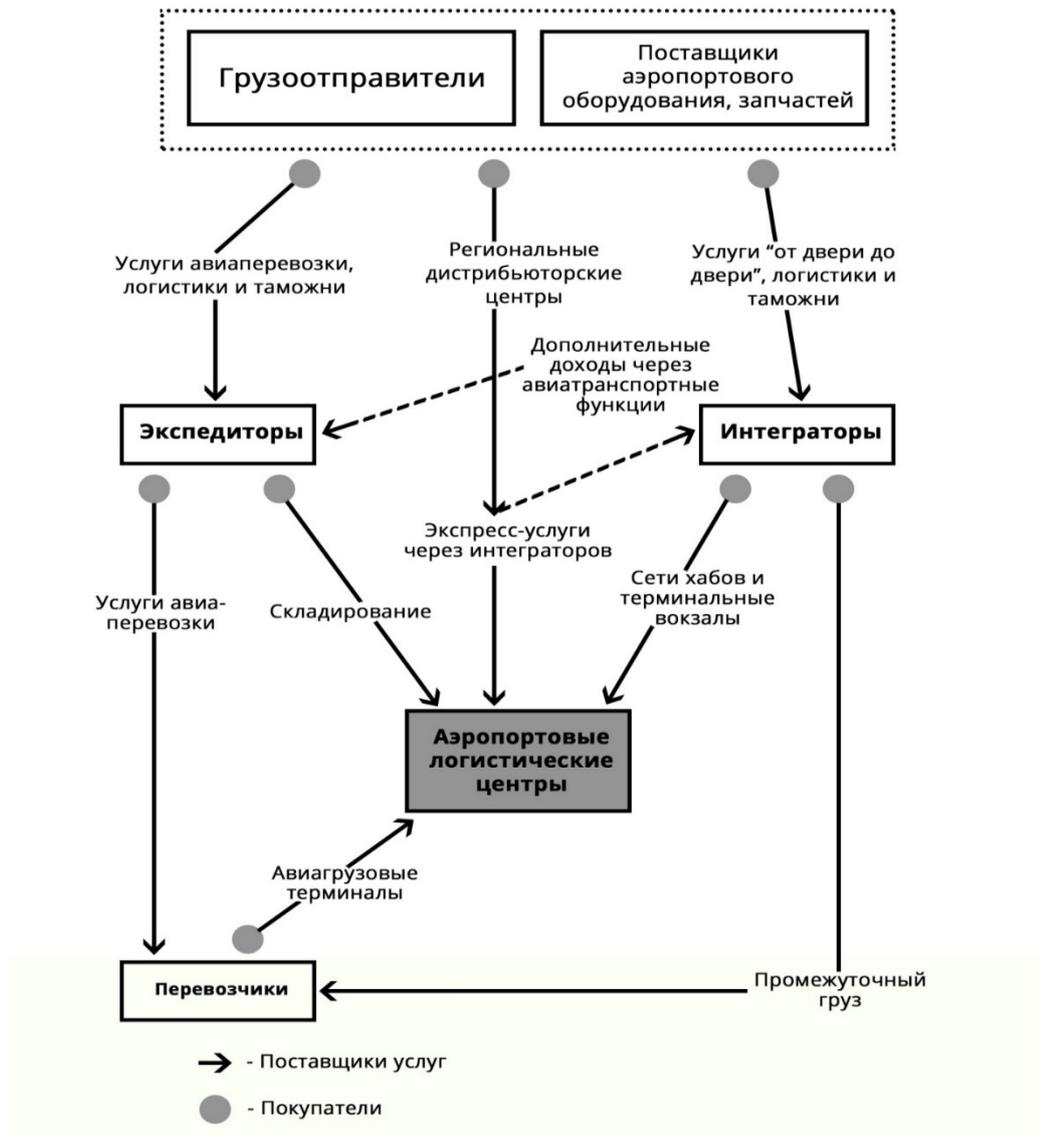


Рисунок 4.3 – Общая схема ИТЛС

Введение подобной схемы управления потоками поставок позволит оптимизировать процесс управления сократить переменные затраты на обслуживание техники, унифицировать парк автомобилей, внедрить систему аутсорсинга по требованиям международного стандарта ИСО серии 9000.

4.2 Экспериментальные исследования

Определённая структура СМО и дисциплина обслуживания, а также показатели качества обслуживания, этапы имитационного моделирования и логико-математическое описание системы управления, с учётом разработанных экономико-математических моделей подсистемы хранения запасов и подсистемы потребности в запасных частях, позволили провести эксперимент с имитационной моделью для получения достоверных результатов.

Разработанная имитационная модель позволяет собирать статистику по всем типам блоков, включая очереди, каналы и др. (рис. 4.4.). Выдаются значения максимально, минимального, среднего значения и дисперсий соответствующих показателей.

В модели также реализована функция планирования эксперимента для произвольных комбинаций варьируемых параметров с указанием произвольных характеристик (рис. 4.5).

С помощью интерфейсного взаимодействия с пакетом Statistica 10 реализованы функции построения графических объектов для собираемых характеристик. В рамках проведенного статистического анализа показана близость потоков заказов к экспоненциальному (рис. 4.6). Построенная модель позволяет строить различные зависимости, в том числе времени цикла доставки от числа каналов и их производительности (рис. 4.7).

Ариф_Пост_ЗПЧ_2.gprs		Журнал Ариф_Пост_ЗПЧ_2*		Отчёт 1 - Ариф_Пост_ЗПЧ_2* ✖				
Имя / номер	Макс. содержимое очереди за	Текущее содержимое очереди	Общее кол-во входов	Общее кол-во входов тран.	Ср. значение содержимого очереди	Ср. время пребывания одного транзакта в	Ср. время пребывания одного	Кол-во тран, ожидающих выполнения
CICL	41	11	100011	0	12.116	84.837	84.837	0
BLOK1_Q	30	1	100011	34605	2.123	14.862	22.726	0
BLOK2_Q	1	0	100005	100005	0	0	0	0

Ариф_Пост_ЗПЧ_2.gprs		Журнал Ариф_Пост_ЗПЧ_2*		Отчёт 1 - Ариф_Пост_ЗПЧ_2* ✖					
Имя / номер	Емкость памяти	Число свободных единиц памяти	Мин. число единиц памяти	Макс. число единиц памяти	Кол-во входов в память	Состояние памяти в конце	Ср. значение занятой ёмкости	Кол-во тран., ожидающих выполнения	Кол-во тран. ожидающих выполнения в блоках
BLOK1	5	0	0	5	100010	1	4.284	0	1
BLOK2	400	395	0	10	100005	1	5.71	0	0

Ариф_Пост_ЗПЧ_2.gprs		Журнал Ариф_Пост_ЗПЧ_2*		Отчёт 1 - Ариф_Пост_ЗПЧ_2* ✖			
Имя / номер	Средневзвешенное значение аргумента	Среднеквадратическое отклонение	Нижний предел частотного класса	Верхний предел частотного класса	Кол-во тран, ожидающих выполнения	Суммарная величина попадания аргумента в границы диапазона	Процентная величина частоты попадания
TABTPRE	84.842	20.537	10	Infinity	0	100000	100

Рисунок 4.4 - Параметризация сбора статистик

Ввод данных		Планирование		Моделирование		Результаты	
Проведенные исследования:		Общая информация серии		Таблица результатов		Графики	
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Одиночные эксперименты ▶ Серия экспериментов №2 <ul style="list-style-type: none"> Эксперимент №1 Эксперимент №2 Эксперимент №3 Эксперимент №4 Эксперимент №5 Эксперимент №6 Эксперимент №7 Эксперимент №8 Эксперимент №9 Эксперимент №10 Эксперимент №11 Эксперимент №12 Эксперимент №13 Эксперимент №14 Эксперимент №15 Эксперимент №16 Эксперимент №17 Эксперимент №18 Эксперимент №19 Эксперимент №20 Эксперимент №21 Эксперимент №22 Эксперимент №23 Эксперимент №24 Эксперимент №25 Эксперимент №26 Эксперимент №27 Эксперимент №28 Эксперимент №29 Эксперимент №30 Эксперимент №31 Эксперимент №32 Эксперимент №33 Эксперимент №34 Эксперимент №35 Эксперимент №36 ▶ Серия экспериментов №3 ▶ Серия экспериментов №4 		<input type="checkbox"/> Отображать значения в оригинальном виде.					
Вх	Кол	Тобр	Тпре (Значение)	Оч (Количество)			
6	6	28	72,623	11,869			
6	7	28	69,456	11,522			
6	8	28	68,479	11,402			
6	9	28	68,176	11,263			
6	10	28	68,036	11,277			
6	6	28,2	72,528	11,871			
6	7	28,2	69,883	11,581			
6	8	28,2	68,787	11,441			
6	9	28,2	68,403	11,215			
6	10	28,2	68,265	11,285			
6	6	28,4	74,147	12,206			
6	7	28,4	70,035	11,538			
6	8	28,4	68,975	11,483			
6	9	28,4	68,593	11,4			
6	10	28,4	68,424	11,285			
6	6	28,6	73,536	12,036			
6	7	28,6	70,358	11,665			
6	8	28,6	69,167	11,512			
6	9	28,6	68,753	11,557			
6	10	28,6	68,675	11,397			
6	6	28,8	74,808	12,373			
6	7	28,8	70,783	11,724			
6	8	28,8	69,392	11,494			
6	9	28,8	69	11,6			
6	10	28,8	68,855	11,477			
6	6	29	74,94	12,43			
6	7	29	70,92	11,88			
6	8	29	69,66	11,498			
6	9	29	69,211	11,405			
6	10	29	69,096	11,411			
6	6	29,2	76,112	12,557			
6	7	29,2	71,12	11,914			
6	8	29,2	69,872	11,475			
6	9	29,2	69,463	11,299			
6	10	29,2	69,309	11,452			
6	6	29,4	75,854	12,501			
6	7	29,4	71,906	12,048			
6	8	29,4	70,107	11,634			

