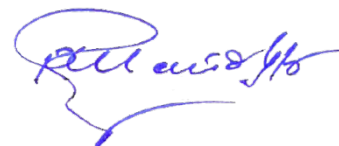


ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»

На правах рукописи



ШАЙДУРОВ ИВАН ГЕОРГИЕВИЧ

**МЕТОД КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ ГРУЗОВОГО ТЕРМИНАЛА АВИАЦИОННОГО
ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО УЗЛА**

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

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор Г.А. Крыжановский

Санкт-Петербург

2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ГРУЗОВЫХ АВИАПЕРЕВОЗОК В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ	16
1.1. Анализ современного состояния грузовых перевозок в России и за рубежом	16
1.2. Тенденции развития грузовых авиаперевозок в России	19
1.3. Системный анализ основных проблем развития грузовых авиационных перевозок в России	23
1.4. Анализ темпа работы авиационной транспортно-логистической системы как элемента смешанной перевозки	28
1.5. Проблемы и пути решения создания комплексной системы управления технологическими процессами в авиационном транспортно-логистическом узле	41
Выводы по главе 1	50
2. МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В АВИАЦИОННОМ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОМ УЗЛЕ	52
2.1. Системный подход к описанию авиационной транспортно- логистической системы	52
2.2. Сетевое моделирование производственных процессов в авиационном транспортно-логистическом узле (АвиаТЛУ)	52
2.2.1. Максимальная, минимальная, наиболее вероятная и ожидаемая продолжительности работ в АвиаТЛУ	54
2.2.2. Ранний срок свершения событий. Дисперсия времени работы в АвиаТЛУ	60
2.2.3. Построение комплексного сетевого графика технического и коммерческого обслуживания ВС при кратковременной стоянке	63
2.2.4. Определение рангов и нумерации событий при построении сетевого графика обслуживания ВС	64

2.2.5. Анализ и оптимизация сетевого графика при обслуживании ВС	76
2.3. Динамическая сетевая модель производственных процессов в авиационном транспортно-логистическом узле	81
2.3.1. Декомпозиция комплекса «Аэропорт-Авиакомпания-УВД»	85
2.3.2. Общая характеристика и матричная модель системы «Коммерческой готовности ВС к рейсу (груз)»	90
2.3.3. Общая характеристика и матричная модель n -ой подсистемы (этапа) системы «Коммерческой готовности рейса»	96
2.3.4. Определение основных свойств (параметров) элементов j -го модуля (операции) n -ой подсистемы (этапа) системы «Коммерческой готовности рейса»	99
2.4. Экономико-математическая модель оценки эффективности производственной деятельности транспортно-логистического комплекса смешанных перевозок с учетом производительности ресурсов	106
Выводы по главе 2	113
3. ВЕРИФИКАЦИЯ И ВАЛИДАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГРУЗОВОГО ТЕРМИНАЛА В АВИАЦИОННОМ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОМ УЗЛЕ	115
3.1. Разработка математической модели j -го модуля n -ой подсистемы системы «Коммерческой готовности рейса» при построении матрицы взаимодействия свойств элементов	115
3.2. Верификация математической модели j -го модуля n -ой подсистемы системы «Коммерческой готовности рейса»	121
3.3. Валидация математической модели j -го модуля n -ой подсистемы системы «Коммерческой готовности рейса»	130
Выводы по главе 3	131
4. ФОРМИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА СМЕШАННЫХ ПЕРЕВОЗОК	133
4.1. Формирование экспертной системы поддержки принятия решений	

менеджера-оператора транспортно-логистического центра	133
4.2. Предложения по формированию структуры информационно-логистического центра регионального уровня	138
4.3. Предложения по организации информационных потоков в системе поддержки принятия решений ИЛЦ регионального уровня.....	144
Выводы по главе 4	151
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	153
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	156
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	157
Приложение 1	180
Приложение 2	181
Приложение 3	182
Приложение 4	183
Приложение 5	184
Приложение 6	185

ВВЕДЕНИЕ

Сегодняшнее эволюционное развитие экономики России тесно связано с развитием транспортного комплекса страны, которое зависит от системного анализа и комплексного решения проблемных вопросов, сформулированных в «Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года» [1]. Современные темпы развития транспортных рынков, как в России, так и за рубежом, определяют необходимость формирования новых компетенций у персонала на различных уровнях иерархии, совершенствования технологий обслуживания пассажиров, почты и груза (ППГ), с учётом внедрения современных средств автоматизации и интеллектуальных информационных систем управления, способных перерабатывать большие данные (Big Data). Четвертая промышленная революция (Индустрия 4.0) определяет современные требования при внедрении систем оперативного управления, а именно, быстроедействие и надежность их функционирования. Постановка данных задач и их решение, является актуальным вопросом на ближайшие годы для повышения эффективности управления большими и сложными системами, такими как транспортно-логистические системы (ТЛС).

Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года содержит подпрограмму «Информатизация», которая призвана объединить усилия всех участников транспортного процесса смешанной перевозки в создании надежных систем сбора, обработки и передачи своевременной, полной и достоверной информации при формировании единого информационного пространства (ЕИТКП) [60]. Подпрограммой предусматривается создание:

- государственного ЕИТКП ресурса транспортного комплекса Российской Федерации, предусматривающего разработку нормативно-правового обеспечения, организационных принципов создания и функционирования информационно-аналитических центров транспортного комплекса;

- системы мониторинга состояния и безопасного функционирования транспортного комплекса путем построения на основе современных технологий спутниковой навигации, связи и информатики, систем контроля социально

значимых параметров состояния и работы транспортного комплекса;

- системы сбора и обработки статистической информации по транспортному комплексу и формирование интегрированной базы данных по субъектам транспортного комплекса, интегрированной системы электронного документооборота и др.;

- ЕИТКП взаимодействия органов управления транспортным комплексом, субъектов и пользователей рынка транспортных услуг, в том числе разработка концепции ЕИТКП транспортно-логистического комплекса смешанных перевозок (ТЛК СП) и определение совокупности информационных технологий и порядка их применения;

- системы транспортно-логистических центров (ТЛЦ) и информационного сопровождения перевозок в международных транспортных коридорах (МТК) на основе разработки пакета организационно-нормативных стандартов и единой системы мониторинга и информационного сопровождения перевозок ППГ, обеспечения информационного взаимодействия между органами государственного управления и участниками транспортного процесса;

- системы информационного и технологического взаимодействия отдельных видов транспорта в едином ТЛК СП страны, разработка автоматизированных систем управления (АСУ) перевозками в ТЛС с использованием региональных информационно-логистических центров (РИЛЦ), функционирующих на единых принципах.

- системы подготовки персонала осуществляющего управление технологическими процессами с использованием интеллектуальных систем.

Эффективную деятельность единой транспортной системы (ЕТС) обеспечивает единая информационная система транспорта страны (ЕИСТС), состоящая из РИЛЦ, обеспечивающих эффективное управление ТЛС при создании транспортной продукции на различных этапах жизненного цикла товара. Сформированная на единой методологической основе и способная объединить различные информационные потоки участников транспортно-логистических маршрутов, она базируется на использовании новых информационных технологий, экономико-математических методов, информационно-

вычислительной техники и предполагает участие специально подготовленного персонала (операторов), с необходимым уровнем сформированности компетенций [60].

Единая информационная система транспорта страны должна быть совместима с информационными системами производителей и потребителей транспортной продукции по этапам жизненного цикла товара, от добычи сырья, до производства и сбыта готовой продукции (товара) потребителю, что определяет эффективность планирования и организации транспортного процесса на принципах логистики «точно в срок» и «от двери до двери».

Следует отметить, что проблема формирования ЕИСТС, может быть решена только при последовательном использовании системного подхода, формировании единой методологии в описании производственных процессов и широкого применения современных результатов математической теории.

Декомпозиция ЕИСТС по региональному принципу основана на результатах декомпозиции многомерной матрицы «Единой транспортной системы» [59].

При формировании ЕТС и ЕИСТС по принципу жизненного цикла товара, в диссертационной работе рассматриваются производственные и информационные процессы в единстве. Такое совместное рассмотрение взаимодействия различных видов транспорта, как ТЛК СП дает возможность получения синергетического эффекта при учете возможностей и потребностей конкретного производства в транспортных средствах, специалистах, транспортных коммуникациях, энергетических ресурсов и информационном обеспечении.

Исследования показали [69,70,169], что наиболее эффективным решением является использование виртуальной (безрисковой) среды (например, AnyLogic), которая позволяет применять различные библиотеки при формировании вариантов маршрутов, проигрывании событий с учетом изменяющихся параметров при разработке принимаемых решений оператором транспортно-логистических центров (ТЛЦ). При накоплении обработанной информации (знаний), появляется возможность сформировать комплексную систему управления ТЛК СП (КСУ ТЛК СП) [59,67].

Диссертация выполнена в соответствии с паспортом специальности 05.22.01 «Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте», в котором объектами исследования являются: транспортные узлы, системы взаимодействия различных видов транспорта, информационные системы и системы управления перевозками и производствами. В работе была выбрана область исследования, связанная с организацией и технологией транспортного производства, а также управление транспортным производством.

Актуальность темы диссертации. Современное представление транспортно-логистической системы, как большой и сложной системы с большим количеством связей, а также присутствием человека, от того и неопределённостей, говорит о необходимости совершенствования современных математических моделей, методов обработки информации с использованием информационных технологий, позволяющих прогнозировать производственный процесс в организационно-технических системах.

Степень научной разработанности темы. Постановки задач и методы их решения в представляемой работе базируются на классических работах математического моделирования и исследования операций: М. Sasieni [203], Sh.M Ross [209], Р.Л. Акоф [184,203], А.М. Андронов [9], Ю.П. Зайченко [62], Соколов Б.В. [159,208], Хемди А. Таха [178], Юсупов Р.М. [159,201], И.С. Голубев, Р.В. Сакач, Е.Л. Логинов, Е.Г. Пинаев [39] и др.; теории графов и сетевых методов планирования: А. Кофман [84-86], Н. Кристофидес [87], М. Swami, Sh.M. Ross [209], Р.Г. Басакер [20], Т.Л. Саати [20,149,150], В.А. Баришполец [18,19,138], Г.С. Поспелов [138], К.А. Рыбников [148] и др.; дискретного и стохастического программирования: Ю.М. Ермольев [53], А.А. Корбут [81], Ю.Ю. Финкельштейн [81], Д.Б. Юдин [200] и др.; статистического (имитационного) моделирования: Н.П. Бусленко [30], С.М. Ермаков [51,52], Г.А. Михайлов [51,52,126], А.В. Войтишек [126], Р. Шеннон [199] и др.; теории вероятностей и ее инженерных приложениях: Е.С. Вентцель [33] и др.

Теоретическими основами работы стали исследования российских ученых, посвященных проблемам взаимодействия различных видов транспорта: А.М.

Андронов [8], В.В. Андрианов [7], В.И. Васильев [32], И.С. Голубев [39], А.Э. Горев [40,41], А.В. Губенко [44], Е.Н. Зайцев [59,60,185-187,189,190,192-198], О.В. Белый [21-23], Д.И. Иванов [65,208], Б.В. Соколов [159,208], Г.А. Крыжановский [88-91,185,190,192,193], Е.А. Куклев [96,97], О.Г. Кокаев [22,75], В.В. Лукинский [105,106], В.С. Лукинский [107,108], В.Н. Лившиц [103], В.П. Маслаков [119,120], Ю.И. Палагин [130-133], Т.А. Прокофьева [139,140], С.М. Резер [141-145], В.И. Сергеев [140,153], С.М. Сакач [39], В.Г. Староселец [161], В.В. Шашкин [89-91] и др.; проблемам построения экспертных систем поддержки принятия решений: О.И. Ларичев [98], Ю.М. Искандеров [67], Д.А. Пospelов [137]; проблемам построения интеллектуальных транспортных систем: И.Г. Малыгин [11,23,63,112-115], В.И. Комашинский [11,63,78,112-115,158], С.А. Селиверстов [75,160], А.Л. Стариченков [21,160].

Конкретные проблемы моделирования технологических работ грузового терминала в авиационном транспортно-логистическом узле (АвиаТЛУ), на примере коммерческой готовности ВС к рейсу, в том числе в штатной, нештатной и сбойной ситуации, в современной постановке исследовались в работах Ю.М. Чинючина [48], Е.В. Кониковой [79], В.А. Романенко [146], но только в рамках статических имитационных моделей. Ранее в моделях учитывались только количественные свойства элементов, в отличие от предлагаемого метода, где учитываются как количественные, так и качественные свойства (параметры) элементов, выполняющих работу модуля в условиях неопределенности.

Объектом исследования диссертации являются технологические процессы в авиационном транспортно-логистическом узле дискретного и непрерывного типа в аспекте рассмотрения движения по ним предметов труда.

Предметом исследования является многомерная сетевая модель системы коммерческой готовности воздушного судна (груз) в авиационном транспортно-логистическом узле, как элемента ТЛК СП.

Предлагаемый в работе метод исследования основан на комплексном рассмотрении вопросов выбора переменных, построения моделей, постановки задач, формирования алгоритмов в разрезе конструирования системы управления путем изучения закономерностей функционирования и связей между всеми

элементами в технологических процессах грузового терминала АвиаТЛУ.

Современная степень разработанности темы управления производственными процессами в АвиаТЛУ с учетом ряда ресурсно-временных ограничений не дает возможности постановки задач оптимального управления и не решает поставленных задач.

В качестве альтернативного используемым сегодня в АСУ подходам, в диссертационной работе для описания непрерывного производства принимается способ, основанный на нормировании значений параметров элементов системы, за счёт трехмерного представления объекта. Расчет использования такого подхода предполагается существенно уменьшить размерности моделей производства; увеличить быстродействие АСУ при обработке информации; использовать теорию информации и теорию оптимального управления как основу построения эффективных систем управления технологическими процессами в АвиаТЛУ.

Цель работы. Разработка метода оценки эффективности работы грузового терминала АвиаТЛУ, основанного на учёте динамики функционирования сетевой модели, с целью её оптимизации путем снижения уровня неопределённости.

Для решения поставленной цели решаются следующие задачи:

1. Разработка динамической сетевой модели производственных процессов в АвиаТЛУ с учётом изменяющихся параметров элементов во времени с применением матричного подхода.

2. Разработка метода комплексного исследования и построения математической модели оценки эффективности для нормирования временных интервалов производственных процессов в АвиаТЛУ с учетом индивидуальных свойств i -го элемента, обеспечивающих выполнение j -ой работы на n -ом этапе.

3. Анализ аналитической зависимости каждого свойства i -го элемента на j -ой работе с учетом нормативных требований по экологии и безопасности с применением матричного подхода.

4. Разработка новой формы представления системы управления готовностью i -го элемента на j -ой работе с учетом пространственного принципа.

5. Разработка структуры информационной системы управления производственными процессами и системой подготовки i -го элемента на j -ой

работе в АвиаТЛУ, на базе многомерной (OLAP) и интеллектуальной (Data Mining) обработки больших данных (Big Data).

Методология исследования базируется на комплексном и системном подходе при решении поставленных задач с использованием фундаментальных исследований отечественных и зарубежных специалистов в области организации производства на транспорте и транспортно-технологических системах страны, ее регионов и городов, теории исследования операций и имитационного моделирования.

Информационную и статистическую базу исследования составляют: отраслевая нормативно-справочная информация (НСИ) и нормативно-правовые документы по технологиям обработке груза на грузовом терминале в аэропорту и технологиям по коммерческой готовности воздушного судна к рейсу (груз); формы федерального государственного статистического наблюдения 30-ГА «Сведения о выполнении расписания (плана) отправок самолетов, вертолетов из начального и промежуточных пунктов рейса (независимо от принадлежности самолета, вертолета)»; статистическая информация Росстата, Минтранса России и Росавиации; статистическая информация о сбойных ситуациях в аэропорту, на базе единой информационной платформы «Синхрон».

Научной новизной разработанного метода является обоснование возможности использования матричного подхода при построении экономико-математической модели АвиаТЛУ с учетом многомерной модели параметрического анализа данных для снижения уровня неопределенности.