Рисунок 4.5 – Реализация плана эксперимента

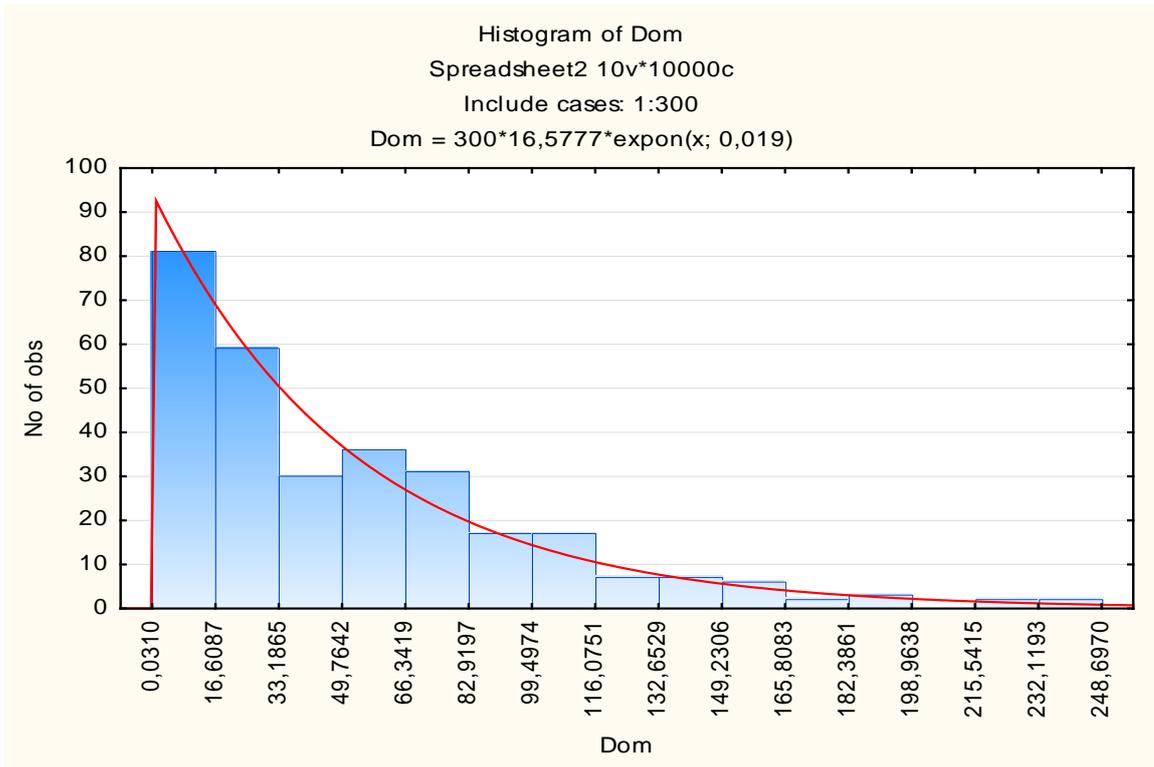


Рисунок 4.6 – Аппроксимация входных потоков

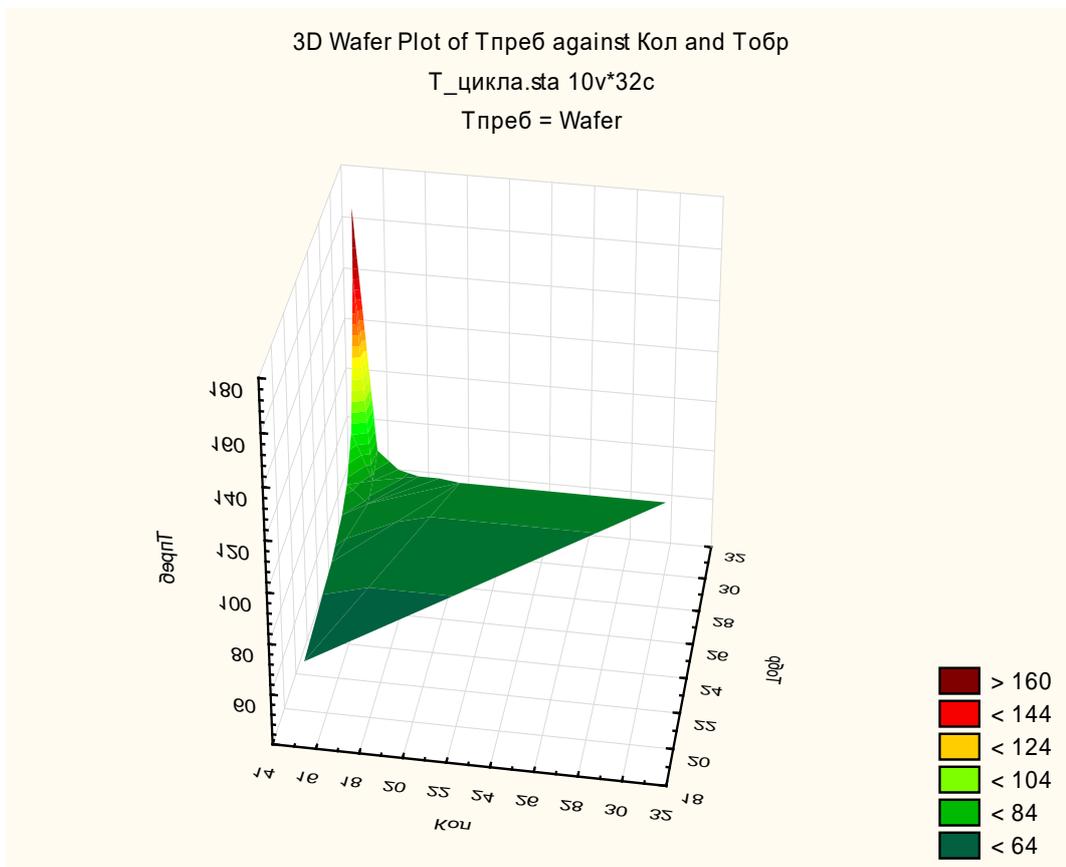


Рисунок 4.7 – Зависимость времени цикла доставки от числа каналов

4.3. Анализ результатов апробации имитационной модели поставок запасных частей

Для апробации разработанной ИМ был выполнен анализ международной схемы маршрута (Подольском (Россия) – Мюнхен (Германия)) (рис. 4.8) поставок запчастей для САТС МАУ.

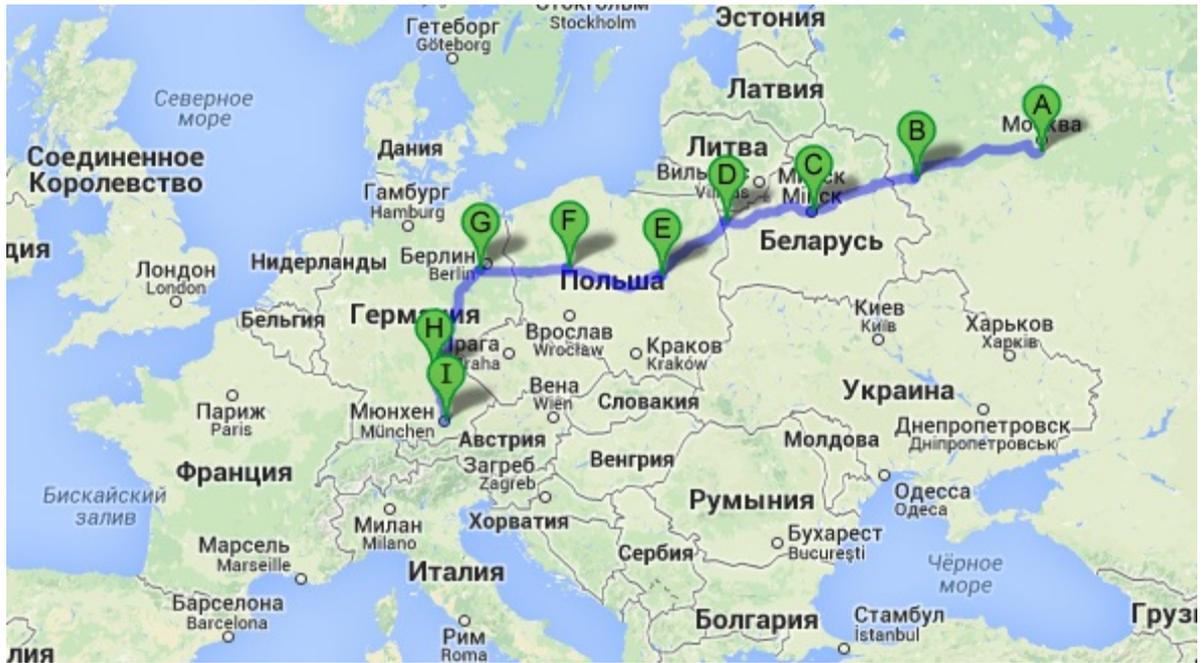


Рисунок 4.8 – Схема маршрута

Продолжительность обратного рейса автопоезда рассчитывалась по формуле:

$$T_{об} = t_{\varepsilon}^{\Pi} + \frac{L^{\varepsilon}}{V_T \cdot T_{\text{дв}}^{\max}} + t_{\text{III}}^{\varepsilon} + t_P^{\varepsilon} + t_{\text{II}}^{\Pi} + \frac{L}{V_T \cdot T_{\text{дв}}^{\max}} + t_{\text{III}}^{\Pi} + t_P^{\Pi}, \text{ сут.} \quad (4.4)$$

где t_{ε}^{Π} - время погрузки в экспортном направлении; $T_{\text{дв}}^{\max} = 9$ ч; $V_T = 55$ км/ч; $t_{\text{III}}^{\varepsilon}$ - суммарные простои в пунктах пропуска за границу в экспортном направлении; t_{II}^{Π} - время погрузки; t_P^{Π} - время разгрузки.