Теоретическая значимость заключается в том, что разработан новый метод, который переводит статическую сетевую модель в динамическую, что позволяет добиться ресурсно-временной оптимизации технологических процессов при максимальном сокращении организационного (непроизводительного) времени и времени простоев, за счёт уменьшения неопределенности состояний элементов, как модуля, так и системы в целом.

Научная ценность заключается в инвариантности предлагаемого метода, который может быть применим к объектам другой физической природы, а именно к большим и сложным системам, которые могут быть описаны сетевой

статической и динамической моделями.

Практическая значимость заключается в том, что использование метода позволяет максимизировать время технического использования транспортных средств в работе, за счёт минимизации времени на организацию и подготовку ресурсов транспортного процесса ТЛК СП.

Практическая ценность заключается в следующем:

1. Формализация технологических процессов на грузовом терминале в АвиаТЛУ даёт возможность построить эффективную математическую модель, позволяющую нормировать временные интервалы этапов и операций, и минимизировать неопределенность.

2. Предлагаемый метод уточняет динамическую сетевую модель времени работы грузового терминала в АвиаТЛУ, за счет применения уравнений, описывающих отдельные связи и свойства элементов технологического процесса в АвиаТЛУ, что позволит ускорить и упростить процесс обработки информации.

3. Предлагаемый метод параметрического анализа данных в матрицах взаимодействия свойств элементов, позволяет ранжировать ячейки по значимости, методом экспертных оценок. Веса значимости ячеек снижают нагрузку на систему поддержки принятия решений для ЛПР, а значит, уменьшают время процесса принятия решения (ППР).

4. Прикладное значение метода даёт возможность повысить показатели эффективности работы транспортно-логистического комплекса смешанных перевозок, как в целом, так и для отдельных его подсистем в частности.

5. Инвариантность применения предлагаемого метода для организационно-технических систем, в которых высокий уровень неопределенности зависит от решений, принимаемых человеком.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Формализованное описание технологического процесса обслуживания груза на грузовом терминале в АвиаТЛУ, основанного на введении непрерывных зависимостей переменных дискретного производства от времени, которое позволяет формировать математические модели непрерывного производства.

2. Количественное обоснование использования матричного подхода к

исследованию технологических процессов в АвиаТЛУ и нормированию временных интервалов, за счёт определения прямых и обратных зависимостей динамики изменения свойств (параметров) элементов модуля с учетом ранжирования их влияния на производительность модуля.

3. Математические модели непрерывного производства, позволяющие уменьшить неопределенность функционирования технологического процесса грузового терминала АвиаТЛУ, за счёт исследования работы объекта при различных возмущениях, ограничениях, критериях и ресурсах.

4. Метод комплексной оценки эффективности технологических процессов грузового терминала АвиаТЛУ, с использованием корреляционного анализа парных зависимостей свойств (параметров) элементов модуля, полученных экспериментально при исследовании системы коммерческой готовности воздушного судна к рейсу (груз) в аэропорту.

5. Метод построения математических (аналитических и имитационных) моделей управления технологическими процессами грузового терминала АвиаТЛУ, позволяющий минимизировать время процесса выработки и принятия решения.

Апробация работы. Основные результаты диссертационного исследования докладывались на:

- отраслевых форумах «Молодые ученые транспортной отрасли» (Москва, 2011, 2014, 2018, 2020 г.г.); на научно-практических конференциях: международных научно-практических конференциях «Логистика: современные тенденции развития» (Санкт-Петербург, 2005 г., 2007 г., 2010 г., 2013, 2020 г.); всероссийских научно-практических конференциях «Актуальные проблемы защиты и безопасности» (Санкт-Петербург, 2016 г., 2017, 2019-2021 г.); всероссийская научно-практическая конференция «Транспорт России: Проблемы и перспективы» (Москва, 2007, 2015, 2021 г.), всероссийская научно-практическая конференция «Эффективная логистика» (Челябинск, 2008 г.), всероссийских научно-практических конференциях «Проблемы лётной эксплуатации и безопасность полётов» (Санкт-Петербург, 2007 г., 2008 г., 2010-2016, 2019-2020 г.г.).

Имеются отзывы и награды за призовые места от организаторов отраслевых

форумов и конференций по результатам научных публикаций.

Степень достоверности результатов исследования подкреплена:

- валидацией разработанных моделей численными примерами;
- полученными практическими рекомендациями, принятыми по внедрению разработанной методики в аэропортах Домодедово, Пулково, Симферополь, Иркутск, Якутск, транспортно-логистических компаний ООО «Транс-Логистик», ООО «Хепри», ООО «С 7 Карго» и инжиниринговой компанией по техническому обслуживанию воздушных судов ООО «С 7 Инжиниринг» по разработке соответствующих решений по формированию производственных процессов применяя разработанный метод, что подтверждается соответствующими актами внедрения.

Внедрение результатов работы. Результаты проведенных теоретических исследований по решению оптимизационных задач оперативного управления и моделированию технологических процессов в АвиаТЛУ дискретного типа применены в работе оперативного штаба аэропортов Домодедово, Пулково, Симферополь, Иркутск, Якутск, транспортно-логистических компаний ООО «Транс-Логистик», инжиниринговой компанией по техническому обслуживанию воздушных судов ООО «С 7 Инжиниринг» и является вспомогательным инструментарием при проактивном управлении.

Метод построения математических моделей временных интервалов технологических процессов в АвиаТЛУ, позволяющий решать задачи оперативного управления, внедрен и используется при разработке АСУ на отраслевых предприятиях. Прямой и косвенный экономический эффект составил 36 млн. рублей.

Разработка имитационной модели объекта при постановке задачи моделирования технологических процессов в АвиаТЛУ были выполнены в рамках развития научных направлений и школ профессоров Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации Г.А. Крыжановского, Е.Н. Зайцева и В.Г. Старосельца.

Публикации. По результатам исследования опубликовано 30 печатных работ, в том числе: 5 публикаций в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ; 25 публикации в других изданиях.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4-х глав, заключения, выводов по главам, заключения, списка литературы и 6 приложений с алгоритмами программ выполненных на базе Microsoft Visual Basic, Microsoft Excel и IBM SPSS Statistics 19. Диссертация содержит 185 страниц текста, текст иллюстрирован 19 таблицами, работа содержит 23 рисунка. Список литературы насчитывает 213 наименований, из которых 11 на иностранном языке.

1. АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ГРУЗОВЫХ АВИАПЕРЕВОЗОК В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

1.1. Анализ современного состояния грузовых перевозок в России и за рубежом

Основу развития современной экономики России составляют грузовые перевозки ключевых видов транспорта:

- трубопроводный, в силу экспорта сырьевых ресурсов,
- железнодорожный, крупнотоннажный груз промышленных предприятий,
- автомобильный, в силу мобильности и скорости доставки товаров общего потребления «от двери до двери»,
- морской, экспортно-импортные объемы контейнерных, навалочных и негабаритных грузов,
- авиационный, решая проблемы труднодоступности и скорости транспортировки на большие расстояния.

За 1990-е годы общий грузооборот в России упал почти вдвое — с 6,1 трлн. ткм в 1990 году до 3,3 трлн. ткм в 1998 году (рисунок 1.1).

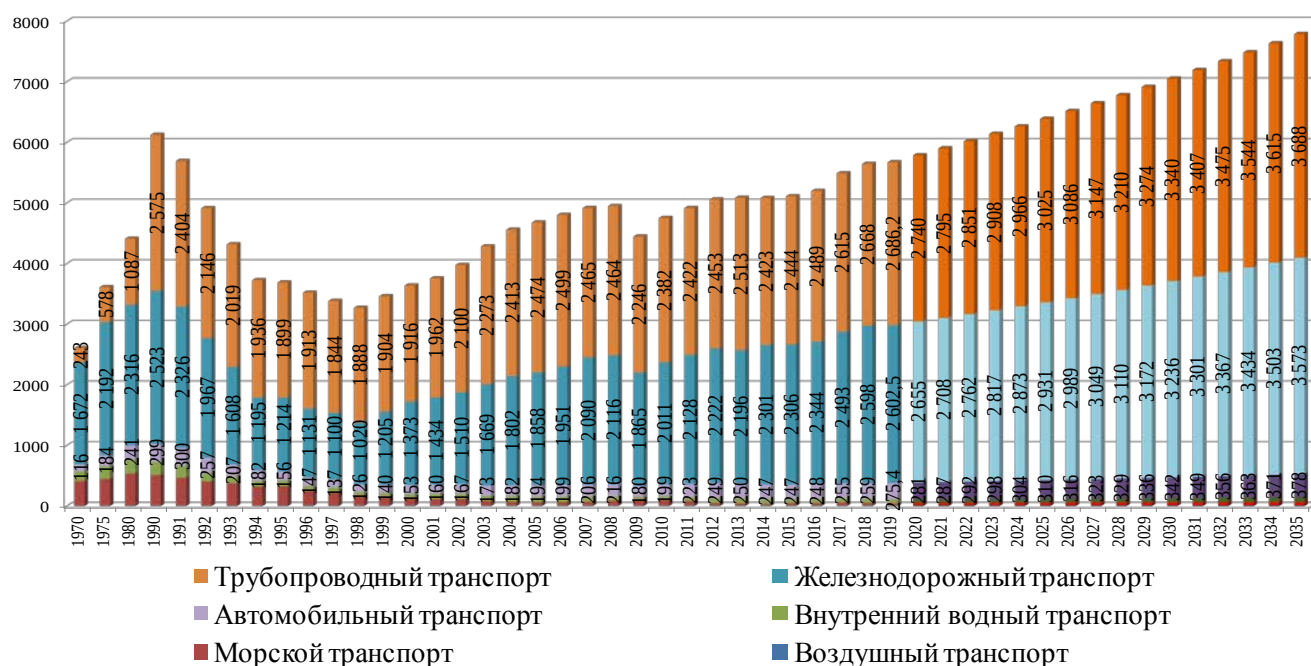


Рисунок 1.1 – Структура грузооборота в России (млрд. ткм), 1970—2019 годы [2]

К 2008 году грузооборот восстановился до 4,9 трлн. ткм, после чего за кризисный 2009 год сократился на 10%. В 2012 – 2018 годах рост грузооборота в России остановился на отметке в 5,6 трлн. ткм, что все еще на 5% ниже показателя 1991 года. В структуре грузооборота по состоянию на 2019 год в России доминируют трубопроводный (50% грузооборота) и железнодорожный (44%) транспорт [2]. С учетом сегодняшней динамики развития грузооборота можно сделать прогноз, что Россия выйдет к 2022 году на показатели 1990 года, с учётом стабильности мировой экономики.

Структура перевозки грузов (тоннаж перевезенных грузов) существенно отличается от структуры грузооборота (тонно-километрах) [25]. В России по тоннажу перевезенных грузов с большим отрывом лидирует автомобильный транспорт, на который приходится 67% всех перевезенных грузов (рисунок 1.2). В тройку входят те же железнодорожный (17%) и трубопроводный (14%) виды транспорта. На остальные виды транспорта суммарно приходится 1,7% тоннажа перевозок.

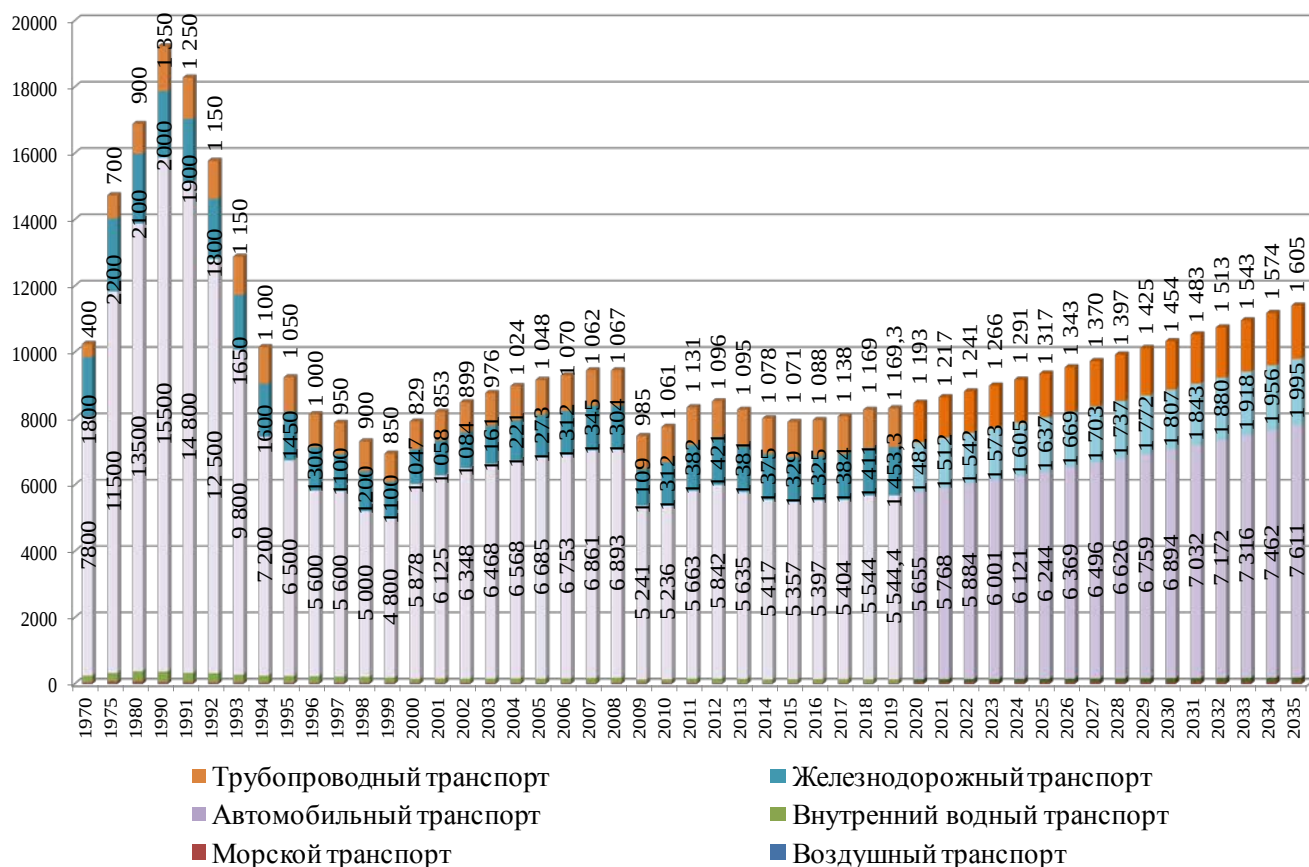


Рисунок 1.2 – Структура грузоперевозок в России, млрд. т, 1970—2019 годы [2]

Лидером по средней дальности перевозок является воздушный вид транспорта — здесь средняя дальность перемещения 1 тонны грузов в последние годы превышает 6 тыс. км (таблица 1.1), что обусловлено развитием интернет-магазинов, таких как Aliexpress, Ebay, Joom, Taobao и др., формирующие новые требования к авиационному плечу в смешанной перевозке.

Таблица 1.1 – Грузооборот, перевозки грузов и средняя дальность перевозки 1 тонны грузов по разным видам грузового транспорта в России, 2000–2019г.г. [2]

	Грузооборот, млрд. ткм				Перевозки грузов, млн. т				Средняя дальность перевозки 1 тонны, км			
	2000	2007	2014	2019	2000	2007	2014	2019	2000	2007	2014	2019
Трубопроводный	1916	2465	2423	2686,2	829	1062	1078	1291	2311	2321	2248	2081
Железнодорожный	1373	2090	2301	2602,5	1047	1345	1375	1453	1311	1554	1673	1791
Автомобильный	153	206	247	275,4	5878	6861	5417	5735,3	26	30	46	48
Внутренний водный	71	86	72	62,8	117	153	119	98,3	607	562	605	639
Морской	122	65	32	36,5	35	28	16	18,5	3486	2321	2000	1973
<i>Воздушный</i>	2,5	3,4	5,2	7,39	0,8	1	1,3	1,15	3125	3400	4000	6426
ВСЕГО	3638	4915	5080	5671	7907	9450	8006	8307	460	520	635	683

Роль транспортно-логистического комплекса страны в российской экономике довольно велика, в 2020 году он дал 5,6% ВВП, что сравнимо с Индией и выше, чем у других членов БРИК и таких развитых стран, как Германия и США. Душевые показатели добавленной стоимости данного сектора в России (717 долл./чел.) существенно выше, чем в других странах БРИК, но уступают показателям США и Германии.