При организации маршрута необходимо предусмотреть возможные временные задержки по всем возможным вариантам. Приведём расчёт затрат времени в прямом (экспортном) и в обратном (импортном) направлении.

а) В прямом направлении маршрут Россия – Белоруссия занимает 1 час, маршрут Белоруссия – Польша занимает 2 часа, а маршрут Польша - Германия занимает 2 часа. На практике временные затраты на пограничные переходы составляют 5 часов.

б) В обратном направлении маршрут Германия - Польша занимает 2 часа, маршрут Польша - Белоруссия занимает 2 часа, а маршрут Белоруссия - Россия занимает 1 час. Временные затраты на пограничные переходы составят 5 часов.

Протяженность пути составляет 2467 км. Маршрут движения представлен в табл. 4.1.

Таблица 4.1 – Характеристика маршрутов движения автомобилей

№ п/п	Пункт отправки	Пункт назначения	Длина участка	Длина пути	Время участка
1	Подольск, МО	Смоленск, РФ	404 км	404 км	4 часа 32 мин.
2	Смоленск, РФ	Минск, Беларусь	336 км	740 км	3 часа 36 мин.
3	Минск, Беларусь	Гродно, Беларусь	281 км	1021 км	3 часа 25 мин.
4	Гродно, Беларусь	Варшава, Польша	272 км	1293 км	3 часа 36 мин.
5	Варшава, Польша	Познань, Польша	310 км	1603 км	2 часа 52 мин.
6	Познань, Польша	Потсдам, Германия	280 км	1883 км	2 часа 44 мин.
7	Потсдам, Германия	Нюрнберг, Германия	415 км	2298 км	3 часа 50 мин.
8	Нюрнберг, Германия	Мюнхен, Германия	170 км	2468 км	1 час 39 минут

На основе разработанной в диссертации интегрированной имитационной модели управления поставками запасных частей для САТС МАУ проведен ряд экспериментов, направленных на сравнительный анализ двухфазных многоканальных СМО [55, 91] (рис. 4.9).

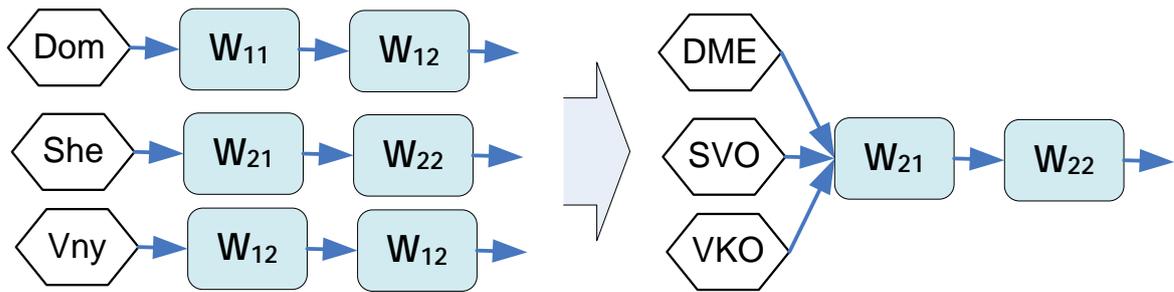


Рисунок 4.9 – Сравнительный анализ моделей поставок на базе имитационной модели СМО

В первом случае рассматривались три отдельные СМО для трех аэропортов по отдельности. Во втором случае рассматривалась единая СМО с объединением входных потоков и каналов первой фазы (поиск заказа). Количество каналов второй фазы (процесс доставки) не изменялось.

Для отдельной технической службы каждого аэропорта предполагалось, что интенсивность запросов пропорциональна количеству единиц техники $K_{dsv}=(956, 946, 644)$. В табл. 4.2 приведены средние очереди (Оч) и времени цикла доставки (Тпреб) для различных комбинаций интенсивности заявок (Вход), количества обслуживаемых автомобилей (ОА) первой фазы (Кол), времени обслуживания (Тобсл). Значения приняты из анализа статистики заказов из аэропортов за 2015 год

Таблица 4.2 – Среднее время доставки

Вход	Кол	Тобсл	Оч	Тпреб	Вход	Кол	Тобсл	Оч	Тпреб
6	5	30	96	581	2	15	30	87	175
6	5	29,9	65	395	2	15	29,9	74	149
6	5	29	24	146	2	15	29	46	93
6	5	28	16	101	2	15	28	39	78
6	5	27	14	87	2	15	27	36	72
6	5	25	12	74	2	15	25	33	66
6	5	20	10	62	2	15	20	29	60

Если для первого варианта при Вход = 6, Кол = 5 и Тобсл = 29,9 время цикла равно Тпреб = 395 часов, то объединение потоков (Вход = 2) и каналов (Кол = 15) первой фазы (что соответствует второму варианту СМО) сокращает общий цикл до Тпреб = 149 часов.

Кроме того, на основе проведенных экспериментов полученные результаты (табл. 4.3, рис. 4.10 и 4.11) моделирования позволили сделать ряд выводов и рекомендаций по выработке стратегии поставок запчастей.

Таблица 4.3 – Значения очереди и полного цикла поставки для различного количества ОА

Вх	Кол	Тобр	Тпре	Оч
6	5	20	61,828	10,231
6	6	20	60,539	9,975
6	7	20	60,184	9,859
6	8	20	60,046	9,899
6	9	20	60,022	9,836
6	10	20	60,02	9,836
6	5	22	65,668	10,895
6	6	22	62,96	10,291
6	7	22	62,36	10,35
6	8	22	62,13	10,277
6	9	22	62,067	10,303
6	10	22	62,039	10,329
6	5	24	70,917	11,759
6	6	24	65,705	10,899
6	7	24	64,491	10,713
6	8	24	64,171	10,647
6	9	24	64,081	10,553
6	10	24	64,005	10,543
6	5	26	77,098	12,722
6	6	26	68,753	11,275
6	7	26	67,027	11,186
6	8	26	66,417	10,931
6	9	26	66,166	10,82
6	10	26	66,067	10,92
6	5	28	92,742	15,263
6	6	28	72,623	11,869
6	7	28	69,456	11,522
6	8	28	68,479	11,402
6	9	28	68,176	11,263
6	10	28	68,036	11,277
6	5	30	411,659	68,654
6	6	30	78,849	13,073
6	7	30	72,313	11,723
6	8	30	70,976	11,539
6	9	30	70,316	11,336
6	10	30	70,119	11,431

Рекомендации

1. Средняя продолжительность полного цикла поставки при одновременном сокращении средних интервалов времени между поступлениями заказов от технических служб 3-х аэропортов с 480 часов до 72 часов, с учетом ожидания для заказов, которые не могут быть выполнены ЕЦП г в Москве сразу, и при 1-канальном выполнении заказов ЕЦП в Москве (границы интервала времени выполнения обратного рейса между ЕЦП в Москве и Европейским отделением комплектации – [216; 288] часов).

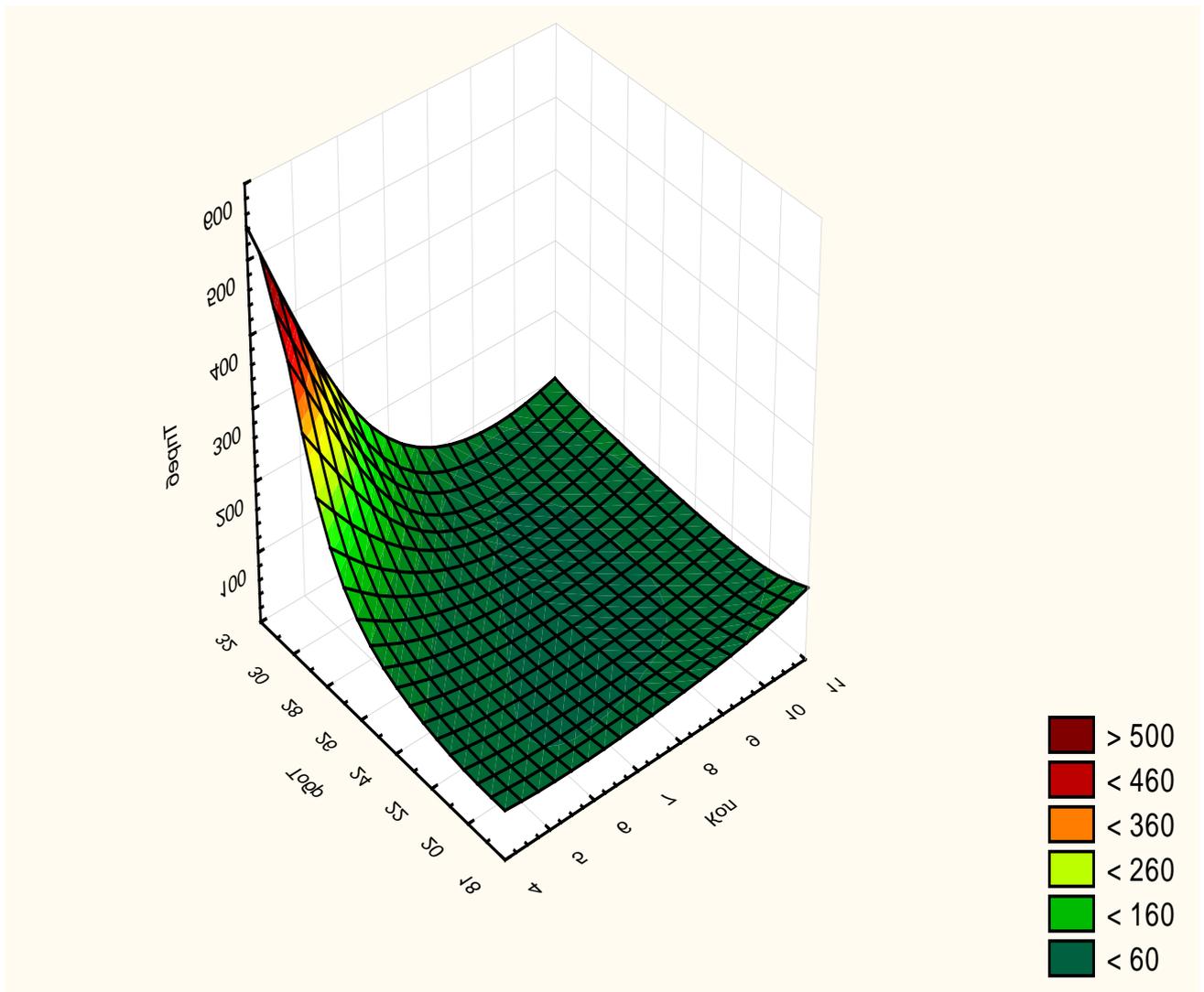


Рисунок 4.10 - Зависимость времени полного цикла от количества каналов и их производительности

2. Средняя продолжительность полного цикла поставки при сдвиге границ интервала времени выполнения оборотного рейса между ЕЦП в Москве и Европейским отделением комплектации от [56; 72] к [216; 288] часов, с учетом ожидания для заказов, которые не могут быть выполнены ЕЦП в Москве сразу, и при 1-канальном выполнении заказов ЕЦП в Москве (средние интервалы времени между поступлениями заказов от каждой из служб снабжения 3-х аэропортов (Домодедово, Шереметьево, Внуково) - 120 часов).