По длине сети железнодорожных путей Россия находится на третьем месте в мире, по состоянию на 2020 год в 2,7 раза уступая США и на 25% — Китаю. При этом Россия использует свои железные дороги в разы интенсивнее, чем многие другие страны: ее грузооборот равен 25 млн. тонн в год, что почти в 2,5 раза больше, чем в Индии, США и Бразилии, в 7,5 раза больше, чем в Германии, но несколько меньше, чем в Китае. По средней дальности перевозки 1 тонны груза по железной дороге Россия находится на одном уровне с США, существенно опережая другие страны БРИК. По средней дальности перевозки 1 тонны груза автомобильным транспортом Россия уступает Китаю и Германии. По абсолютным

показателям развития авиационного и морского транспорта Россия также отстает как от США и Германии, так и от Китая [2].

Исходя из п.п. 1.1. следует вывод, что любые методы повышения эффективности перевозок, актуальны и могут оказать положительное влияние на улучшение грузооборота для авиационного транспорта.

1.2. Тенденции развития грузовых авиаперевозок в России

Состояние грузовых авиаперевозок в России (рисунки 1.1, 1.2) показывает плавный, но продолжительный спад с начала 90-х до 2000-х, который связан с переходным периодом от командно-административной системы к рыночной форме экономики. Этот переход привел к усилению западного влияния на Российскую экономику на фоне упадка производительности промышленности в стране, вследствие чего отечественные самолеты отставали в технологическом развитии по сравнению с западными [6,101,129,139,164,167], но с 2000-х годов идет стабильный рост авиаперевозок (рисунок 1.3, 1.4).

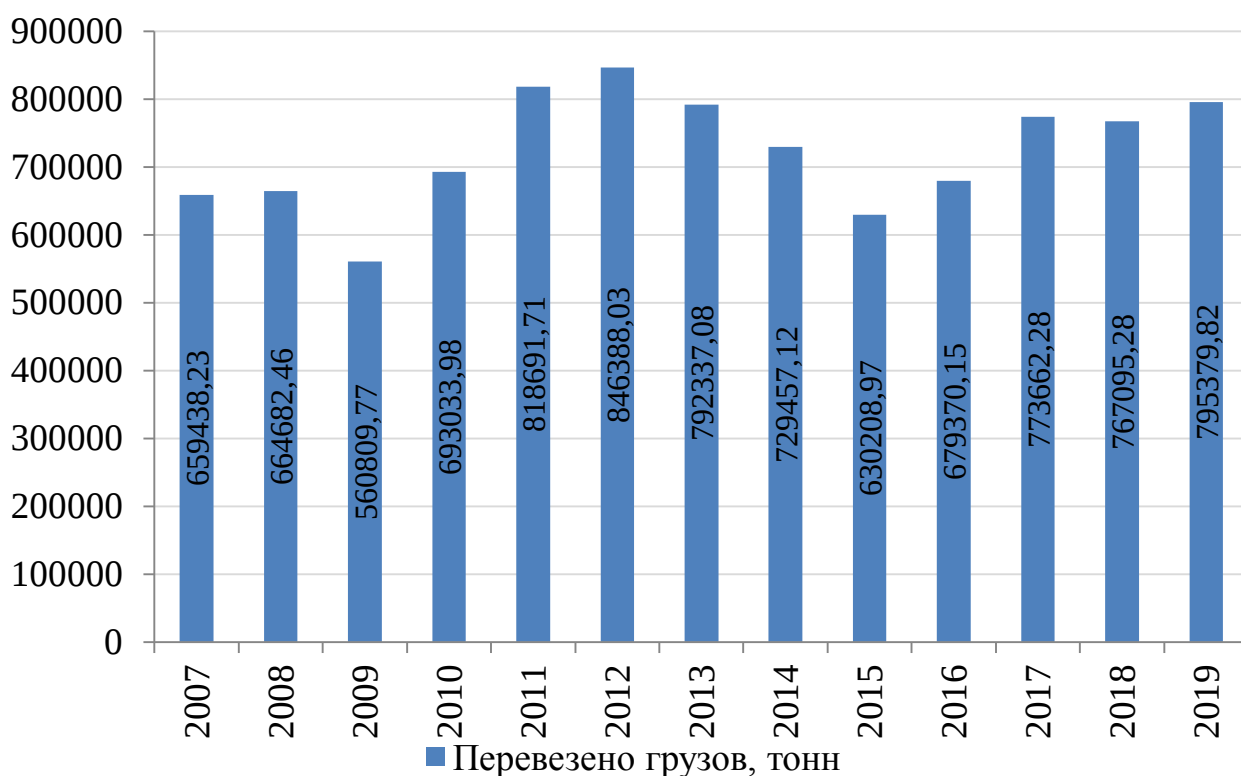


Рисунок 1.3 – Перевозки грузов воздушным транспортом
общего пользования, тонн [2]

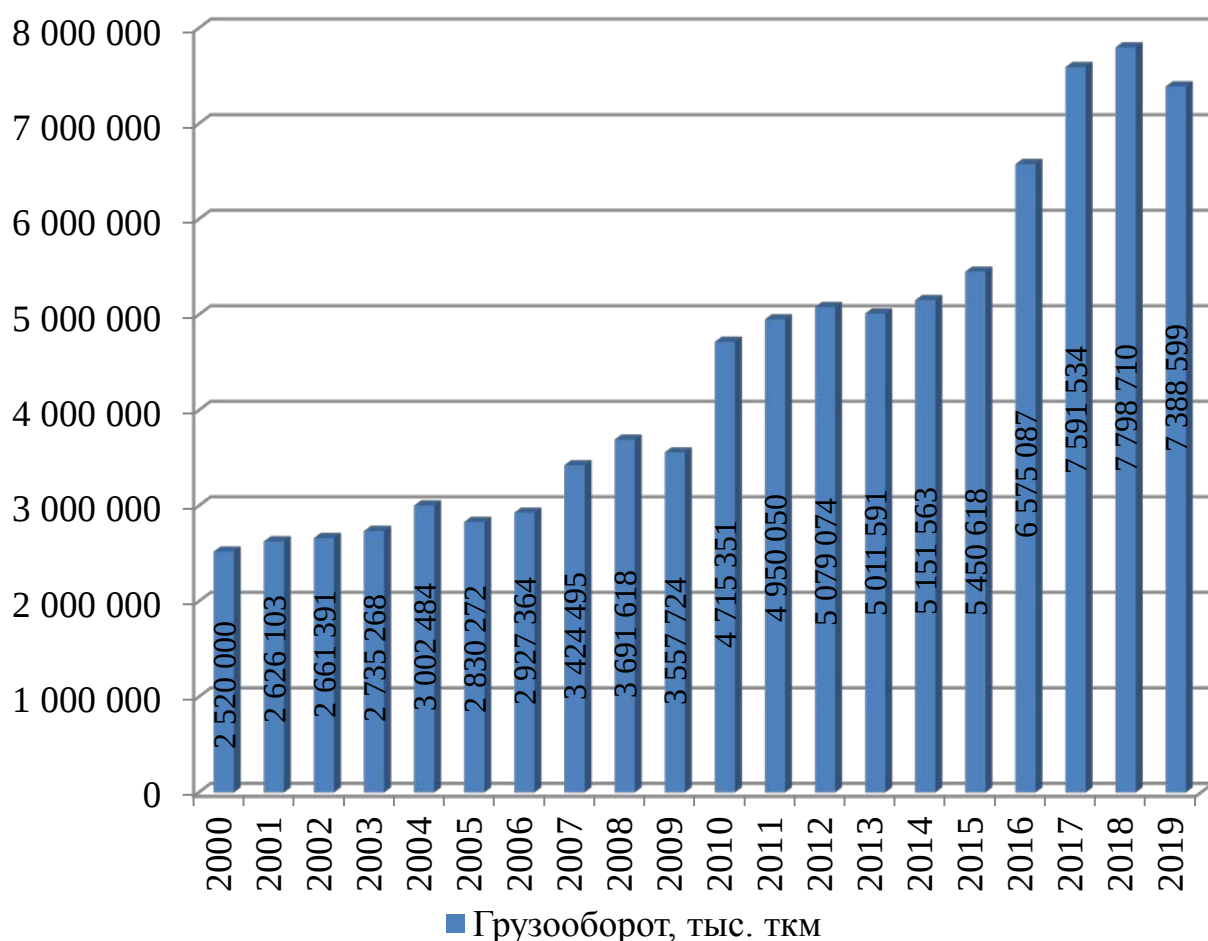


Рисунок 1.4 – Грузооборот воздушным транспортом, тыс. ткм [2]

Исходя из положительной динамики грузовых авиаперевозок (таблица 1.1), сегодня Российский рынок находится в процессе динамичного развития. Он прямо зависит от развития внутренней экономики, экономики стран импортёров, промышленного комплекса страны, сырьевых и потребительских рынков, уровня платёжеспособности населения в различных регионах России. Сегодня на рынке грузовых авиаперевозок в России присутствуют 35 авиакомпаний. Большинству из них тяжело конкурировать с авиакомпаниями гигантами, такими как ООО «Авиакомпания «ЭйрБриджКарго» и ПАО «Аэрофлот - российские авиалинии», которые в сумме перевозят 70,05% от общего объема перевезенного груза и почты (в тоннах) и 86,92 % от общего объема грузооборота (в тонно-километрах). Положительная динамика за последние 19 лет (рисунки 1.1, 1.2) показывает, что развитие грузовых авиаперевозок является перспективным направлением в «Транспортной стратегии развития транспортного комплекса страны до 2030

года». Для развития транзитного потенциала транспортной системы России в рамках «Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года», совершенствовалась и в дальнейшем необходимо развивать аэропортовую инфраструктуру, технические средства труда, организационно-управленческую деятельность, информационные системы и систему подготовки кадров для авиационной отрасли.

Однако есть факторы, которые препятствуют развитию грузовых авиаперевозок в стране:

- 1) Недостаточное развитие логистических операторов при управлении транспортно-логистической системой с использованием авиационного плеча;
- 2) Проблемы развитости инфраструктуры аэропортового комплекса, предназначенной для обслуживания грузовых перевозок;
- 3) Отсутствие гибкости формирования ценовой политики российских операторов аэропортов;
- 4) Недостаточно развитая система подготовки и мотивации кадров, выполняющих операционную деятельности при обслуживании груза.

Отечественная авиация поддерживает рост количества авиаперевозок в стране, которые опережают темпы экономического роста экономики и темпы роста объемов перевозок авиации в мире. На рисунках 1.5, 1.6 представлены прогнозы роста пассажирооборота и грузооборота в России от ГОСНИИГА.

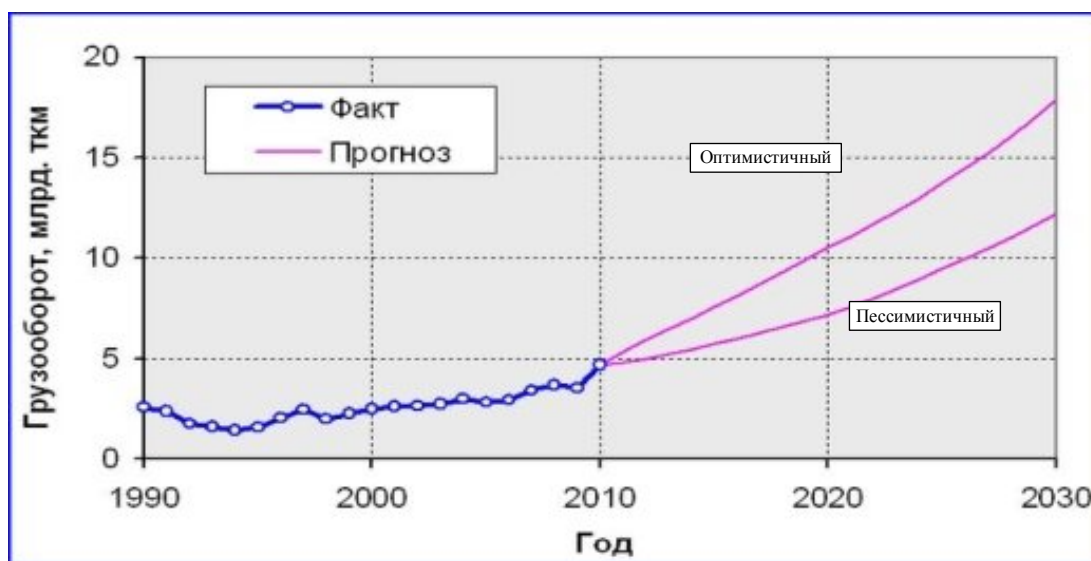


Рисунок 1.5 – Прогноз развития грузовых перевозок в России до 2030 года

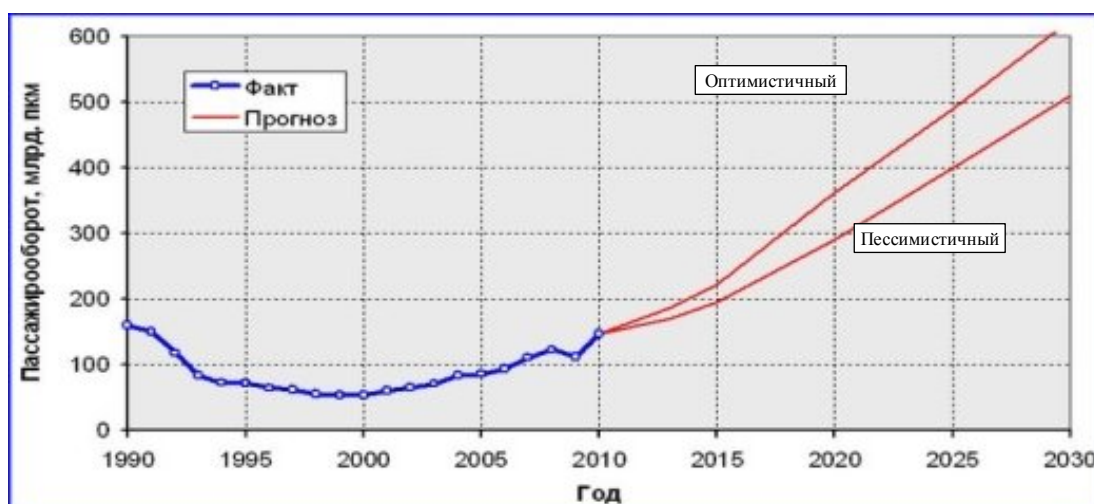


Рисунок 1.6 – Прогноз развития пассажирских перевозок в России до 2030 года

С учётом развития российской экономики [50,56, 66,73,101,102,115,129,139], увеличения конкурентоспособности авиаперевозок и интеграции России в мировой рынок грузопассажирских авиаперевозок, прогноз к 2030 году по грузообороту в России составляет около 17 млрд. ткм, а пассажирообороту – около 630 млрд. пасскм. Данные прогнозы коррелируются со статистикой (рисунки 1.1, 1.2) и показывают, что к 2030 году будет увеличен объем грузовых и пассажирских авиаперевозок, но ниже пессимистичного прогноза ГОСНИИГА. Вместо прогноза, в 2010 году, от ГОСНИИГА, в диссертационной работе, предполагается рост авиаперевозок с 2020 по 2030 годы на 2-3% в год (рисунки 1.1, 1.2), вместо 6-8% (рисунки 1.5, 1.6). Также прогноз обусловлен тем, что устаревшие самолеты к 2030 году будут сняты с рынка российских авиаперевозок, а вместо них будет поставлено около 2500 единиц новых.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что воздушный транспорт имеет огромное значение в перевозке грузов и пассажиров. С 2000-2019 гг. количество перевозок пассажиров увеличилось в 4 раза, перевозки грузов — в 1.7 раз, а грузооборот — почти в 3 раза. Однако отечественный рынок авиаперевозок еще не достиг уровня 1990-го года, что определено рядом факторов.