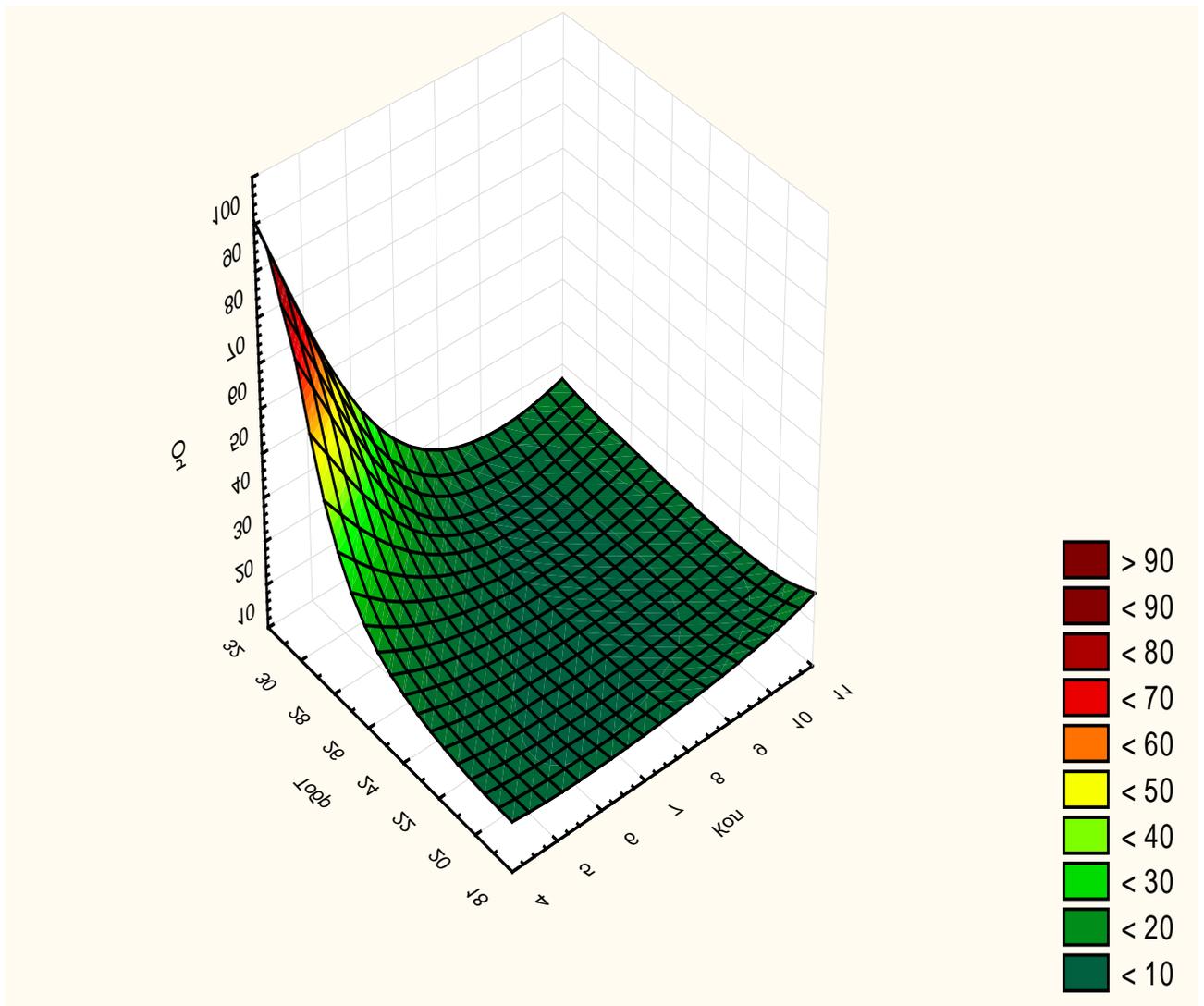


Рисунок 4.11 – Зависимость длины очереди от количества каналов и их производительности

3. Средняя длина очереди заказов [40; 60] в ЕЦП в Москве при сдвиге границ интервала времени выполнения обратного рейса между ЕЦП в Москве и Европейским отделением комплектации от [56; 72] к [216; 288] часов (при средних интервалах времени между поступлениями заказов от каждой из служб снабжения 3-х аэропортов (Домодедово, Шереметьево, Внуково) 120 часов).

4.4 Экономическая эффективность при реализации транспортно-логистической системы управления поставками запасных частей

Согласно полученным результатам по разработанному варианту СМО (объединение потоков (Вход = 2) и каналов (Кол = 15) первой фазы) сокращает общий цикл $T_{\text{проб}} = 395$ до $T_{\text{проб}} = 149$ часов. То есть общее время, необходимое для доставки запчастей для САТС МАУ при эксплуатации ЕЦП.

По разработанной методике организации доставки запасных частей можно определить удельные технико-эксплуатационные и экономические показатели работы автомобилей, привлекаемых для перевозки партий определённых потребностей в грузе, частности

1) Время нахождения автомобилей в наряде в течение года составит:

$$T_{\text{п.г}} = 2 \sum_j (t_{\text{п.в1}} \Pi_j + t_{\text{дв1}} l_j). \quad (4.2)$$

2) Общие затраты за год на обработку груза на ЕЦП составят

$$z = c_1 T_{\text{п.г}} + c_2 \int_0^T q_{1\tau} d\tau + c_3 \int_0^T (q_0 + q_{2\tau}) d\tau + c_4 2 \sum_j (t_{\text{п.в1}} \Pi_j + t_{\text{дв1}} l_j). \quad (4.3)$$

В качестве периода моделирования принимаем 365 дней – год;

q_0 – наличие продукции на базе в момент времени τ , τ ;

q_{τ} – количество запчастей, поступивших на ЕЦП в момент времени τ , т;

$q_{1\tau}$ – количество запчастей, обработанных обоими методами за сутки, т;

$q_{2\tau}$ – количество запчастей, выгруженных на ЕЦП и обработанной методом «доставка-склад-автомобиль-потребитель» за сутки, т;

c_2 – стоимость погрузки и выгрузки 1-ой тонны запчастей, руб/час;

c_3 – стоимость хранения 1-ой тонны запчастей на ЕЦП за сутки, руб/час;

c_4 – стоимость транспортировки 1- тонны запчастей, руб/час;

$d\tau$ – время пребывания груза на ЕЦП, сут.

По результатам расчётов определена функциональная зависимость удельного показателя «необходимый тоннаж автомобилей» q (т/сут) - от времени цикла доставки партии груза запасных частей (рис. 4.12).