1.3. Системный анализ основных проблем развития грузовых авиационных перевозок в России

Как отмечалось в послании ИКАО о глобальных грузовых авиаперевозках: «Цепи доставки грузов, процессы перемещения отправок из пункта отправления в пункт назначения зачастую сложны и подпадают под действие множества нормативных требований, особенно если речь идет о международных авиаперевозках». При этом ясно, что авиационный груз может сильно различаться по своим физическим и стоимостным характеристикам, а также по классу опасности. С учётом средней дальности перевозки одной тонны авиагруза (таблица 1.1), как правило, пункт его доставки находится за пределами государственных границ страны.

В целом цепь поставок авиагруза состоит из различных участников смешанной перевозки: завод производителя, отраслевых транспортно-логистических систем, эксплуатантов воздушных судов, экспресс-перевозчиков, почтовых операторов, грузоотправителей, грузополучателей, транспортных компаний и агентов по наземной обработке. Дополнительная сложность в создании комплексной системы управлениями такими транспортно-логистическими системами заключается в том, что в разных странах эти участники называются по-разному. При смешанной перевозке с использованием авиационной транспортно-логистической системы авиагруз может несколько раз перегружаться с одного рейса на другой, и уже только затем в отношении его будут выполнены различные процедуры и документальное оформление согласно юридическим и коммерческим требованиям.

На рисунке 1.7 представлена схема доставки груза при взаимодействии различных видов транспорта в ТЛК СП, состоящая из отраслевых транспортно-логистических систем (ОТЛС) и их отраслевых транспортно-логистических узлов (ОТЛУ).



Рисунок 1.7 – Схема перемещения авиагруза

Основными элементами авиационного транспортно-логистического узла (АвиаТЛУ) при доставке груза являются грузовой терминал (ГТ) в аэропорту и авиакомпания, осуществляющая авиаперевозку груза.

Кочеткова А.А. говорила: «Фактически, всеми тонкостями и проблемами авиаперевозки занимается авиакомпания, предоставляющая данную услугу. Как и в других отраслях логистики, авиакомпании требуется минимизировать затраты на доставку груза, для получения максимальной прибыли, при этом не потеряв качество и скорость доставления грузов в назначенное место к назначенному покупателю. Сравнить различные виды транспортировки грузов можно по трём ключевым характеристикам: затраты денежных средств на перевозку, риски надежности транспортной системы и сроки доставки.»

Хотя доставка грузов авиационным транспортном является более дорогостоящим, в отличие от доставки другими видами транспорта, для отдельных типов грузов он является приоритетным, когда речь идет о скорости, надёжности и сохранности. Тем более что весьма сложно представить перевозку скоропортящихся продуктов, к примеру, из Турции в Екатеринбург или Москву с использованием исключительно автомобильного или железнодорожного

транспорта. Возможно, конечно, использование морского транспорта, но время, потраченное на доставку, будет несоизмеримо потенциальной прибыли после реализации доставленного груза. Таким образом, получается, что для отдельных типов груза, авиаперевозки остаются единственным возможным путём транспортировки в логистической цепи поставок.

При этом в сфере грузовых авиаперевозок есть существенные проблемы, которые можно классифицировать их по трём направлениям:

1. Проблемы, связанные с таможней и таможенным оформлением.
2. Специфика товаров (вес, габариты груза, класс опасности, внутренние или международные перевозки и т.д.)
3. Проблемы повышения эффективности работы ТЛК СП в соответствии с принципами логистики, за счёт повышения темпа работы авиационной транспортно-логистической системы, как элемента смешанной перевозки.

«Сегодня на международном рынке грузовых авиаперевозок сложилось несколько четко отслеживающихся тенденций, которые влияют и на отечественный рынок авиаперевозок. Во-первых, авиаперевозка становится всё более интегрированной, она переживает глобализацию. Во-вторых, усиленное создание авиационных союзов оказывает существенное влияние на состав и состояние мировой авиационной промышленности. Международный рынок авиационных перевозок переживает период упрощения и либерализации, что отчетливее всего видно на постепенном исчезновении барьеров протекционизма и барьеров на количество маршрутов и рейсов. Зарубежным перевозчикам всё больше дают возможность действовать свободно, что в итоге из-за либерализации ведёт и к усилению конкуренции между отечественными и иностранными авиаперевозчиками в различных странах. Для Российской Федерации такая тенденция представляет угрозу тем, что отечественный рынок может быть на большую часть подавлен иностранными участниками из-за того, что российские авиакомпании на данном этапе не могут стать достойными конкурентами иностранным авиакомпаниям.» (Кочеткова, А. А. Системный анализ основных проблем и тенденций грузовых авиационных перевозок, с.3)

Доля авиации в российском грузообороте невелика, например, в 2019 года она составила всего 0,095% (рисунки 1.1, 1.2). Но ориентироваться необходимо не на общий грузооборот в экономике, а на мировой авиационный грузооборот, доля которого у отечественных авиакомпаний составляет в районе 1,5–2%. В период кризиса 2015 года грузовые перевозки упали значительно больше, нежели даже пассажирские. Это касается как general cargo (генеральных грузов, перевозок на грузовых ВС), так и belly cargo (перевозок в багажных отделениях пассажирских ВС). Но с четвертого квартала 2018 года виден динамичный рост грузовых перевозок, а именно, грузооборот на 45,8%, до 2,6 млрд. ткм, а грузопоток — на 40,6%, до 507,3 тыс. тонн. Это связано, прежде всего, с активностью не на внутренних, а на международных перевозках, и в значительной степени с генеральными грузами. Отечественные авиакомпании успешно работают на зарубежных рынках, обслуживая два важнейших экономических центра — Юго-Восточную Азию и Европу. Транзитный мост между Европой и Китаем, Европой и Юго-Восточной Азией, на котором работают отечественные авиакомпании, предъявляет новые требования к повышению производительности и экономической эффективности АвиаТЛУ.

Повышение производительности АвиаТЛУ связано с решением ряда задач, а именно:

- внедрение технологии e-Freight (электронное оформление документов), соответствующее международным стандартам [119,120], например аэропорты Гонконга, Шанхая, Сингапура, Мюнхена, Франкфурта, Лондона, Амстердама и многих других международных аэропортов мира;
- совершенствование наземной инфраструктуры;
- внедрение современных технологий обработки, досмотра груза и его загрузки в воздушное судно;
- оптимизации временных интервалов технологического обслуживания груза на грузовом терминале в аэропорту.

Повышение производительности с учетом оптимизации временных интервалов технологических процессов и ресурсных затрат, в свою очередь влияет

на повышение экономической эффективности АвиаТЛУ с учетом основных положений маркетинга, менеджмента и логистики.

Исходя из основных положений маркетинга, менеджмента и логистики можно определить их замкнутость и взаимосвязь, через рассмотрение двух вариантов:

1 Вариант. Эффективное управление -> снижение затрат -> снижение себестоимости -> снижение тарифов -> повышение спроса -> повышение объемов продаж -> повышение дохода -> максимум прибыли.

2 Вариант. Не эффективное управление -> повышение затрат -> повышение себестоимости -> повышение тарифов -> снижение спроса -> снижение объемов продаж -> снижение дохода -> минимум прибыли.

На примере АвиаТЛУ, можно сказать, что эффективное планирование и организация ресурсов во времени определяет уменьшение экономических затрат, снижение затрат влияет на снижение себестоимости транспортной продукции, что позволяет оператору аэропорта сформировать гибкую систему тарифов за аэропортовое обслуживание. В соответствии с рыночным законом данные шаги приведут к увеличению спроса на международном рынке грузовых авиаперевозок отечественных авиакомпаний через транзитные российские аэропорты.

Формирование таких АвиаТЛУ имеет стратегическое значение для развития авиационной отрасли в части грузопассажирских авиаперевозок. Основные перспективы связаны с возможностью раскрытия транзитного потенциала на международном рынке грузовых авиаперевозок.

Также принципиальным вопросом для развития авиационной отрасли является плавный переход от постоянных бюджетных ассигнований, в форме государственно-частного партнёрства, на конкурентоспособную форму развития АвиаТЛУ. В частности, бюджетные ассигнования Минтрансу России на 2020 год запланированы в объеме 533 млрд. руб. Но необходимость формировать гибкую систему тарифных сборов в аэропорту и повышать качество обслуживания авиакомпаний в аэропорту определена опытом авиатранспортной отрасли развитых стран мира [44], а именно:

- стимулирование максимального внедрения стандартов и механизмов, инновационных технологий оформления грузов;
- усовершенствование логистической системы, современных подходов и концепций работы с клиентами и партнёрами;
- формирование системы субсидирования, в части снижения стоимости авиационного керосина, так как затраты на топливо для авиации составляют около 60% от суммы всех затрат.

Системный анализ и комплексное решение данных проблем приведет к повышению конкурентоспособности отечественных авиакомпаний на международном рынке грузовых авиаперевозок.

В целом, можно сказать, что российский сегмент грузовых авиаперевозок имеет огромную перспективу развития с учетом развития информационных систем управления производственными процессами ТЛК СП. При этом необходимо отметить, что оценивая эффективность работы ТЛК СП, необходимо повышать темп работы авиационной транспортно-логистической системы, как элемента смешанной перевозки, т.к. авиационный транспорт не может обойтись, к примеру, без автомобильного транспорта в соответствии с принципами логистики «точно в срок» и «от двери до двери» [1]. В этой связи необходимо максимально эффективно использовать имеющиеся объективные конкурентные преимущества страны и активно применять современные технологии, позволяющие оптимальным образом использовать ресурсы во времени для минимизации затрат и максимизации темпа производства транспортной продукции ОТЛС k -го географического уровня, как на уровне авиационной транспортно-логистической системы, так и смешанной перевозки в целом.

1.4. Анализ темпа работы авиационной транспортно-логистической системы как элемента смешанной перевозки

Транспортная продукция является основной целью работы транспортной системы, которая имеет существенную взаимосвязь с работой в парадигме

Ньютона и его Вторым законом, вследствие чего её можно определить как результат объёма выполненных работ по перемещению ППГ на расстояние

$$A = F \cdot L, F = m \cdot a, a = const, \\ q_{zp}^{\Pi} = m \cdot L [m \cdot км], q_{nacc}^{\Pi} = n \cdot L [nacc \cdot км]. \quad (1.1)$$

Кроме того, относительно физических процессов можно сказать, что произведение скорости на массу в парадигме Ньютона, есть импульс (p) материальной точки в пространстве, который определяет предел показателя работы в единицу времени для выбранной системы

$$p = m \cdot V. \quad (1.2)$$

Определив тождественность понятия (1.2) с импульсом транспортного процесса или темпом транспортного процесса, можно определить основной параметр грузопассажирских перевозок, определяющий эффективность транспортной системы

$$p_{ij} = m_{ij} V_{ij} \left[\frac{mкм}{ч} \right], p_{ij} = n_{ij} V_{ij} \left[\frac{naccкм}{ч} \right]. \quad (1.3)$$

Понимая, что у каждого вида транспорта свой темп создания транспортной продукции (p_{ij}), необходимо определить минимальный темп производства транспортной продукции для i -го типа транспортного средства j -го вида транспорта в транспортно-логистической системе

$$p_{ij} = m_{ij}^{груза} \cdot V_{ij}^{рейс} = m_{ij}^{груза} \cdot \frac{m_{ij}^{\Gamma\Pi}}{m_{ij}^{\Gamma\Pi}} \cdot V_{ij}^{рейс} \cdot \frac{V_{ij}^{техн}}{V_{ij}^{техн}} = m_{ij}^{\Gamma\Pi} \cdot k_{ij}^{кз} \cdot V_{ij}^{техн} \cdot k_{ij}^V, \quad (1.4)$$

где $m_{ij}^{груза}$ – масса груза (коммерческая загрузка i -го транспортного средства j -го вида транспорта), m ; $m_{ij}^{\Gamma\Pi}$ – грузоподъёмность i -го транспортного средства j -го вида транспорта; $V_{ij}^{рейс}$ – рейсовая скорость движения i -го транспортного средства j -го вида транспорта, $\frac{км}{ч}$; $V_{ij}^{техн}$ – техническая скорость i -го транспортного средства j -го вида транспорта; $k_{ij}^{кз}$ – коэффициент коммерческой загрузки i -го транспортного средства j -го вида транспорта; k_{ij}^V – коэффициент использования скорости на i -ом транспортном средстве j -го вида транспорта.

Если основными параметрами для транспортной системы (1.4), определяющими оценку эффективности работы, являются коммерческая загрузка

i -го транспортного средства j -го вида транспорта и его рейсовая скорость, тогда пределом рассматриваемой транспортной системы является производная функции от времени работы $p_{ij}(t)$:

$$p_{ij}^{\max}(t) = m_{ij}^{ГП} \cdot V_{ij}^{техн}. \quad (1.5)$$

Тогда геометрическое представление производной транспортной продукции от времени работы представляет собой график функции $p_{ij}(t)$ в виде линии на плоскости, где горизонтальная ось (абсцисс) - это время t , а вертикальная ось (ординат) количество транспортной продукции i -го транспортного средства j -го вида транспорта k -го географического уровня в единицу времени.

Данная линия может быть прямолинейной, при постоянной технической скорости движения i -го транспортного средства j -го вида транспорта $V_{ij}^{техн} = const$ с его предельной грузоподъемностью $m_{ij}^{ГП} = const$ (рисунок 1.8, а) и криволинейной при $V_{ij}^{рейс} = var$ и $m_{ij}^{груза} = var$ (рисунок 1.8, б).

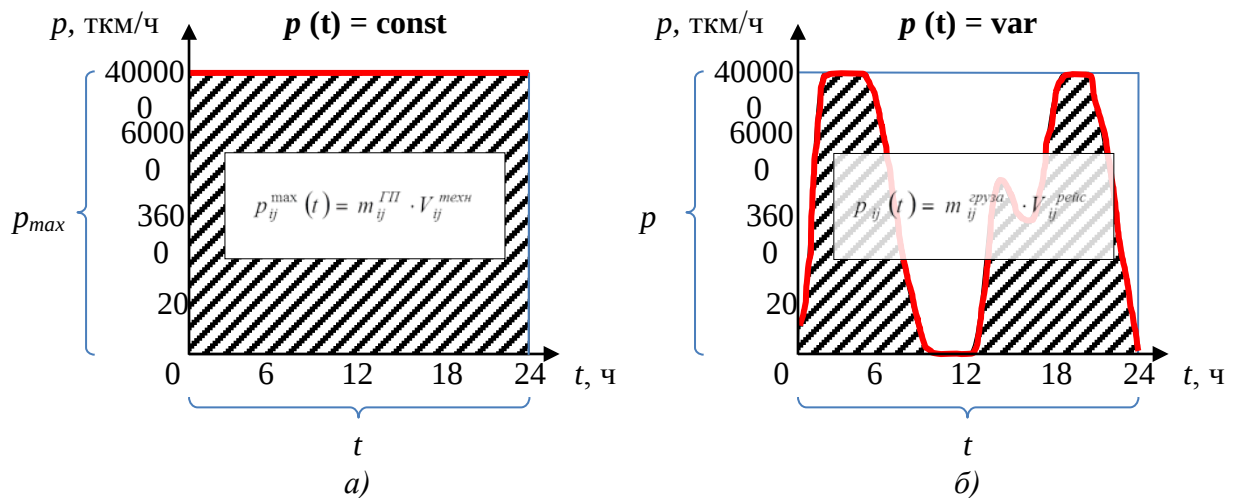


Рисунок 1.8 – График прямолинейной и криволинейной функции темпа производства транспортной продукции от времени работы k -ой транспортной системы

Математическая постановка задачи оптимизации транспортно-логистической системы по критерию времени определена целевой функцией управления движением транспортных средств [59,89-91] на каждом участке смешанной перевозки ППГ, с учетом разного темпа производства транспортной

продукции и различных временных интервалов рабочего времени работы транспортных систем:

$$\begin{aligned}
 \lim_{\substack{k_{ij}^{кз} \rightarrow 1 \\ k_{марш} \rightarrow 1 \\ k_V \rightarrow 1 \\ k_{t_{раб}} \rightarrow 1}} F_{Д}^{ТЛС} &= m_{ij}^{ГП} \cdot k_{ij}^{кз} \cdot L_{марш} \cdot \frac{t_{раб}}{t_{раб}} \cdot \frac{t_{кал}}{t_{кал}} = m_{ij}^{ГП} \cdot k_{ij}^{кз} \cdot \frac{L_{марш}}{t_{раб}} \cdot t_{кал} \cdot \frac{t_{раб}}{t_{кал}} = \\
 &= m_{ij}^{ГП} \cdot k_{ij}^{кз} \cdot \frac{L_{марш}}{t_{раб}} \cdot t_{кал} \cdot k_{t_{раб}} = m_{ij}^{ГП} \cdot k_{ij}^{кз} \cdot \frac{L_{марш}^{нл}}{t_{раб}} \cdot \frac{L_{марш}^{факт}}{L_{марш}^{нл}} \cdot t_{кал} \cdot k_{t_{раб}} = \\
 &= m_{ij}^{ГП} \cdot k_{ij}^{кз} \cdot \frac{L_{марш}^{нл}}{t_{раб}} \cdot t_{кал} \cdot k_{марш} \cdot k_{t_{раб}} = m_{ij}^{ГП} \cdot k_{ij}^{кз} \cdot \frac{L_{марш}^{нл}}{t_{раб}} \cdot \frac{V_{нл}}{V_{нл}} \cdot t_{кал} \cdot k_{марш} \cdot k_{t_{раб}} = \\
 &= m_{ij}^{ГП} \cdot k_{ij}^{кз} \cdot V_{нл} \cdot k_V \cdot t_{кал} \cdot k_{марш} \cdot k_{t_{раб}} = m_{ij}^{ГП} \cdot k_{ij}^{кз} \cdot V_{нл} \cdot k_V \cdot t_{кал} \cdot k_{марш} \cdot k_{t_{раб}},
 \end{aligned} \tag{1.6}$$

где $k_{ij}^{кз}$ – коэффициент использования коммерческой загрузки;

$k_{марш}$ – коэффициент использования расстояния по маршруту;

k_V – коэффициент использования скорости;

$k_{t_{раб}}$ – коэффициент использования времени;

Элементы транспортно-логистической системы учувствуют в едином транспортно-технологическом процессе по производству транспортной продукции, эффективность которого оценивается через (1.6.). При этом рабочим временем ($t_{раб}$) является только то время, в котором коммерчески загруженное транспортное средство находится в движении, а время, которое выделяется на организационные вопросы, связанные с производством груза, обработкой, хранением и подготовкой его к транспортировке, определим как организационное время ($t_{орг}$).

Будем исходить из понимания того, что каждый элемент транспортно-логистической системы производит свою продукцию, которая является составной частью транспортной продукции. Определим, что основными параметрами, описывающими работу рассматриваемых подсистем, являются количество произведенного груза, время работы и производительность каждой из подсистем транспортно-логистической системы.

Тогда расчёт объёма продукции транспортно-логистической системы (ТЛС) по маршруту за определенный период времени определим как

$$Q_{\text{марш}}^{\text{ТЛС}} = k_{ij}^{\text{кз}} \cdot k_t \cdot k_v \cdot t_{\text{норм}}^{\text{марш}} \cdot p_{ij}^{\text{марш}} \left(\left[\frac{m_{\text{км}}}{\text{ч}} \right] \cdot [\text{ч}] = [m_{\text{км}}] \right),$$

$$t_{\text{норм}}^{\text{марш}} = \frac{m_{\text{Пр}}^{\text{груза}} \cdot L_{ij}^{\text{марш}}}{p_{ij}^{\text{марш}}}, p_{ij}^{\text{марш}} = \frac{Q_{\text{марш}}^{\text{ТЛС}}}{k_{ij}^{\text{кз}} \cdot k_t \cdot k_v \cdot t_{\text{норм}}^{\text{марш}}}.$$
(1.7)

Объём продукции производителя груза (предприятия-отправителя) в транспортно-логистической системе (ТЛС) по маршруту за определенный период времени определим как

$$Q_{\text{Прод}} = k_p^{\text{Пр}} \cdot k_t \cdot t_{\text{норм}}^{\text{Пр}} \cdot p_{\text{Пр}} \left(\left[\frac{m}{\text{ч}} \right] \cdot [\text{ч}] = [m] \right),$$

$$t_{\text{норм}}^{\text{Пр}} = \frac{m_{\text{Пр}}^{\text{груза}}}{p_{\text{Пр}}^{\text{пл}}}, p_{\text{Пр}} = \frac{m_{\text{Пр}}^{\text{груза}}}{k_p^{\text{Пр}} \cdot k_t \cdot t_{\text{норм}}^{\text{Пр}}}.$$
(1.8)

Объём продукции отраслевой транспортно-логистической системы (ОТЛС) i -го типа транспортного средства по маршруту за определенный период времени определим как

$$Q_{\text{марш}}^{\text{ОТЛС}} = k_{\text{кз}i} \cdot k_{t_i} \cdot k_{v_i} \cdot t_{\text{норм}}^{\text{марш}} \cdot p_i^{\text{марш}} \left(\left[\frac{m_{\text{км}}}{\text{ч}} \right] \cdot [\text{ч}] = [m_{\text{км}}] \right),$$

$$t_{i\text{норм}}^{\text{марш}} = \frac{m_{\text{Пр}}^{\text{груза}} \cdot L_i^{\text{марш}}}{p_i^{\text{марш}}}, p_i^{\text{марш}} = \frac{Q_{\text{марш}}^{\text{ОТЛС}}}{k_{\text{кз}i} \cdot k_{t_i} \cdot k_{v_i} \cdot t_{\text{норм}}^{\text{марш}}}.$$
(1.9)

ОТЛС, в свою очередь, состоит из ОТЛУ, которые в кратчайшие сроки должны обработать и перегрузить груз с одного вида транспорта на другой.

Объём продукции ОТЛУ в ОТЛС j -го вида транспорта за определенный период времени определим как

$$Q_{\text{ОТЛУ}} = k_{pj}^{\text{ОТЛУ}} \cdot k_{t_j} \cdot t_{\text{норм}}^{\text{ОТЛУ}} \cdot p_j^{\text{ОТЛУ}} \left(\left[\frac{m}{\text{ч}} \right] \cdot [\text{ч}] = [m] \right),$$

$$t_{\text{норм}}^{\text{ОТЛУ}} = \frac{m_{\text{входн}}^{\text{ОТЛУ}}}{p_j^{\text{ОТЛУ}}}, p_j^{\text{ОТЛУ}} = \frac{Q_{\text{ОТЛУ}}}{k_{pj}^{\text{ОТЛУ}} \cdot k_{t_j} \cdot t_{\text{норм}}^{\text{ОТЛУ}}}.$$
(1.10)

ОТЛУ можно декомпозировать на отраслевые транспортные предприятия. Например, АвиаТЛУ, как комплекс состоит из трех основных систем: «Аэропорт», «Авиакомпания» и «УВД».

Факторы, влияющие на нарушение логистических потоков в ОТЛС,

определяют формирование дополнительных затрат на хранение груза.

Объём складской продукции в ТЛУ ОТЛС по маршруту за определенный период времени определим как

$$Q_{CBX} = k_{\text{заполнения}_j}^{CBX} \cdot k_{t_j} \cdot t_{\text{норм}}^{CBX} \cdot p_j^{CBX} \left(\left[\frac{m \cdot u}{u} \right] \cdot [u] = [m \cdot u] \right), \quad (1.11)$$

$$t_{\text{норм}}^{CBX} = \frac{m_{\text{входн}} \cdot t_{\text{орг}}^{\text{хран}}}{p_j^{CBX}}, p_j^{CBX} = \frac{Q_{CBX}}{k_{\text{заполнения}_j}^{CBX} \cdot k_{t_j} \cdot t_{\text{норм}}^{CBX}}.$$

Так, при увеличении объемов складской продукции необходимо увеличивать производительность склада и минимизировать затраты на складские издержки, определяющие увеличение транспортной составляющей в конечной стоимости перевезенного груза.

Определив основные элементы ТЛС и их продукцию, производимую во времени, можно сформулировать задачу о максимальном потоке, которая может решаться симплекс-методом, алгоритмом Форда – Фалкерсона [174], задачей коммивояжёра и другими итерационными методами исследования статических моделей.

В диссертационной работе математическая задача поставлена глубже, с точки зрения определения причинно-следственных связей между параметрами элементов системы через коэффициенты, характеризующие отклонения и доведение их до нормативных значений, для построения динамической модели транспортной сети и оценки ее пропускной способности:

$$F^{TLC} = \begin{cases} \lim_{\substack{k_{ij}^{K3} \rightarrow 1 \\ k_{t_{\text{раб}}} \rightarrow 1 \\ k_V \rightarrow 1}} F_D^{TLC} = m_{ij}^{TP} \cdot k_{ij}^{K3} \cdot V_{nl} \cdot k_V \cdot t_{\text{кал}} \cdot k_{\text{марш}} \cdot k_{t_{\text{раб}}} \rightarrow \max \\ \lim_{t_{\text{орг}} \rightarrow \min} F_{\text{орг}}^{OTLU} = (t_{\text{норм}}^{OTLU} + t_{\text{норм}}^{CBX})_{ij} \rightarrow \min \end{cases} \quad (1.12)$$

Математические постановки (1.6), (1.12) определяют требования к использованию ресурсов при производстве транспортной продукции во времени, а также необходимости формирования системы подготовки i -ых типов транспортных средств j -ых видов транспорта к процессу транспортировки ППГ в короткие сроки, не снижая уровень безопасности и экологичности транспортного

процесса.

Другими словами, элементы транспортного пространства должны всегда находиться в состоянии работы, т.е. i -ые транспортные средства j -ых видов транспорта должны сохранять предельную техническую скорость с максимальной коммерческой нагрузкой в единицу времени, в условиях ограничений технических характеристик транспортных средств, пропускной способности транспортных коммуникаций и узлов, а также возможностей человеческих ресурсов, работающих в транспортной системе.

Задача о минимизации времени простоя i -ых транспортных средств j -го вида транспорта при взаимодействии в составе транспортно-логистического комплекса смешанной перевозки (рисунок 1.9), включающего всех участников перевозки «Производитель – Транспортная система k -го географического уровня – Потребитель», должна решаться не по традиционному отраслевому принципу, а по принципу партнерства, межотраслевого взаимодействия, направленному на потребителя перевозки с целью минимизации транспортной составляющей.

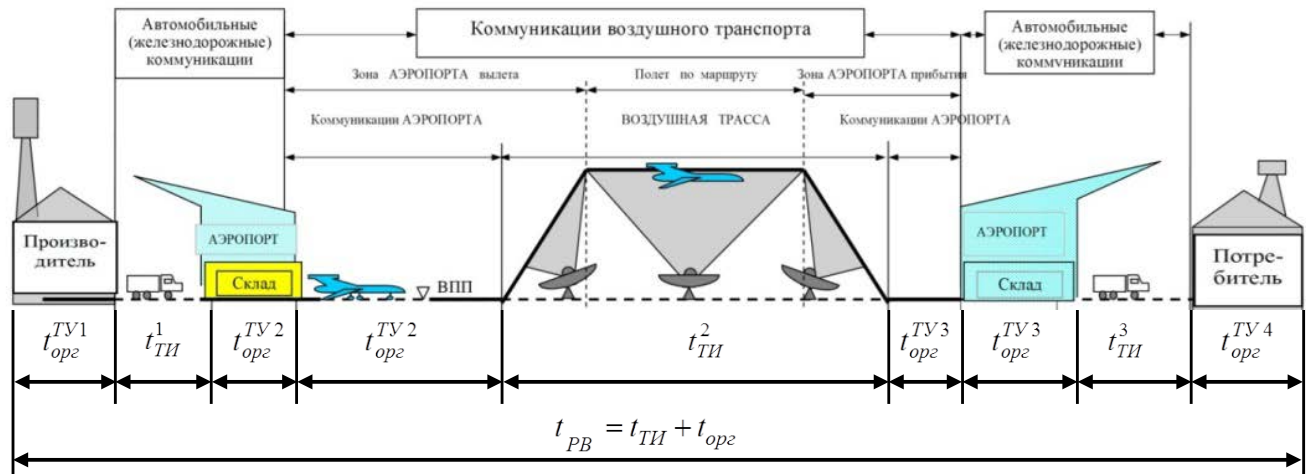


Рисунок 1.9 – Транспортно-логистический комплекс смешанных перевозок [79],

где

$t_{орз}^{ТУ1}$ – время на погрузо-разгрузочные работы в транспортном узле (ТУ-1) у производителя товара;

$t_{ТИ}^1$ – время транспортировки груза автомобильным транспортом;

$t_{орз}^{ТУ2}$ – время обработки и погрузки груза на авиационный транспорт, включая движение спецтранспорта по перрону, воздушного судна по рулежной дорожке и по взлетно-посадочной полосе (ВПП) в авиационном транспортном узле (ТУ-2);

- $t_{ТИ}^2$ – время полета воздушного судна по воздушной трассе;
 $t_{опг}^{TV3}$ – время обработки и погрузки груза в авиационном транспортном узле (ТУ-3) на автомобильный транспорт, включая движение воздушного судна по взлетно-посадочной полосе (ВПП), по рулежной дорожке и спецтранспорта по перрону;
 $t_{ТИ}^3$ – время транспортировки груза автомобильным транспортом;
 $t_{опг}^{TV4}$ – время на погрузо-разгрузочные работы в транспортном узле (ТУ-4) у получателя товара;
 t_{PB} – суммарное время перевозки груза от производителя до получателя.

На факторы, влияющие на техническую скорость транспортных средств $\Delta t_{ТИ}$, сложно повлиять (попутный или встречный ветер, грозовые облака или возникновение пробок на дороге и т.п.), а вот на факторы при подготовке к транспортной работе в ТУ можно, через исследование $t_{опг} + \Delta t_{опг}$, например в АвиатЛУ:

$$\lim_{\substack{k_{НП} \rightarrow 1 \\ k_{ТИ} \rightarrow 1}} F_{Д}^{ТЛС} = k_{НП} k_{ТИ} = \frac{p_{ij}}{p_{ij}^{\max}} \cdot k_{ТИ} = \frac{m_{ij} V_{ij}}{m_{ij}^{\max} V_{ij}^{\max}} \cdot \left(k_{PB} - \frac{t_{опг} + \Delta t_{опг} + \Delta t_{ТИ}}{t_k} \right), \quad (1.13)$$

где $k_{НП}$ – коэффициент непрерывности транспортного процесса;
 $k_{ТИ}$ – коэффициент технического использования времени;

Тогда АвиатЛУ, как элемент смешанной перевозки, является транспортным комплексом, состоящим из взаимосвязанных систем «Аэропорт – Авиакомпания – УВД», которые должны работать во взаимодействии, с целью максимизации темпа производства транспортной продукции.