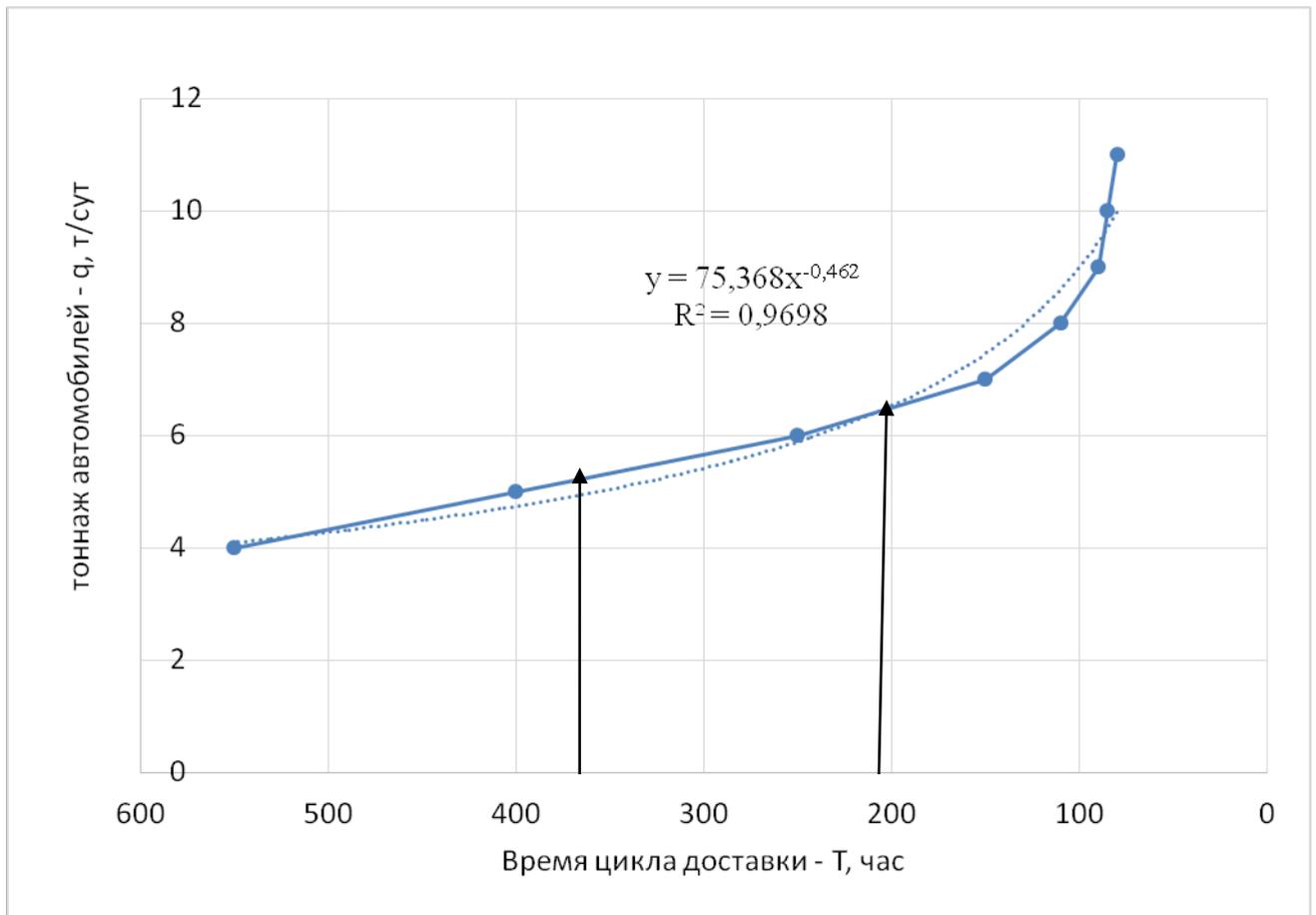


Рисунок 4.12 - Зависимость удельного показателя «необходимый тоннаж автомобилей» от времени цикла доставки

При сокращении времени полного цикла доставки с $T_{\text{проб}}=395$ часов до $T_{\text{проб}}=149$ часов увеличивается необходимое количество автомобилей для выполнения заданного объёма перевозок и возрастают затраты на их эксплуатацию в рамках работы СМО по предлагаемому варианту. В данном случае не сравниваются затраты автомобилей на осуществление перевозок с затратами по существующей схемой доставки существующей схемой перевозки.

Решаемая задача – определить оптимальное количество привлекаемого тоннажа автомобилей для реализации программы по хранению запасных частей ЕЦП и выполнению производственной программы по перевозкам (рис. 4.13). Применение технико-экономического критерия (рис. 4.13) позволяет определить, что для рассматриваемого объёма партии груза запасных частей, поступающих в ЕЦП суммарный тоннаж ежесуточного подвижного состава должен составлять $q=7$ (т/сут).

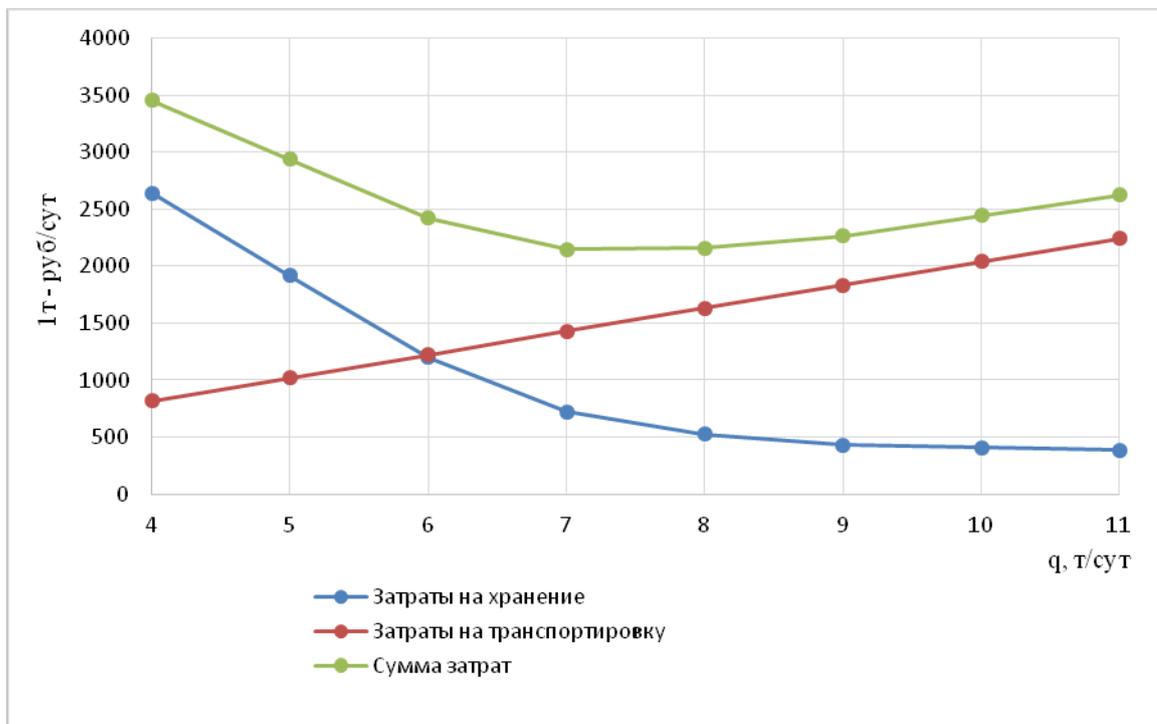


Рисунок 4.13 – Определение минимума затрат на реализацию программы по хранению запасных частей на ЕЦП и производственной программы по перевозкам

Приведём основные результаты разработки транспортно-логистической системы управления поставками запасных частей для САТС МАУ.

1. Время цикла доставки сократится $T_{\text{проб}} = 395$ часов до $T_{\text{проб}} = 149$ часов.
2. Удельные затраты при реализации программ по хранению запасных частей на ЕЦП и производственной программы по их перевозкам сократятся с 2900 руб./сут. до 2100 руб./сут.
3. Разработанная методика организации поставок запасных частей для специальных автомобилей, эксплуатирующихся в аэропортах и алгоритм её реализации позволяют определять оптимальный суммарный тоннаж ежесуточно привлекаемого подвижного состава ($q = 7$, т/сут) по критерию минимум затрат.

Выводы по четвёртой главе

1. Разработана структура интегрированной логистической поддержки ТЛС по доставке запчастей для САТС МАУ, как элемент системы управления крупным АТП. Определяющим моментом формирования системы является организация эффективного обеспечения процессов ТО, при планировании которого предполагаются интервалы ТО, рассчитанные по выбранным усредненным данным для эквивалентных комплектующих (обслуживание по нормативу). Данный подход должен реализовываться для САТС иностранного производства, с жёсткими регламентами ТО и ТР фирм-производителей.

2. Проведены экспериментальные исследования на разработанной ИМ ЕЦП запчастей. Построенная модель позволила получить зависимости времени полного цикла от количества каналов и их производительности, а также зависимость длины очереди от количества каналов и их производительности. Согласно полученным результатам разработанный вариант СМО (объединение потоков (Вход = 2) и каналов (Кол = 15) первой фазы) сокращает общий цикл $T_{\text{проб}} = 395$ до $T_{\text{проб}} = 149$ часов.

3. Предложены рекомендации по средней продолжительности полного цикла поставки при одновременном сокращении средних интервалов времени между поступлениями заказов от технических служб 3-х аэропортов с 480 часов до 72 часов, с учетом ожидания для заказов, которые не могут быть выполнены ЕЦП в Москве

4. В ИМ ЕЦП апробирована методика организации доставки запасных частей, позволяющая определять удельные технико-эксплуатационные и экономические показатели работы автомобилей, привлекаемых для перевозки заданных объёмов грузов и оптимизирующая необходимое количество привлекаемых автомобилей по критерию – минимум затрат.

5. По результатам расчётов определена функциональная зависимость удельного показателя «необходимый тоннаж автомобилей» q (т/сут) - от времени цикла доставки партии груза запасных частей. Решена задача определения оптимального количества привлекаемого тоннажа автомобилей для реализации программы по хранению запасных частей ЕЦП и выполнению производственной программы по перевозкам: $q = 7$ (т/сут).

Основные результаты разработки транспортно-логистической системы управления поставками запасных частей для САТС МАУ.

1. Время цикла доставки сократится $T_{\text{проб}}=395$ часов до $T_{\text{проб}}= 149$ часов.
2. Удельные затраты при реализации программ по хранению запасных частей на ЕЦП и производственной программы по их перевозкам сократятся с 2900 руб./сут. до 2100 руб./сут.
3. Разработанная методика организации поставок запасных частей для специальных автомобилей, эксплуатирующихся в аэропортах и алгоритм её реализации позволяют определять оптимальный суммарный тоннаж ежесуточно привлекаемого подвижного состава ($q = 7$, т/сут) по критерию минимум затрат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ основных характеристик и номенклатура существующего парка наземной техники аэропортов показал, что более 90% парка использует автомобильное шасси – это автомобили специального назначения, и что в структуре парка наземной техники аэропортов МАУ соотношение техники иностранного производства к отечественной составляет 85% на 15% соответственно. На основании статистики отказов и надёжности узлов и агрегатов не выявлено достоверной зависимости между наработкой на отказ и пробегом различных видов САТС МАУ. Это объясняется тем, что, как правило, пробеги САТС при эксплуатации в аэропортах незначительны. Поэтому, при формировании ИТЛС поставок запасных частей для планирования процессов ТО, учитывается преобладание автомобилей зарубежного производства с жесткими регламентами фирм-производителей.

При изучении методов управления запасами (запасными частями) и определении потребностей в запасных частях для САТС аэропортов зафиксирован тот факт, что каждая эксплуатирующая организация осуществляет свой собственный учёт запасных частей и комплектующих для наземной техники аэропортов. Показано, что внедрение системы ИЛП путем создания единого центра услуг по управлению поставками и запасами для эксплантатов наземной техники аэропортов московского авиационного узла позволит сократить время ожидания эксплантатами запасных частей до 30%, а также создать единую номенклатурную базу эксплуатируемой техники и её комплектующих.

В целях повышения эффективности процесса доставки запасных частей для САТС сформирована структура СМО в рамках имитационной модели, позволяющая собирать статистику по всем типам информационных блоков, включая очереди и каналы поставок, что в свою очередь позволит сократить время на полный цикл доставки запасных частей для САТС МАУ:

1. Разработаны этапы имитационного моделирования и формализованное логико-математическое описание системы управления в соответствии с поставленными задачами и уровнем детализации.
2. Разработана экономико-математическая модель подсистемы хранения запасов, представляющая схемы изменения величины запасных частей и комплектующих на складах, для планирования времени использования запасных частей для организации работ на определенный момент времени, главной целью которой является сокращение времени ожидания в ремонтном цикле
3. Разработана подсистема определения потребности в запасных частях, как модель управления фиксированным диапазоном в виде монотонной стратегии заказывания запчастей для САТС.
4. Сформирована структура технологического процесса для разработанной организационной структуры СМО в рамках имитационной модели, позволяющая собирать статистику по всем типам информационных блоков, включая очереди и каналы поставок.
5. Разработана методика организации поставок запасных частей для специальных автомобилей, эксплуатирующихся в аэропортах МАУ

Таким образом сформирована научная методика для решения проблемы ИЛП комплексного управления материально-техническим обеспечением специальных автомобилей МАУ, в первую очередь преобладающих САТС иностранного производства. Данный подход, реализующий централизованную структуру снабжения, снижает высокие издержками процесса обеспечения запчастями, связанными со сложностью организацией перевозок, управленческого учета и анализа и формированием единой политики в области доставки запасных частей.

Проведенные экспериментальные исследования на разработанной ИМ ЕЦП запчастей позволили получить зависимости времени полного цикла от количества каналов и их производительности, длины очереди от количества каналов и их производительности.

Согласно полученным результатам разработанный вариант СМО (объединение потоков (Вход=2) и каналов (Кол=15) первой фазы) сокращает общий цикл $T_{\text{проб}} = 395$ до $T_{\text{проб}} = 149$ часов. По результатам расчётов определена функциональная зависимость удельного показателя «необходимый тоннаж автомобилей» q (т/сут) - от времени цикла доставки партии груза запасных частей.

Решена задача определения оптимального количества привлекаемого тоннажа автомобилей для реализации программы по хранению запасных частей ЕЦП и выполнению производственной программы по перевозкам: $q = 7$ (т/сут).

Результатом внедрения в транспортно-логистическую систему управления поставками запасных частей для САТС МАУ разработанной методики будет сокращение удельных затрат с 2900 руб./сут. до 2100 руб./сут.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ганзин С.В. [и др.] Автоматизированные системы управления автомобильными перевозками / В.А. Гудков, С.А. Ширяев, С.В. Ганзин. // учебное пособие/ ВГТУ, 1993. – 128 с.
2. Агапова Г.И., Гавдаева А.В., Степанцов М.Е. Моделирование динамики развития железнодорожных сетей. Препринт Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, 2011, № 73.
3. Акинин П.В. [и др.]. Математические и инструментальные методы экономики // учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 080801 «Прикладная информатика» и другим экономическим специальностям, ISBN 978-5-406-01560-5 / КноРус, Москва, 2012, 229 с.
4. Альбеков А.У., Митько О. А. Коммерческая логистика. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. - 416с.
5. Аникеев С.Н. Методика разработки плана маркетинга. – М.: Фолиум, «Информ-студио», 1996. – 128 с.
6. Антонова А.С., Аксенов К.А. Многокритериальное принятие решений в условиях риска на основе интеграции мультиагентного, имитационного, эволюционного моделирования и численных методов // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 4(2); URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1466>.
7. Арифиллин И.В. Интегрированная логистическая поддержка поставок запасных частей для аэродромной наземной техники (на примере пожарных машин аэропортов Московского авиационного узла) / В.В. Некрасов, А.А. Соловьева // Автотранспортное предприятие / НПП «Транснавигация», 2013. № 7 (42) 2013 с. 54-55.
8. Арифиллин И.В. Новая модель проектного управления процессами жизненного цикла транспортно-логистической системы. / А.Г. Некрасов, В.В.

Некрасов // Транспорт: наука, техника, управление / Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ), 2013. № 7. с. 26-28.

9. Арифуллин И.В. Создание интегрированной транспортно-логистической системы Новой Москвы путем внедрения комплексных транспортных узлов // Транспорт: наука, техника, управление / Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ), 2013. № 9. с. 64-66.

10. Арифуллин И.В. Применение систем повторного использования деталей и узлов подвижного состава / В.В. Некрасов, А.А. Соловьева // Транспорт: наука, техника, управление / Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ), 2013. № 11. с. 50-51.

11. Арифуллин И.В. Система жизненного цикла запасных частей подвижного состава / В.В. Некрасов, А.А. Соловьева, Е.С. Проненко // Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ), 2014. № 1. с. 56-58.

12. Арифуллин И.В. Расчет производительности кранового оборудования и основных показателей эффективности контейнерной площадки/ В.В. Борщ, В.В. Некрасов, А.А. Соловьева, Е.С. Проненко // Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ), 2014. № 3. с. 52-54.

13. Арифуллин И.В. Система определения остаточной толщины деталей транспортных средств с применением ультразвукового толщиномера / В.В. Борщ, В.В. Некрасов, А.А. Соловьева, Е.С. Проненко // Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ), 2014. № 5. с. 58-61.

14. Арифуллин И.В. Логистика контейнерных перевозок // Сборник докладов XI Международной научно-практической конференции «Проблемы подготовки профессиональных кадров по логистике в условиях глобальной конкурентной среды» / Киев, 2013. – Вып.: октябрь 2013 г. – с. 71-75.

15. Арустиян С.М. Перевозки грузов на железнодорожном транспорте // Актуальные проблемы права: Сборник научных трудов. - М.: МГИУ, 2009, Вып. 9. - С. 145-175

16. Астахов В.П. Бухгалтерский (финансовый) учет. - М.: ИКЦ МарТ, 2003. - 928с.

17. Бауэрсокс Д.Д., Клосс Д.Д. Логистика: интегрированная цепь поставок. - М: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2001. – 573с.
18. Бауэрсокс Доналд Дж. Логистика Интегрированная цепь поставок, второе издание. М.; ЗАО «Олимп-Бизнес», 2006. - 640с.
19. Беленький А.С. Исследование операций в транспортных системах: идеи и схемы методов оптимизации планирования / А.С. Беленький. – М.: Мир, 1992. – 582 с.
20. Белый О.В. Архитектура и методология транспортных систем / О.В. Белый, О.Г. Кокаев, С. А. Попов. – СПб.: Элмор, 2002. – 256 с.
21. Бережная Е.В. Математические методы моделирования экономических систем: учеб. пособие / Е.В. Бережная, В.И. Бережной. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 432 с.
22. Бочкарев А.А. Автоматизация планирования и моделирования цепи поставок / А. А. Бочкарев. – СПб.: СПбГИЭУ, 2008. – 291 с.
23. Бочкарев А.А. Планирование и моделирование цепи поставок: учеб-нопрактическое пособие / А. А. Бочкарев. – М.: «Альфа-Пресс», 2008. – 192 с.
24. Бурдачева Н.А. Экономическое обоснование рационального распределения грузовых перевозок между железнодорожным и автомобильным транспортом. М.: РГОТУПС, 2004-79с.
25. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем / Н. П. Бусленко. – М.: Наука, 1978. – 395 с.
26. Бутов А.С. Транспортные системы. Моделирование и управление / А. С. Бутов и др.; под ред. А. С. Бутова. – СПб.: Судостроение, 2001. – 552 с.
27. Валькман Ю.Р. Определение базиса для построения мультиагентной системы имитационного моделирования бизнес-процессов в нотации BPMN [Текст] / Ю.Р. Валькман, К.В. Муцаковская // Институту проблем моделювання в енергетиці. Збірник наукових праць. –2012. –№ 62. –С. 101–108.

28. Варфоломеев В.И. Алгоритмическое моделирование экономических систем: практикум: учеб. пособие / В.И. Варфоломеев, С.В. Назаров. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 264 с.
29. Волгин В.В. Кладовщик: Устройство складов. Складские операции. Управление складом. прикативные документы. 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Ось-89, 2003.
30. Волгин В. В. Логистика приемки и отгрузки товаров: практическое пособие / В.В. Волгин. – Москва: Дашков и К°, 2009. – 457 с.
31. Волков В.Д. Управление цепями поставок: транспортные и информационные аспекты: монография / В.Д. Волков. – М.: МАДИ, 2010. – 125 с.
32. Волкова П.А., Шипунов А.Б. Статистическая обработка данных в учебно-исследовательских работах. - М.: Экспресс, 2008. - 60 с. - <http://window.edu.ru/resource/796/65796>
33. Володин И.Н. Лекции по теории статистических выводов: Учебное пособие. - Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2010. - 174 с. - <http://window.edu.ru/resource/071/76071>
34. Глущенко В.В. Разработка управленческого решения. Прогнозирование-планирование. Теория проектирования экспериментов / Глущенко В.В., Глущенко И.И. г. Железнодорожный, Моск. обл.: ООО НПЦ «Крылья», 2000. – 400 с.
35. Голубчик А.М. Транспортно-экспедиторский бизнес: создание, становление, управление / А. М. Голубчик. – Москва: ТрансЛит, 2011. – 317 с.
36. Гольц Г.А. Транспорт и расселение / Г.А. Гольц. – М.: Наука, 1981. – 234 с.
37. Горев А.Э. Грузовые автомобильные перевозки: учеб. пособие. 5-е изд. /А.Э. Горев. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 288 с.
38. Горев А.Э. Информационные технологии в управлении логистически-ми системами / А.Э. Горев. – СПб.: СПбГАСУ, 2004. – 193 с.
39. Горюнов А.В. О механизме планирования при организации железнодорожных перевозок грузов // Юридические науки. - М.: Компания Спутник+, 2006, № 2 (18). - С. 103-104