Например, при транспортировке груза при смешанной перевозке автомобильным транспортом с использованием авиационного плеча примем максимальную коммерческую загрузку 20 тонн для данных видов транспорта и рейсовую скорость движения различных транспортных средств:

$$V_{авто1} = 50 \left[\frac{км}{ч} \right]; V_{авиа} = 750 \left[\frac{км}{ч} \right]; V_{авто2} = 52 \left[\frac{км}{ч} \right].$$

Также примем, что техническая скорость движения данных транспортных средств на разных этапах перевозки, равна:

$$V_{авто1}^{\max} = 110 \left[\frac{км}{ч} \right]; V_{авиа}^{\max} = 950 \left[\frac{км}{ч} \right]; V_{авто2}^{\max} = 110 \left[\frac{км}{ч} \right].$$

Для каждой транспортной системы k -го географического уровня смешанной перевозки, получим свой темп транспортного процесса, который характеризуется фактическими (1.4) и нормативными (1.5) значениями провозной способности транспортных средств, а также фактическими и нормативными значениями скорости транспортных средств, вследствие чего получим:

$$p_{авто1} = 10[m] \cdot 50 \left[\frac{км}{ч} \right] = 500 \left[\frac{ткм}{ч} \right]; \quad p_{авиа} = 10[m] \cdot 750 \left[\frac{км}{ч} \right] = 7500 \left[\frac{ткм}{ч} \right];$$

$$p_{авто2} = 10[m] \cdot 52 \left[\frac{км}{ч} \right] = 520 \left[\frac{ткм}{ч} \right].$$

$$p_{авто1}^{max} = 20[m] \cdot 110 \left[\frac{км}{ч} \right] = 2200 \left[\frac{ткм}{ч} \right]; \quad p_{авиа}^{max} = 20[m] \cdot 950 \left[\frac{км}{ч} \right] = 19000 \left[\frac{ткм}{ч} \right];$$

$$p_{авто2}^{max} = 20[m] \cdot 110 \left[\frac{км}{ч} \right] = 2200 \left[\frac{ткм}{ч} \right].$$

На основании (1.6), получим коэффициент непрерывности транспортного процесса для каждого вида транспорта:

$$k_{НП}^{авто1} = \frac{p_{авто1}}{p_{авто1}^{max}} = \frac{500 \left[\frac{ткм}{ч} \right]}{2200 \left[\frac{ткм}{ч} \right]} = 0,2272; \quad k_{НП}^{авиа} = \frac{p_{авиа}}{p_{авиа}^{max}} = \frac{7500 \left[\frac{ткм}{ч} \right]}{19000 \left[\frac{ткм}{ч} \right]} = 0,3947;$$

$$k_{НП}^{авто2} = \frac{p_{авто2}}{p_{авто2}^{max}} = \frac{520 \left[\frac{ткм}{ч} \right]}{2200 \left[\frac{ткм}{ч} \right]} = 0,2363.$$

Годовой объем времени работы i -го типа транспортного средства j -го вида транспорта, при производстве транспортной продукции будет равен:

$$t_{ТН\ ij}^{zod} = t_{PB}^{zod} - t_{орг\ ij}^{zod} = (t_{\kappa}^{zod} - t_{ПД}^{zod})_{PB}^{zod} - \sum t_{орг\ ij}^{cym} = (t_{\kappa}^{zod} - t_{ПД}^{zod})_{PB}^{zod} - \sum (t_{рес}^{cym} + t_{подгот}^{cym} + t_{обсл}^{cym})_{i\ j} \quad (1.14)$$

где $t_{ТН\ ij}^{zod}$ – время технического использования i -го типа транспортного средства j -го вида транспорта в течение одного года; t_{PB}^{zod} – годовой период рабочего времени; t_{κ}^{zod} – годовой период функционирования транспортной системы; $t_{ПД}^{zod}$ – праздничные дни (выходные); $\sum t_{орг\ ij}^{cym}$ – суммарное время на подготовку ППГ к транспортировке и организационные простои i -ых типов транспортных средств j -

ых видов транспорта в год; t_{pec}^{cym} – время на поиск ресурсов используемых в работе ОТЛУ; $t_{подгот}^{cym}$ – время на подготовку ресурсов к работе в ОТЛУ; $t_{обсл}^{cym}$ – время обслуживания ППГ в ОТЛУ.

Суточный объем времени работы i -го типа транспортного средства j -го вида транспорта, при производстве транспортной продукции, будет равен:

$$t_{TH}^{cym}{}_{ij} = t_{\kappa}^{cym} - t_{ope}^{cym}{}_{ij} = t_{\kappa}^{cym} - (t_{обсл}^{cym} + \Delta t_{обсл}^{cym})_{ij} \quad (1.15)$$

где $t_{TH}^{cym}{}_{ij}$ – время технического использования i -го типа транспортного средства j -го вида транспорта в течение одних суток; t_{κ}^{cym} – суточный период функционирования транспортной системы; $t_{ope}^{cym}{}_{ij}$ – время подготовки к транспортировке ППГ i -ым типом транспортного средства j -го вида транспорта в сутки; $\Delta t_{обсл}^{cym}{}_{ij}$ – время организационных простоев i -ого типа транспортного средства j -го вида транспорта в сутки.

Рассчитав рабочее время и время на организационные простои, произведём оценку эффективности работы транспортно-логистической системы, через коэффициент технического использования времени работы:

$$t_{TH} = t_{PB} - t_{ope} \Rightarrow \frac{t_{TH}}{t_k} = \frac{t_{PB} - t_{ope}}{t_k} \Rightarrow k_{TH} = k_{PB} - \frac{t_{ope}}{t_k}, \quad (1.16)$$

где k_{TH} – коэффициент технического использования времени, при производстве транспортной продукции за календарный период; k_{PB} – коэффициент использования рабочего времени; t_k – календарный период функционирования транспортной системы; $t_{ПД}$ – праздничные дни (выходные); t_{ope}^{zod} – время организационных простоев за календарный период.

Исходя из статистических данных Росавиации за 2017, 2018 и 2019 год средний налёт воздушных судов, в среднем, составил $t_{TH}^{cym}{}_{Авиа} = 3,5[часа]$, т.е. можно сказать, что годовой налёт в год воздушных судов гражданской авиации, в среднем, составил $t_{TH}^{zod}{}_{Авиа} = 55[суток]$. Следовательно, суммарное время в год на подготовку к транспортировке и организационные простои i -ых типов

транспортных средств на воздушном транспорте составило $\sum t_{орг\ Авиа}^{сум} = 310[сутки]$.

Коэффициент технического использования времени на воздушном транспорте, в среднем, составил $k_{ТИ\ Авиа} = \frac{55[сутки]}{365[сутки]} = 0,150685$.

Исходя из статистических данных Росавтодора за 2017, 2018 и 2019 год и законодательства в области ограничений времени работы грузового автомобильного вида транспорта, среднее время движения грузовых автомобильных транспортных средств составляет в среднем $t_{ТИ\ Авто}^{сум} = 8[часов]$, т.е. можно сказать, что годовая работа грузового автомобильного вида транспорта, в среднем составляет $t_{ТИ\ Авто}^{год} = 122[сутки]$. Следовательно, суммарное время в год на подготовку к транспортировке и организационные простои i -ых типов транспортных средств на автомобильном транспорте составляет $\sum t_{орг\ Авто}^{сум} = 243[сутки]$. Коэффициент технического использования времени на автомобильном транспорте, в среднем, составил $k_{ТИ\ Авто} = \frac{122[сутки]}{365[сутки]} = 0,33425$. Хотя его можно увеличить более чем в 2 раза, если использовать 2-х и более водителей на рейсах.

Исходя из (1.12), можно рассчитать, в общем виде, целевую функцию управления движением транспортных средств на каждом участке смешанной перевозки ППГ, с учетом различного темпа транспортного процесса и различных нормах рабочего времени работы транспортных систем.

На первом участке:

$$F_{Д\ Авто1} = k_{НП} k_{ТИ} = 0,2275 \cdot 0,33425 = 0,0760411,$$

На втором участке:

$$F_{Д\ Авиа} = k_{НП} k_{ТИ} = 0,3947 \cdot 0,150685 = 0,0594753,$$

На третьем участке:

$$F_{Д\ Авто2} = k_{НП} k_{ТИ} = 0,2275 \cdot 0,33425 = 0,0760411.$$

Относительно пределов темпа производства транспортной продукции в транспортных системах, т.е. относительно максимальной скорости и максимальной грузоподъемности на j -м виде транспорте, i -го типа транспортного средства, необходимо определить требования к пропускной возможности ОТЛУ,

коммуникаций и провозной способности транспортных средств, т.е. возникает вопрос об оптимальном планировании ресурсов транспортного производства во времени.

Для решения поставленной задачи в общем случае для смешанной перевозки необходимо решить систему уравнений:

$$F^{TLC} = \begin{cases} \lim_{\substack{k_{HP} \rightarrow 1 \\ k_{TH} \rightarrow 1}} F_{Д}^{TLC} = (k_{HP} k_{TH})_{ij} \rightarrow \max \\ \lim_{t_{орз} \rightarrow \min} F_{орз}^{TЛУ} = (t_{обсл}^{сум} + \Delta t_{обсл}^{сум})_{ij} \rightarrow \min \\ \lim_{\substack{k_{Э}^{Шум} \rightarrow 1 \\ k_{Э}^{CO^2} \rightarrow 1}} F_{Э}^{TLC} = \left(k_{Э}^{Шум} k_{Э}^{CO^2} \right)_{ij} \rightarrow \max \\ \lim_{\substack{k_B^{ППГ} \rightarrow 1 \\ k_B^{Перс} \rightarrow 1 \\ k_B^{Техн} \rightarrow 1 \\ k_B^{Комм} \rightarrow 1 \\ k_B^{Эн} \rightarrow 1}} F_B^{TLC} = \left(k_B^{ППГ} k_B^{Перс} k_B^{Техн} k_B^{Комм} k_B^{Эн} \right)_{ij} \rightarrow \max \end{cases} \quad (1.17)$$

Для решения поставленной задачи в частном случае, для отраслевой авиационной транспортно-логистической системы, необходимо решить систему уравнений:

$$F^{ATLC} = \begin{cases} \lim_{\substack{k_{HP} \rightarrow 1 \\ k_{TH} \rightarrow 1}} F_{Д}^{ATLC} = (k_{HP} k_{TH})_i \rightarrow \max \\ \lim_{t_{орз} \rightarrow \min} F_{орз}^{ATЛУ} = (t_{обсл}^{сум} + \Delta t_{обсл}^{сум})_i \rightarrow \min \\ \lim_{\substack{k_{Э}^{Шум} \rightarrow 1 \\ k_{Э}^{CO^2} \rightarrow 1}} F_{Э}^{ATLC} = \left(k_{Э}^{Шум} k_{Э}^{CO^2} \right)_i \rightarrow \max \\ \lim_{\substack{k_B^{ППГ} \rightarrow 1 \\ k_B^{Перс} \rightarrow 1 \\ k_B^{Техн} \rightarrow 1 \\ k_B^{Комм} \rightarrow 1 \\ k_B^{Эн} \rightarrow 1}} F_B^{ATLC} = \left(k_B^{ППГ} k_B^{Перс} k_B^{Техн} k_B^{Комм} k_B^{Эн} \right)_i \rightarrow \max \end{cases} \quad (1.18)$$

Для решения задачи минимизации времени обслуживания ППГ в АвиаТЛУ, необходимо решить следующую систему уравнений:

$$\lim_{t_{орз} \rightarrow \min} F^{ATLY}_{орз} = \begin{cases} Q_{CBX}^{ATLY} = m_{zp} \cdot t_{xp} \rightarrow \min \\ Q_{обсл}^{ATLY} = m_{zp} \cdot t_{обсл} \rightarrow \min \\ Q_{перс}^{ATLY} = n_{перс} \cdot t_{перс} \rightarrow \min \\ Q_{техн}^{ATLY} = n_{техн} \cdot t_{техн} \rightarrow \min \\ Q_{перс-техн}^{ATLY} = n_{перс} n_{техн} \cdot t_{перс-техн} \rightarrow \min \\ Q_{комм}^{ATLY} = S_{комм} \cdot t_{комм} \rightarrow \min \\ Q_{эн}^{ATLY} = R_{эн} \cdot t_{эн} \rightarrow \min \\ Q_{топл}^{ATLY} = R_{топл} \cdot t_{топл} \rightarrow \min, \end{cases} \quad (1.19)$$

где m_{zp} - масса груза; t_{xp} - время хранения груза на складе; $t_{обсл}$ - время обслуживания груза в аэропорту; $n_{перс}$ - количество персонала; $t_{перс}$ - время работы персонала; $n_{техн}$ - количество техники; $t_{техн}$ - время работы техники; $n_{перс} n_{техн}$ - количество систем «человека-техники»; $t_{перс-техн}$ - время работы систем «человека-техники»; $S_{комм}$ - коммуникации рабочей зоны и помещений; $t_{комм}$ - время нахождения или перемещения ППГ по коммуникациям; $R_{эн}$ - расход энергии в единицу времени; $t_{эн}$ - время работы потребляемого энергию оборудования; $R_{топл}$ - часовой расход топлива технических средств; $t_{топл}$ - время работы двигателя технических средств.

Стремление транспортных систем к пределу создания транспортной продукции транспортными системами k -го географического уровня с использованием i -ых типов транспортных средств j -ых видов транспорта, определяет эффективность ТЛС.

В связи с этим, темп производства транспортной продукции ТЛС, включающий в себя, как процесс транспортировки, так и все технологические процессы по подготовке грузопассажирских перевозок к процессу транспортировки должен стремиться к пределу, а время нахождения i -ых типов транспортных средств j -ых видов транспорта в состоянии покоя должно быть минимизировано.

1.5. Проблемы и пути решения создания комплексной системы управления технологическими процессами в авиационном транспортно-логистическом узле

С целью выполнения исследований, удовлетворяющих современным требованиям к транспорту, предлагается новая концепция формирования комплексной системы управления (КСУ) функционированием и развитием транспортно-логистических систем в соответствии с основными принципами маркетинга, менеджмента и логистики: системности и комплексности, единого методологического подхода, самофинансирования, конкурентоспособности, партнерства, жизненного цикла продукции, совместной реструктуризации, перестройки предприятий в соответствии с требованиями смешанных перевозок [59], мониторинга транспортной деятельности, минимизации транспортной составляющей цены товара, разработки комплексов взаимодействия, согласовании экономических интересов участников перевозок, непрерывной опережающей правовой, профессиональной, экономической, управленческой подготовки личного состава.

Для участников смешанных перевозок характерна организационная, управленческая, финансовая, информационная, технологическая и иная разобщенность. В большей степени участники смешанных перевозок заботятся о своих локальных интересах, приобретении преимуществ в конкурентной борьбе и редко обращают внимание на вопросы эффективности, результативности и безопасности смешанных перевозок во взаимодействии как единой системы.

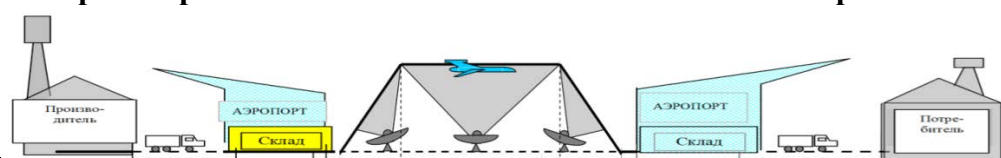
Следовательно, необходимо иметь комплексную систему оперативного управления технологическими процессами при выполнении смешанных перевозок, своевременно реагирующую на изменения как внутренней, так и внешней среды, изменение свойств средств производства при их функционировании и развитии при строгом выполнении требований по экологии и безопасности. Тем самым можно обеспечить единство как внутренней логистики каждого участника перевозки, обеспечивающей своевременную

подготовку средств производства основного технологического процесса, так и внешней логистики при их партнерском взаимодействии в составе транспортно-логистического комплекса смешанных перевозок (ТЛК СП).

Возможность рассматривать ТЛК СП комплексно во взаимосвязи и взаимодействии позволяет матричная структура. Рассмотрим матричную форму организации ТЛК СП с использованием авиационной ТЛС (АвТЛС), выполняющую грузопассажирские перевозки (таблица 1.2).

Матричная структура управления ТЛК СП позволяет упорядочить взаимодействие всех участников подготовки и выполнения перевозки на каждом этапе маршрута и всех элементов (средств производства) выполняющих конкретные операции на этапах маршрута и в процессе их подготовки к работе с целью доставки в место назначения «точно в срок» и с минимальными ресурсно-временными затратами.