40. Горяев Н.К. Основы международных грузовых автомобильных перевозок: учебное пособие /Н.К. Горяев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 86 с.
41. Грешилов А.А., Стакун В.А., Стакун Л.А. Математические методы построения прогнозов. – М.: Радио и связь, 1997. – 112с.
42. Грузовые автомобильные перевозки: учебник для вузов / А.В. Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Куликов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 560 с.
43. Гудков В.А., Миротин Л.Б., Ширяев С.А., Гудков Д.В. Основы логистики: Учебник для вузов/ Под ред. В.А. Гудкова. М.: Горячая линия -Телеком, 2004-351с.
44. Гуров С.И. Оценка надежности классифицирующих алгоритмов. - М.: Издательский отдел ф-та ВМиК МГУ, 2002. - 42 с. - <http://window.edu.ru/resource/133/59133>.
45. Гусев С.А., Клочков В.Н., Петров В.В., Логинов Н.К. Саратов Организация транспортно-экспедиционного обеспечения: учебное пособие: СГТУ, 2005-120с.
46. Денисов В.Н. Проблемы экологизации автомобильного транспорта / В.Н. Денисов, В.А. Рогалев. – СПб.: МАНЕБ, 2005. – 312 с.
47. Джеймс С. Джонсон, Дональд Ф. Вуд, Дэниел Л. Вордлоу, Поль Р. Мэрфи-мл. Современная логистика, седьмое издание. М.; Вильяме, 2004-615с.
48. Джонсон Д., Вуд Д., Вордлоу Д., Мэрфи-мл. П. Современная логистика. — М.: Издательский дом Вильямс, 2009. – 629с.
49. Доррер М.Г. Событийный анализ бизнес-процессов в нотации EPC [Текст] / М.Г. Доррер, Е.А. Ланцев, А.И. Шаргаева // Тр. XV Междунар. ЭМ конф. по эвентологической математике и смежным вопросам. – Красноярск: СФУ, НИИППБ, КГТЭИ, 2011. – С. 89–96.
50. Дядик В.Ф. Статистические методы контроля и управления: Учебное пособие / В.Ф. Дядик, С.А. Байдали, Т.А. Байдали: Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. - 144 с. - <http://window.edu.ru/resource/777/74777>.

51. Емельянов А.А. Имитационное моделирование экономических процессов: учеб. пособие / А.А. Емельянов, Е.А. Власова, Р.В. Дума. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
52. Емельянов В.В., Ясиновский С.И. Введение в интеллектуальное имитационное моделирование сложных дискретных систем и процессов. Язык РДО. - М.: "АНВИК", 1998. - 427с.
53. Ермаков С.М. и др. Математическая теория планирования эксперимента. - М.: Наука, 1983. - 291с.
54. Ефремов Д.В. Системный анализ и метод проектирования информационной логистической системы транспортного предприятия / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Самара, 2003.
55. Жевнерчук Д.В. Методика построения имитационных моделей с применением больших массивов данных на основе интеграции IDEF3, OLAP, GPSS технологий [Текст] / Д.В. Жевнерчук. –Ижевск, 2006. – 146 с.
56. Залманова М. Е. Логистика бизнес-систем. – Саратов: СГТУ, 2007. – 88с.
57. Замятин О.М. Моделирование и комплексный анализ бизнес-процессов предприятия [Текст] / О.М. Замятина. –Томск, 2004. – 174 с.
58. Землянский П.Л. Сущность и классификация смешанных перевозок // Транспортное право. N 3. 2004.
59. Иванов Д. А. Управление цепями поставок / Д.А. Иванов. – Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2010. – 659 с.
60. Ивашкин Ю.А. Агентные технологии и мультиагентное моделирование // Учебное пособие, ISBN 978-5-7417-0330-4 / МФТИ, Москва, 2013, 267 с.
61. Интегрированные логистические системы доставки ресурсов: (теория, методология, организация) / ИА. Еловой, И. А. Лебедева. – Минск: Право и экономика, 2011. – 460 с.
62. Канашевский В.А. Регулирование международных железнодорожных перевозок грузов: международные соглашения в российской судебной практике // Закон. - М., 2008, № 7. - С. 39-47

63. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 / Ю. Г. Карпов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 400 с.
64. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 [Текст] / Ю.Г. Карпов. –СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 400 с.
65. Карпова Т.П. Управленческий учет. - М.: ЮНИТИ, 2002. - 350с.
66. Кацыв Д.П., Алексеев С.Р., Красникова Н.А. Оценка эффективности имитационных моделей транспортных систем //Автоматизация управления предприятиями промышленности и транспортного комплекса. Сб. науч. тр. МАДИ (ГТУ). 2006. с. 96-100.
67. Кириченко А.В. Перевозка экспортно-импортных грузов: Организация логистических систем; Питер, 2004-504с.
68. Киршина М.В. Коммерческая логистика. - М.: Центр экономики и маркетинга, 2001.
69. Кобелев Н.Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических систем: учеб. пособие / Н. Б. Кобелев. – М.: Дело, 2003. – 336 с.
70. Кобелев Н.Б., Половников В.А., Девятков В.В. Имитационное моделирование: Учебное пособие // Под общей редакцией д.э.н. Н.Б. Кобелева. ISBN 978-5-905554-17-9, 978-5-16-006371-3 / КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2013, -368 с.
71. Кокин А.С., Левиков Г.А. Международная транспортная экспедиция. М.; Дело, 2005-447с.
72. Колесов Ю. Б. Моделирование систем. Объектно-ориентированный подход: учеб. пособие / Ю. Б. Колесов, Ю. Б. Сениченков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 192 с.
73. Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б. Компонентные технологии математического моделирования // Учебное пособие, ISBN 978-5-7422-3997-0 / Издательство Политехнического университета, Санкт-Петербург, 2013, - 233 с.
74. Котиков Ю. Г. Основы системного анализа транспортных систем: учеб. пособие / Ю. Г. Котиков. – СПб.: СПбГАСУ, 2001. – 264 с.

75. Котиков Ю. Г. Основы теории транспортных систем: учеб. пособие / Ю.Г. Котиков. – СПб.: СПбГАСУ, 2000. – 216 с.
76. Кристофер М. Логистика и управление цепочками поставок / Под общ. ред. В.С. Лукинского. – СПб.: Питер, 2004. – 316 с
77. Курганов В.М. Логистические транспортные потоки / В.М. Курганов. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2003. – 252 с.
78. Кутузов В.В. Повышение эффективности эксплуатации строительных и дорожных машин с учетом изменения их технического состояния: дис. канд. техн. наук, 05.05.04, Москва, 2012. – 142 с.
79. Логистика: интеграция и оптимизация логистических бизнес-процессов в цепях поставок / В. В. Дыбская – Москва: Эксмо, 2008. – 939 с.
80. Лукинский В.С. Модели и методы теории логистики. СПб.; Питер, 2007-448с.
81. Маликов Р.Ф. Основы разработки компьютерных моделей сложных систем // Учебное пособие, ISBN 978-5-87978-829-7 / Изд-во БГПУ, – Уфа, 2012, 256 с.
82. Малинецкий Г.Г., Степанцов М. Е. Дискретная математическая модель динамического развития транспортной сети //Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2009. – Том 49. – № 9. – С.1565–1570.
83. Меджигов М.А. Совершенствование методов технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов: дис. канд. техн. наук, 05.22.10, Москва, 2009. – 138 с.
84. Месарович М., Мако Д., Такахара Я. Теория иерархических многоуровневых систем. - М.: Мир, 1973.- 342с.
85. Миротин Л.Б. Некрасов А. Г. Эффективность интегрированной логистики. – М.: Прогресс, 2002. – 385с.
86. Миротин Л.Б., Боков В.В. Современный инструментарий логистического управления: учебник для вузов. М.: Издательство «Экзамен», 2005-496с.
87. Миротин Л.Б., Корчагин В.А., Ляпин С.А., Некрасов А.Г. Логистические цепи сложно-технологических производств: Учебное пособие. М.: Издательство «Экзамен», 2005 288с.

88. Миротин Л.Б., Ташбаев Ы.Э., Гудков В.А. Транспортная логистика: Учебник для транспортных вузов. / Под общ. ред. Л.Б. Миротина. – М.: Издательство «Экзамен», 2002. – 512 с.
89. Михайлов А.Ю. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов / А.Ю. Михайлов, И.М. Головных. – Новосибирск: Наука, 2004. – 267 с.
90. Михеева Н. Транспортные компании как участники грузовой перевозки на железнодорожном транспорте // Право и экономика. - М.: Юрид. Дом «Юстицинформ», 2008, № 1. - С. 27-29
91. Модели и методы теории логистики: учеб. пособие. 2-е изд. / под ред. В.С. Лукинскогo – СПб.: Питер, 2007. – 448 с.
92. Нарозников Н.К. Услуги и работы в сфере перевозок железнодорожным транспортом // Транспортное право, 2005, № 1
93. Некрасов А.Г. Основы менеджмента безопасности цепей поставок: учеб. пособие/ А.Г. Некрасов. -МАДИ. - М., 2011. -130 с.
94. Некрасов А.Г., Атаев К.И., Некрасова М.А. Управление процессами безопасности и риска в цепях поставок: учебно-методич. пособие. – М.: Техполиграфцентр, 2011. – 120 с.
95. Некрасов А.Г., Мельников Д.А. Безопасность цепей поставок в авиаиндустрии: монография. - М.: Издательство ГУП МТС ГА «Авиатехснаб», 2006. -260 с.
96. Некрасов А.Г., Миротин Л.Б., Меланич Е.В. Управление цепями поставок в транспортном комплексе. Учебное пособие для вузов. - М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 262 с. (Серия «Инженерная логистика»).
97. Неруш Ю.М. Логистика. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. - 495с.
98. Нестеров Е. П. Транспортные задачи линейного программирования / Е. П. Нестеров. – М.: Транспорт, 1971. – 216 с.
99. Николин В. И. Грузовые автомобильные перевозки / В. И. Николин, Е. Е. Витвицкий, С. М. Мочалин. – Омск: Вариант-Сибирь, 2004. – 480 с.