Таблица 1.2 – Структура транспортно-логистической системы смешанной перевозки

Элементы ТЛК СП (средства производства)		Транспортно-логистический комплекс смешанной перевозки						
								
		Системы ТЛК, участвующие в смешанной перевозке						
		1. Произ- води- тель	2. АтТЛС-1 Перевозка груза автом. трансп.	3. Авиационная транспортно- логистическая система			4. АтТЛС-2 Перевозка груза автом. трансп.	5. Получа- тель (Склад, магазин)
		3.1. АвтЛУ-1 Авиац. трансп. узел отправ.	3.2. Авиакомпания и система УВД	3.3. АвтЛУ-2 Авиац. трансп. узел прилёта				
1	Время перевозки	1.1.	2.1.	3.1.1.	3.2.1.	3.3.1.	4.1.	5.1.
2	Пассажиры, почта, груз (ППГ)	1.2.	2.2.	3.1.2.	3.2.2.	3.3.2.	4.2.	5.2.
3	Персонал	1.3.	2.3	3.1.3.	3.2.3.	3.3.3	4.3.	5.3.
4	Техника	1.4.	2.4	3.1.4.	3.2.4.	3.3.4	4.4.	5.4.
5	Энергообеспечение	1.5.	2.5.	3.1.5	3.2.5.	3.3.5	4.5.	5.5.
6	Коммуникации (рабочие зоны)	1.6.	2.6.	3.1.6.	3.2.6.	3.3.6.	4.6.	5.6.
7	Экология	1.7.	2.7	3.1.7.	3.2.7.	3.3.7	4.7.	5.7.
8	Безопасность	1.8.	2.8	3.1.8.	3.2.8.	3.3.8	4.8.	5.8.
9	Документы	1.9.	2.9.	3.1.9.	3.2.9.	3.3.9.	4.9.	5.9.

ТЛК СП состоит из взаимодействующих участников перевозки (таблица 1.2):

1. Система «Производитель продукции (Продавец)».
2. Автомобильная транспортно-логистическая система 1 (АтТЛС-1).
3. Авиационная транспортно-логистическая система (АвиаТЛС).
 - 3.1. Авиационный транспортно-логистический узел 1 (АвиаТЛУ-1).
 - 3.2. Авиационная компания (АК) и Система УВД.
 - 3.3. Авиационный транспортно-логистический узел 2 (АвиаТЛУ-2).
4. Автомобильная транспортно-логистическая система 2 (АтТЛС-2).
5. Система «Потребитель продукции (Заказчик, Покупатель)».

Выполнение функций каждым участником ($i = \overline{1,5}$) смешанной перевозки осуществляют следующие средства производства (элементы систем), как совокупность предметов труда и средств труда ($n = \overline{1,9}$) на каждом этапе основного технологического процесса системы:

п.1. Время перевозки определяет основной технологический процесс, его этапы и операции обслуживания по маршруту движения ППГ у каждого участника.

п.2. Предмет (объект) обслуживания – пассажиры, почта, груз.

п.3. Персонал, выполняющий свои функции в процессе обслуживания.

п.4. Техника, приборы, оборудование и т.д., как средства обеспечивающие выполнение операции основного и вспомогательного процессов обслуживания.

п.5. Энергообеспечение элементов при выполнении основного технологического процесса перевозки.

п.6. Коммуникации, здания, склады, рабочие зоны, рабочие места и т.д.

п.7. Экологическое обеспечение транспортно-технологических процессов при подготовке их элементов к работе и при взаимодействии на всех этапах и операциях основного транспортно-логистического процесса смешанных перевозок.

п.8. Безопасность технологических процессов при подготовке их элементов к работе и при взаимодействии на всех этапах и операциях основного транспортно-логистического процесса смешанных перевозок.

п.9. Документы, определяющие нормативные требования к предмету труда и ресурсным элементам при обслуживании пассажиров, обработке почты и грузов на всех этапах технологии.

При рассмотрении таких сложных организационно-технических систем используют одновременно вертикально-горизонтальную декомпозицию. Декомпозиция ТЛК СП выполняется по горизонту в соответствии с принципом единства технологического процесса, его этапов и операций при взаимодействии между участниками. Вертикальная декомпозиция, даёт возможность рассматривать участвующие системы, их подсистемы, модули и их взаимосвязанные и взаимодействующие средства производства с учётом уровня иерархии.

Время технологических процессов по подготовке грузов к перевозке у производителя (получателя), при транспортировке различными видами транспорта, обслуживания в ОТЛУ зависят от влияния различных факторов на свойства элементов, средств производства.

Особое внимание уделяется вопросам комплексной безопасности, объединяющей опасности, возникающие при взаимодействии участников перевозки в процессе подготовки её и выполнения.

Применяя принцип иерархии для декомпозиции транспортно-логистического комплекса смешанной перевозки (ТЛК СП), до уровня АвиаТЛУ, получим следующие уровни иерархии ТЛК СП, представленные в таблице 1.3.

Структурная декомпозиция ТЛК СП, даёт возможность увидеть системы, участвующие в перевозке, их подсистемы и их элементы, а также влияние внутренних и внешних факторов с учётом уровня иерархии, определить и рассмотреть этапы взаимодействия между всеми участниками транспортного процесса.

При этом возникает вопрос о необходимости создания и развития КСУ ТП в АвиаТЛУ, как элемента смешанной перевозки. Интеграция логистической деятельности требует слияния внутрипроизводственных и внешних логистических цепочек в единый АвиаТЛУ, как комплекс взаимодействия систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД».

Таблица 1.3 – Декомпозиция транспортно-логистического комплекса смешанных перевозок (ТЛК СП) на принципе иерархии

Декомпозиция Комплекс / Система		Комплекс	Система	Подсистема	Модуль
ТЛК СП		ТЛК СП	Отраслевая ТЛС, Отправитель (Производитель), Получатель (Потребитель)	Транспортно- логистический узел, Процесс транспортировки	Фаза работы подсистемы (ТЛУ)
Отраслевая ТЛС		Авиационная ТЛС	Авиационный транспортно- логистический узел (Аэропорт, Авиакомпания, УВД)	Фаза Прилёт-А, Фаза Прилёт-Б, Фаза Вылет-В, Фаза Вылет-Г	Система «Коммерческой готовности ВС к рейсу»
Авиационный транспортно- логистический узел		Авиационный транспортно- логистический узел (Аэропорт, Авиакомпания, УВД)	Фаза Прилёт-А, Фаза Прилёт-Б, Фаза Вылет-В, Фаза Вылет-Г	Фаза «Вылет-В»: Обслуживание вылетающего ВС (груз) (Система «Коммерческой готовности ВС к рейсу»)	Подсистемы (этапы) системы «Коммерческой готовности ВС к рейсу»
Фаза «Вылет-В»: Обслуживание вылетающего ВС (груз)		Фаза «Вылет-В»: Обслуживание вылетающего ВС (груз)	Система «Коммерческой готовности ВС к рейсу»	Подсистемы (этапы) системы «КТВС к рейсу»	Модули (операции) подсистем (этапов) системы «КТВС к рейсу»
Система «КТВС к рейсу»		Система «КТВС к рейсу»	Подсистема (этап) системы «КТВС к рейсу»	Модули (операции) подсистемы (этапа) системы «КТВС к рейсу»	Модуль (операция) подсистемы (этапа) системы «КТВС к рейсу»
Подсистема (этап) системы «КТВС к рейсу»		Подсистема (этап) системы «КТВС к рейсу»	Модуль (операция) подсистемы (этапа) системы «КТВС к рейсу»	Элементы модуля (операции) подсистемы (этапа) системы «КТВС к рейсу»	Элемент модуля (операции) подсистемы (этапа) системы «КТВС к рейсу»
Модуль (операция) подсистемы (этапа) системы «КТВС к рейсу»		Модуль (операция) подсистемы (этапа) системы «КТВС к рейсу»	Элементы модуля (операции) подсистемы (этапа) системы «КТВС к рейсу»	Элемент модуля (операции) подсистемы (этапа) системы «КТВС к рейсу»	Свойства элемента модуля (операции) подсистемы (этапа) системы «КТВС к рейсу»

В результате разделения единых авиапредприятий на отдельные структуры значительно усложнилась проблема выполнения суточного плана полетов. Этому способствует и динамично меняющийся, а по сути хаотичный, процесс авиаперевозок. Если на Западе 90 % рейсов выполняется по расписанию, в аэропорту «Пулково» - 79% (2019 год), а в странах СНГ до 60%. В аэропорту «Пулково» 79% вылетов по расписанию (примерно 50000 рейсов в год), 21% вылетов с задержкой (примерно 10000 рейсов в год). Такое большое значение величины задержек свидетельствует о том, что в процессе оперативного управления при минимизации потерь от сложившейся ситуации требуется большое количество дополнительных ресурсов. Это значит, что предприятие много тратит на содержание этого резерва и необходимо использовать существующие ресурсы в условиях перегрузки.

С разделением авиапредприятий на отдельные структуры изменились и возможности оперативного взаимодействия при решении проблемы, связанной с расписанием движения воздушных судов. В связи с этим рассмотрение проблемы эффективного взаимодействия аэропорта, авиакомпании и УВД при подготовке и выполнении перевозок как собственных, так и во взаимодействии с другими видами транспорта является актуальным и требует решения на следующих принципах:

1. Декомпозиции, разложения системы на подсистемы, модули и их элементы;
2. Системности, который означает структурирование и решение проблемы вертикальными связями;
3. Комплексности, где взаимодействие по горизонтали определяется связями сотрудничества, партнерства, используя такие свойства больших систем, как синергия и адаптивность;
4. Трехмерности рассмотрения систем, подсистем и их модулей при их взаимодействии, что позволяет рассматривать системы и их вспомогательные процессы (ресурсообеспечение и их подготовку к работе) и средства производства в виде трех взаимосвязанных и взаимодействующих направлений функционирования и развития системы:

а) взаимодействие средств производства и этапов (операций) основного технологического процесса,

б) взаимодействие средств производства и этапов (операций) вспомогательного технологического процесса (подготовки средств производства),

с) взаимодействие основного технологического процесса (внешней логистики) и этапов (операций) вспомогательного технологического процесса подготовки средств производства (внутренней логистики).

5. Эффективного сотрудничества при взаимодействии систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД» с учетом принципов маркетинга (ресурсов), менеджмента, внешней и внутренней логистики;

6. Единого методологического подхода при исследовании процессов взаимодействия систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД»;

7. Формализации процесса формирования организационных структур управления, в соответствии с кибернетическим подходом;

8. Непрерывной опережающей (проактивной) профессиональной, экономической, правовой и управленческой подготовки личного состава;

В связи с этим эффективность взаимодействия систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД» зависит от свойств их элементов, обеспечивающих функционирование и развитие АвиаТЛУ.

Рассмотрим работу АвиаТЛУ при взаимодействии систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД» (рисунок 1.10, таблица 1.4) на этапах приема, обслуживании и отправки ВС, которая состоит из четырех основных фаз авиационного производства: «Прилет-А», «Прилет-Б», «Вылет-В» и «Вылет-Г».

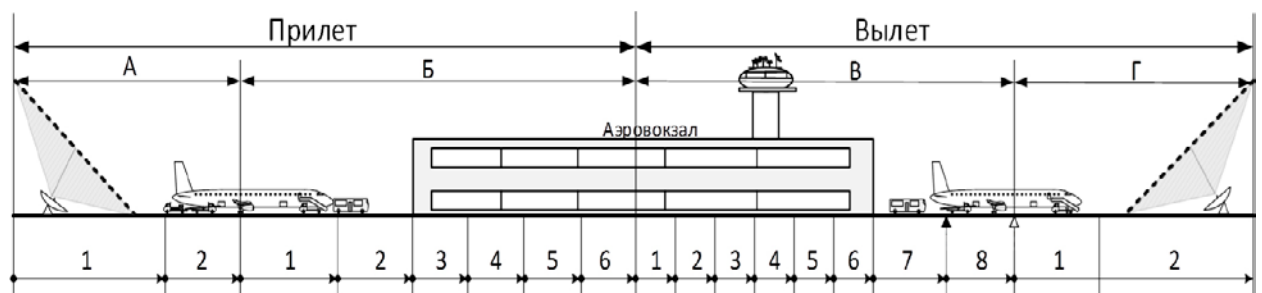


Рисунок 1.10 – Схема работы АвиаТЛУ при кратковременной стоянке ВС

Фаза «Прилет-А»: Движение ВС при приеме (посадке и рулении).

А1 – Взаимодействие аэропорта, авиакомпании и УВД при посадке ВС.

А2 – Руление и установка ВС на место стоянки.

Фаза «Прилет-Б»: Обслуживание прилетающего груза.

Б1 – Выгрузка груза из ВС.

Б2 – Доставка груза к грузовому терминалу.

Б3 – Размещение груза на грузовом терминале.

Б4 – Подготовка документации на выдачу груза.

Б5 – Подготовка груза к транспортировке до грузополучателя.

Б6 – Отправление груза с грузового терминала до грузополучателя.

Фаза «Вылет-В»: Обслуживание вылетающего ВС (груз).

В1 – Доставка вылетающего груза на грузовой терминал.

В2 – Досмотр авиационной безопасности (АБ) при сдаче на склад.

В3 – Консолидация и формирование груза по партиям на конкретный рейс.

В4 – Таможенный контроль (при необходимости).

В5 – Предполетный досмотр груза со стороны АБ.

В6 – Контроль консолидированного груза для загрузки в ВС и загрузка в транспортное средство (ТС), доставляющего к МС ВС.

В7 – Доставка груза к МС ВС.

В8 – Загрузка груза в ВС.

Фаза «Вылет-Г»: Движение ВС по аэродрому при вылете.

Г1 – Выпуск, руление ВС с места стоянки к месту старта.

Г2 – Старт, разбег по ВПП и взлет ВС;

Г3 – набор высоты ВС.

Таблица 1.4 – Взаимодействие систем «АК-АП-УВД» на фазах А, Б, В, Г

Системы взаимо- действия	Этапы взаимодействия																	
	Этап А		Этап Б						Этап В								Этап Г	
	А ₁	А ₂	Б ₁	Б ₂	Б ₃	Б ₄	Б ₅	Б ₆	В ₁	В ₂	В ₃	В ₄	В ₅	В ₆	В ₇	В ₈	Г ₁	Г ₂
АК	А ₁	А ₂	Б ₁	Б ₂	Б ₃	Б ₄	Б ₅	Б ₆	В ₁	В ₂	В ₃	В ₄	В ₅	В ₆	В ₇	В ₈	Г ₁	Г ₂
АП	А ₁	А ₂	Б ₁	Б ₂	Б ₃	Б ₄	Б ₅	Б ₆	В ₁	В ₂	В ₃	В ₄	В ₅	В ₆	В ₇	В ₈	Г ₁	Г ₂
УВД	А ₁	А ₂															Г ₁	Г ₂

В соответствии основными понятиями общей теории систем: система, элементы, связи, свойства, структура, функции, параметры и среда взаимодействия, характеризующие строение, функционирование и развитие систем, в диссертационной работе предлагается новый метод комплексного исследования технологических процессов грузового терминала в АвиаТЛУ с использованием матричного подхода, с целью построения КСУ ТП АвиаТЛУ.

Выводы по главе 1

В результате анализа первой главы можно сделать вывод о положительной тенденции развития грузовых авиационных перевозок в России, необходимости совершенствования и развития существующих автоматизированных систем управления сложными транспортными системами, такими как ТЛК СП, с целью снижения транспортной составляющей в конечной стоимости цены товара. Одной из главных проблем эффективного использования АСУ для ТЛК СП.

Другими словами, в диссертационной работе, поставлена задача и поиск путей её решения в создании чувствительной математической модели КСУ ТП АвиаТЛУ, на примере работы грузового терминала, позволяющей ставить и решать различного рода задачи. Для построения такой математической модели необходимо знать свойства элементов, структуру и параметры такой сложной системы. Последнее может быть достигнуто лишь на основе построения комплексной методики исследования технологических процессов в организационно-технических системах, на примере грузового терминала АвиаТЛУ. По мнению отечественных и зарубежных ученых, только сетевое представление проектируемой сложной системы даёт возможность достаточно полно формализовать процесс разработки и построения математической модели. Структура модели должна отображать как структурно-функциональную декомпозицию, так и логическую схему сложного комплекса работ по её выполнению, определяя целесообразную последовательность выполнения отдельных этапов работ и их операций по критическому пути, устанавливая связи работ, как внутри комплекса, так и его взаимосвязи с другими комплексами в АвиаТЛУ.