100. Организация производства в условиях переходной экономики / С.А. Пелих и др. – Минск: Право и экономика, 2009. – 576 с.
101. Основы логистики и управление цепями поставок" / Б.А. Аникин и др. – Москва: Проспект, 2012. – 339 с.
102. Основы логистики. Общие вопросы логистического управления / Под ред. Алесинская Т.В. - Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. - 121с.
103. Основы логистики: теория и практика / В.В. Щербаков и др. – Санкт-Петербург: Питер: Питер Пресс, 2009. – 426 с.
104. Перевозка экспортно-импортных грузов. Организация логистических систем / Под ред. А.В. Кириченко. – СПб.: Питер, 2004. – 506 с.
105. Перфилов А.С. Обеспечение работоспособности дорожно-строительных машин методом эксплуатационного резервирования с использованием ремонтных комплектов: дис. канд. техн. наук, 05.05.04, Москва, 2012. – 140 с.
106. Повышение эффективности грузовых перевозок на основе создания устойчивой транспортно-логистической системы модульного типа для высокоскоростной обработки и доставки грузов: монография/ Л.Б. Миротин, А.Г. Некрасов, В.А. Гудков и др. Под общ. ред. Л.Б. Миротина и А.Г. Некрасова. – М.: Техполиграфцентр, 2013. - 232 с. (Серия «Инженерная логистика»).
107. Полянский В. М. Имитационное моделирование транспортных систем / В. М. Полянский. – СПб.: СПГУВК, 1998. – 162 с.
108. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технологии / Ю. И. Рыжиков. – СПб.: КОРОНА принт; - М.: Альтекс-А, 2004. – 384 с.
109. Саати Томас Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети: пер. с англ., науч. ред. А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 360 с.
110. Саркисов, С.В. Логистика / С. В. Саркисов. – Москва: Дело, 2008. – 366 с.
111. Сафронов Э.А. Транспортные системы городов и регионов: учеб. пособие / Э. А. Сафронов. – М.: Издательство АСВ, 2005. – 272 с.

112. Сениченков Ю.Б. Моделирование. Компьютерный практикум. // Учебное пособие, ISBN 978-5-7422-4020-4 / Издательство Политехнического университета, Санкт-Петербург, 2013, 88 с.
113. Сербин В.Д. Основы логистики. - Таганрог: ТРТУ, 2004. – 426с.
114. Степанов В.И. Логистика: учебник для высших учебных заведений по направлению подготовки «Экономика и экономическим специальностям / В.И. Степанов. – Москва: Проспект, 2010. – 487 с.
115. Степанцов М.Е. О возможной модификации дискретной математической модели динамического развития транспортной сети // Компьютерные исследования и моделирование. – 2013. – Т.5. – № 3. – С. 395–402.
116. Степанцов М.Е. Моделирование некоторых сценариев развития систем железных дорог России и Украины // Пятая всероссийская науч.-практ. конф. по имитационному моделированию и его применению в науках и промышленности «Имитационное моделирование: теория и практика» ИММОД-2011. Труды конференции. – СПб: ОАО Центр технологии и судостроения. – 2011. – Т.1. – С. 282–285.
117. Стерлигова А.Н. Управление запасами в цепях поставок / А. Н. Стерлигова. – Москва: ИНФРА-М, 2009. – 428 с.
118. Сток Д.Р. Стратегическое управление логистикой. — М: Инфра-М, 2005. – 349с.
119. Сурмин Ю.П. Теория систем и системный анализ: учеб. пособие / Ю.П. Сурмин. – Киев: МАУП, 2003. – 368 с.
120. Суслов А.А. Технология и практика эффективного управления автотранспортным предприятием. – М.: Импэкс, 2007. – 603с.
121. Тапейцина А.С., Карагод В.С. Автотранспортные предприятия. – М.: Современная Экономика и Право, 2002. — 456с.
122. Таха, Хемди А. Введение в исследование операций [Текст] / Хемди А. Таха. – М.: ИД «Вильямс», 2005. – 912 с.

123. Теория систем и системный анализ в управлении организациями. Справочник: учеб. пособие / под ред. В. Н. Волковой и А. А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 848 с.
124. Техническая эксплуатация автобусов / Под ред. Е.С. Кузнецова. – М.: Транспорт, 2001. – 413с.
125. Тихонов С.В. Моделирование бизнес-процессов с использованием аппарата теории систем массового обслуживания / С.В. Тихонов // Сб. тр. II конф. II школа-семинар молодых ученых. Управление большими системами. – Воронеж: Научная книга, 2007. – Т. 2. – С. 53–59.
126. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 22 ноября 2008 г. №1734-р.
127. Л.Б. Миротин, В.А. Гудков, В.В. Зырянов [и др.] / Управление грузовыми потоками в транспортно-логистических системах / Под ред. Л.Б. Миротина. - М.: Горячая линия-Телеком, 2010. – 704 с.
128. Управление процессами в транспортных логистических системах: учеб. пособие / В.М. Беляев, Л.Б. Миротин, А.Г. Некрасов, А.К. Покровский; под общ. ред. А.Г. Некрасова; МАДИ. - М., 2011. - 127 с.
129. Ханова, А.А. Организация принятия решений в виде цикла управления эффективностью организации [Текст] / А.А. Ханова, А.С. Пономарёва // Вестник астраханского государственного технического университета. Управление, вычислительная техника и информатика. –2011. –№ 2. –С. 171–177.
130. Хей Ф. Математическая теория транспортных потоков / Ф. Хей. – М.: Мир, 1966. – 286 с.
131. Хоружий Л.И. Бухгалтерский учет, контроль и налогообложение в сельском хозяйстве / Л.И. Хоружий, М.М. Напшева. - М.: Альфа-Пресс, 2001. - 256 с.
132. Хохрин С.Е. Логистика автомобильного транспорта. – М.: Авто, 2005. – 368с.
133. Цветков В. Я. Геоинформационные системы и технологии / В.Я. Цветков. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 288 с.

134. Цициашвили Г.Ш. Простейшая вероятностная модель оценки обобщенного показателя // Современные проблемы управления. – М.: РАН. ДВО. ИПМ., 1995. - №1. – С.1-4.
135. Цыркунова Т.Н. Планирование логистической стратегии предприятий. – Саратов: РГБ, 2001. – 187с.
136. Черноруцкий И.Г. Методы принятия решений. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.
137. Шапиро Дж. Моделирование цепи поставок / Дж. Шапиро; пер. с англ. – СПб.: Питер, 2006. – 720 с.
138. Franta W.R. The system approach to system simulation // Modeling and Simulation. – 1979. – V.10, №5. - P.2083-2090.
139. G.M. Antonova. Application of Pattern Recognition in Optimization-Simulation Technique / in book «Pattern Recognition: Practices, Perspectives and Challenges» (Editors: Darrell B. Vincent), Nova Science Publishers, Inc., New York, 2013., p. 91-124.
140. Highway Capacity Manual 2000. – Transportation Research Board, National Research Council. – Washington, D.C., USA, 2000. – 1134 p.
141. K. A. Aksyonov and A. S. Antonova, Application of Simulation and Intelligent Agents to Solve Project Management Problem // International Journal of Computer Science Engineering and Information Technology Research, 2013, Vol. 3-1, pp. 321-330. Retrieved from: http://www.tjprc.org/view_archives.
142. Konstantin Aksyonov and Anna Antonova, Multiagent genetic optimisation to solve the project scheduling problem, Proceedings of ICCGI 2013: The Eighth International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology, July 21-26, 2013, ISBN№: 978-1-61208-283-7, Noice, France, pp. 237–242.
143. Ortuzar J.D., Willumsen L.G. Modeling Transport / 3-rd edition. – John Willey & Sons Ltd, 2008. – 499 p.
144. Papacostas C.S., Prevedouros P.D. Transportation Engineering and Planning / 3-rd edition. – Prentice Hall, 2001. – 685 p.

145. Stepantsov M.E. On calibrating the dynamic model of a transport network // Труды Третьей международной конференции «Математическое моделирование социальной и экономической динамики» (MMSED-2010). 23–25 июня 2010 года. – М.: ЛЕНАНД, 2010. – С. 247–251.
146. Tregubov P.G. Tools of production and logistics support life cycle of high-tech products /A.B. Nikolaev, V.M. Prikhodko, V.U. Stroganov, P.G.Tregubov. Life Science Journal, №8, 2014
147. Van der Aalst, W.M.P. Business Process Management [Text] / W.M.P. van der Aalst, A.H.M. ter Hofstede, M. Weske // A Survey. Internat. Conf. on Business Process Management, LCNS. – Berlin: Springer-Verlag, 2003. –Vol. 2678. –P. 1–12.
148. Van der Aalst, W.M.P. The Application of Petri Nets to Workflow Management [Text] / W.M.P. Van der Aalst // J. of Circuits, Systems and Computers, 1998. –№ 8(1). –P. 21–66.
149. Methodology and Emission Factors Zurich Airport, 2016
150. Copenhagen Airports A/S Corporate Affairs and Legal, 2016
151. Rules of conduct for ground handling Vienna airport from A to Z FLUGHAFEN WIEN AG Corporate Communications, Advertising & Marketing Department, 2015
152. AT DUBLIN AIRPORT, Version 9 – 181006. ООО «Прогрестех», Отчет о научной работе: Существующее состояние аэропортов Московского авиационного узла (МАУ) и перспективы развития до 2030 г. С учетом международной практики. (краткая аналитическая версия), Редакция 3. Москва 2010 год.