В связи с этим, для повышения темпа производства транспортной продукции ТЛК СП в диссертационной работе ставится задача, связанная с пределами пропускной способности транспортных систем, на примере АвиаТЛУ, в условиях ограниченности рабочего времени. Вследствие чего

возникает задача о минимизации времени простоя транспортных средств при максимизации коммерческой загрузки, не снижая уровня безопасности и экологичности выполняемых работ. Данная постановка задачи определяет актуальность темы диссертационной работы и определяет необходимость поиска путей решения оптимизации технологических процессов, решая задачу ресурсно-временной оптимизации, на примере работы грузового терминала в АвиаТЛУ.

2. МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В АВИАЦИОННОМ ТРАНСПОРТНО- ЛОГИСТИЧЕСКОМ УЗЛЕ

2.1. Системный подход к описанию авиационной транспортно-логистической системы

Комплексное взаимодействие транспортных систем различных видов при выполнении смешанной перевозки на принципах маркетинга, менеджмента и логистики, позволяет обеспечивать высокое качество обслуживания при уменьшении транспортной составляющей цены перевозимого груза или стоимости билета для пассажира.

Это значит, что каждый вид транспорта должен работать от пункта приема до пункта передачи перевозимого объекта по логистической схеме (таблица 1.2) «Производитель – Транспортная компания 1 (ТК1) – Транспортный узел 1 (ТУ1) – ТК2 – ТУ2 – ТК-*n* – Получатель». Например, для авиации это логистическое звено «Аэропорт вылета – Авиакомпания – Аэропорт прилета» необходимо рассматривать как авиационную транспортно-логистическую систему, где участники перевозки объединены горизонтальными связями (связями партнерства), работают во взаимодействии и выполняют свои отраслевые функции в общем процессе смешанных перевозок.

2.2. Сетевое моделирование производственных процессов в авиационном транспортно-логистическом узле (АвиаТЛУ)

Одним из известных методов для статического моделирования, когда входные и выходные переменные значений воздействий постоянны во времени, является временной «график Ганнта» [18,19,86,138], позволяющий достаточно эффективно планировать ресурсы во времени.

Методы сетевого планирования находят широкое применение во многих отраслях народного хозяйства, в том числе и на транспорте [161].

На транспорте методами сетевого планирования описываются процессы технического обслуживания и ремонта транспортной техники, перевозочные и строительные процессы и т.д.

Основными преимуществами сетевого планирования производственных процессов являются:

- обеспечение наглядности технологической последовательности работ;
- позволяет составить оперативные и текущие планы, а также прогнозировать сложные процессы;
- позволяет выявить скрытые ресурсы времени и материальных средств при выполнении производственных процессов и значительно повысить их эффективность.

Основным плановым документом в системе сетевого планирования и управления (СПУ) является сетевой график (сетевая модель, или просто сеть), представляющий собой статическую или информационно-динамическую модель, в которой изображаются взаимосвязи и результаты всех работ, необходимых для достижения конечной цели разработки.

В сетевом графике детально или укрупнено показывается, что, в какой последовательности, когда (за какое время) для чего необходимо выполнить, чтобы обеспечить окончание всех работ не позже заданного (директивного) срока.

Сетевая модель отражает логическую последовательность и взаимосвязи работ, которые должны быть выполнены для того, чтобы достигнуть определенную цель [161].

К основным параметрам сетевого графика будут относиться следующие:

1. Максимальная ($t_{\max}$), минимальная ($t_{\min}$), наиболее вероятная ($t_{н.в.}$) и ожидаемая продолжительности работ ($t_{ож}$).
2. Ранний срок свершения событий (t_p). Дисперсия этого срока (σ^2).

3. Поздний срок свершения событий (t_{Π}).
4. Резерв времени события (P).
5. Полный и свободный резервы времени работы (P_{Π}, P_C).
6. Коэффициент напряженности работы (K_H).
7. Коэффициент свободы (K_C).
8. Вероятность выполнения комплекса работ в заданный директивный срок (B).

Дадим определение всем этим параметрам и рассмотрим методику их расчета на примере одного и того же сетевого графика, что позволит наглядно проследить весь путь нахождения параметров сетевой модели.

2.2.1. Максимальная, минимальная, наиболее вероятная и ожидаемая продолжительности работ в АвиаТЛУ

На сетевом графике для каждой работы указана одна оценка времени. Такой метод оценки, когда можно однозначно установить время выполнения работ, называется детерминированным. Детерминированная оценка времени продолжительности работ используется при составлении сетевых графиков для ранее проводившихся или имеющих доброкачественный прототип работ и для работ, которые имеют заранее установленные постоянные показатели, например, нормативную трудоемкость или нормативную производительность. Однако для подавляющего количества работ, особенно при создании новых типов самолетов, двигателей, при решении сложных научных проблем, освоении технического обслуживания и ремонта новой авиационной техники, получить такие нормативы очень трудно. Для этих видов работ невозможно предвидеть точно их ход, продолжительность, необходимое количество работников и т. п.

Строго говоря, даже для процессов, где мы точно знаем нормативную трудоемкость и, следовательно, можем определить нормативную продолжительность работ, не всегда можно пользоваться

детерминированными оценками времени. Этому мешают разные возмущающие факторы.

Например, возьмем процесс технического обслуживания воздушных судов и двигателей. По всем видам регламентов существует нормативная трудоемкость, а значит, может быть рассчитана и нормативная продолжительность работ. Однако целый ряд возмущающих факторов в виде неравномерности поступления ВС и двигателей на техническое обслуживание, болезней персонала, различной степени их квалификации и т. д. приводит к значительному отклонению фактических сроков простоя воздушных судов на техническом обслуживании от плановых. Для описания таких систем необходима вероятностная модель сетевого планирования. Для описания вероятностными методами оценки продолжительности работ, в настоящее время, в основном применяется два метода вероятностной оценки.

Первый метод предусматривает определение ожидаемой продолжительности работы через три временные оценки: максимальную, минимальную и наиболее вероятную продолжительности работ.

Зная минимальное, максимальное и наиболее вероятное время выполнения работы, определяют для нанесения на график ожидаемую продолжительность работы по формуле:

$$t_{ож} = \frac{t_{\min} + 4t_{н.в.} + t_{\max}}{6} \quad (2.1)$$

Ожидаемую продолжительность часто называют планируемой.

Второй метод предусматривает определение ожидаемой продолжительности через две временные оценки: максимальную и минимальную продолжительности работ. Ожидаемая продолжительность работы в этом случае определяется по формуле:

$$t_{ож} = \frac{3t_{\min} + t_{\max}}{5} \quad (2.2)$$

Все временные оценки рассчитываются в единицах времени - минутах, часах, днях, неделях, месяцах. Выбор той или иной единицы времени зависит от характера и общей продолжительности планируемого процесса.

При проверке правильности оценок продолжительности работ нужно обязательно соблюдать следующие условия:

1. Максимальная продолжительность работы должна быть не меньше наиболее вероятной и минимальной продолжительности данной работы.
2. Наиболее вероятная продолжительность работы должна быть не меньше минимальной.

Математически это условие записывается обычно так:

$$t_{\min} \leq t_{н.в.} \leq t_{\max} \quad (2.3)$$

Каждый из вышеуказанных вероятностных методов оценки продолжительности работ обладает преимуществами и недостатками. Метод трех временных оценок, получивший широкое распространение в зарубежной литературе [47,174], дает более точные значения ожидаемой продолжительности работ. Но в то же время он требует обязательного наличия трех временных оценок, что иногда трудно выполнить (особенно для работ, по которым нет статистических данных).

Метод двух временных оценок, как показали исследования отечественных ученых [18,19,138], по точности почти не уступает методу трех временных оценок (в пределах практической потребности). В то же время, для его использования достаточно получить лишь две временные оценки каждой работы, что во многих случаях значительно сокращает объем информации и упрощает труд экспертов, производящих оценку продолжительности операций, их стоимости, потребности в рабочей силе и т. п.

Выражения (2.1) и (2.2), применяемые для расчета ожидаемой продолжительности работы, получены на основе использования математической статистики. А именно, продолжительность выполнения работы рассматривается как переменная величина, которая может колебаться в зависимости от воздействия ряда случайных факторов в пределах от $t_{\min}$ до $t_{\max}$.

Доказано, что в этом случае вероятность того, какая же продолжительность работ будет иметь место в действительности, может быть изображена кривой (рисунок 2.1). Данная кривая называется кривой распределения плотности вероятности. Ее вершина соответствует наиболее вероятной продолжительности работы.

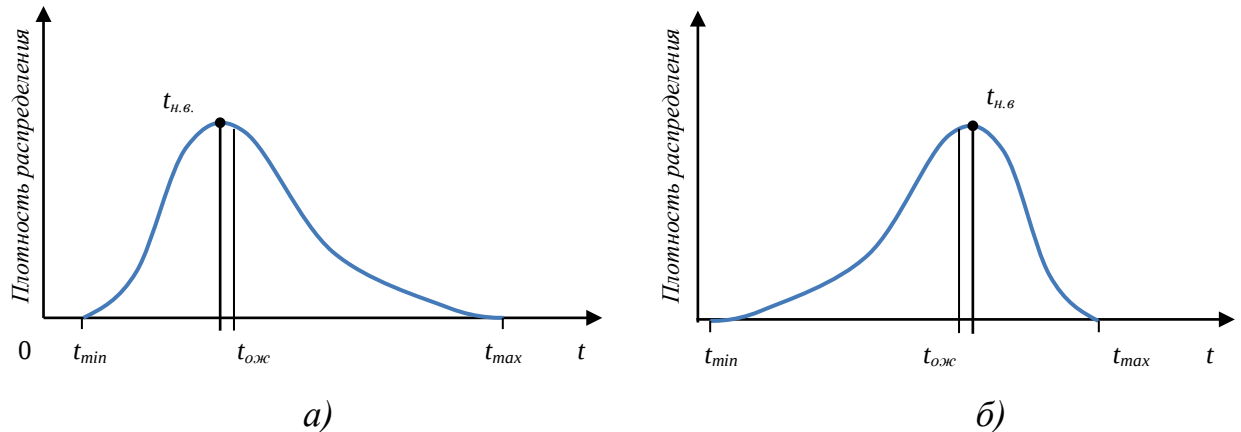


Рисунок 2.1 – Кривая распределения плотности вероятностей

Ожидаемая продолжительность работы - это статистическое среднее значение трех или двух оценок продолжительности работ, т.е. $t_{ож}$ соответствует той точке (рисунок 2.1), где площадь, под кривой распределения вероятности делится на две равные части. Иными словами: ожидаемая продолжительность соответствует той точке кривой, где существуют равные шансы (50% на 50%) на то, что действительная продолжительность работы будет длиннее или короче $t_{ож}$.

Так как минимальная (t_{min}) и максимальная (t_{max}) оценки могут меняться по отношению к $t_{н.в.}$, то вершина кривой распределения вероятности может сдвигаться влево (рисунок 2.1, а) или вправо (рисунок 2.1, б). Сдвиг влево будет иметь место в том случае, когда значение $t_{н.в.}$ по абсолютной величине ближе t_{min} :

$$(t_{max} - t_{н.в.}) > (t_{н.в.} - t_{min})$$

а вправо – при противоположной ситуации:

$$(t_{н.в.} - t_{\min}) > (t_{\max} - t_{н.в.})$$

В тех случаях, когда

$$(t_{\max} - t_{н.в.}) = (t_{н.в.} - t_{\min})$$

вершина кривой будет расположена симметрично относительно $t_{\min}$ и $t_{\max}$.

Вследствие того, что $t_{ож}$ является средней вероятной продолжительностью, возникает необходимость знать меру неопределенности данной продолжительности. Делается это через дисперсию продолжительности (σ^2), которая определяется по формулам:

а) при методе трех временных оценок

$$\sigma^2 = \left(\frac{t_{\max} - t_{\min}}{6} \right)^2 \quad (2.4)$$

б) при методе двух временных оценок

$$\sigma^2 = \left(\frac{t_{\max} - t_{\min}}{5} \right)^2 \quad (2.4a)$$

Таким образом, вероятностный метод оценки продолжительности работ дает возможность более точно определить планируемую продолжительность любой работы, а также оценить степень вероятности того, что запланированная продолжительность работы будет иметь место в действительности. Все это, естественно, повышает достоверность планирования. Для более глубокого уяснения изложенного определим рассмотренные параметры для сетевого графика, допустим, что эксперты, глубоко знающие технологический процесс, дали следующие три оценки времени по каждой работе (в неделях):

Таблица 2.1 – Три экспертные оценки времени по каждой работе (в неделях)

Работа (i,j)	$t_{\min}$	$t_{н.в.}$	$t_{\max}$
(0,1)	1	3	5
(0,2)	2	3	6
(1,2)	1	2	3
(1,3)	5	7	12
(1,4)	3	4	8
(2,3)	1	2,8	4
(3,4)	6	12	14

По формуле (2.1) рассчитываем ожидаемую продолжительность каждой работы. Для работы (0,1) она будет равна:

$$t_{ожс}(0,1) = \frac{1 + 4 \times 3 + 5}{6} = 3.$$

Дисперсия для этой работы составит

$$\sigma^2(0,1) = \left(\frac{5-1}{6} \right)^2 = 0,444.$$

Проведя подобные расчеты для всех работ, получим следующую картину:

Таблица 2.2 – Вероятность отклонения продолжительности работ от $t_{ожс}$

Работа (i,j)	Ожидаемая продолжительность $t_{ожс}(i, j)$	Дисперсия (σ^2)
(0,1)	$\frac{1 + 4 \times 3 + 5}{6} = 3$	$\left(\frac{5-1}{6} \right)^2 = 0,44$
(0,2)	$\frac{2 + 4 \times 3 + 6}{6} = 3,33$	$\left(\frac{6-2}{6} \right)^2 = 0,44$
(1,2)	$\frac{1 + 4 \times 2 + 3}{6} = 2$	$\left(\frac{3-1}{6} \right)^2 = 0,11$
(1,3)	$\frac{5 + 4 \times 7 + 12}{6} = 7,5$	$\left(\frac{12-5}{6} \right)^2 = 1,36$
(1,4)	$\frac{3 + 4 \times 4 + 8}{6} = 4,5$	$\left(\frac{8-3}{6} \right)^2 = 0,69$
(2,3)	$\frac{1 + 4 \times 2,8 + 4}{6} = 2,7$	$\left(\frac{4-1}{6} \right)^2 = 0,25$
(3,4)	$\frac{6 + 4 \times 12 + 14}{6} = 11,33$	$\left(\frac{14-6}{6} \right)^2 = 1,78$

Из таблицы 2.2 видно, что вероятность отклонения действительной продолжительности работ от $t_{ож}$ будет наибольшей в работах (1,3) и (3,4) и наименьшей в работах (1,2) и (2,3).

Полученная вышеуказанным образом ожидаемая продолжительность работ наносится на сетевой график над стрелкой в качестве плановой продолжительности работ.

Значения дисперсии, указываются над этой же стрелкой после значения $t_{ож}(i, j)$. Оформленный таким образом сетевой график показан на рисунок 2.2.

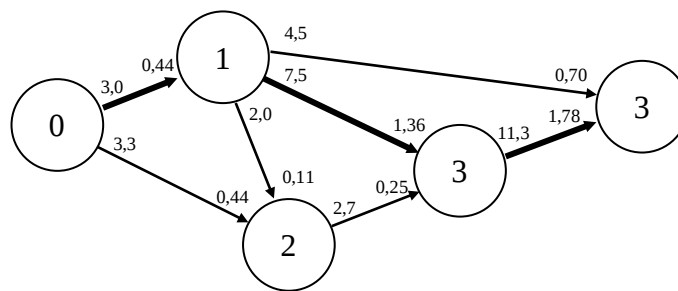


Рисунок 2.2 – Сетевой график с указанием значения дисперсии на графах

Из чего видно, что критический путь включает работы (0,1), (1,3) (3,4). Его продолжительность равна $3,0 + 7,5 + 11,33 = 21,83$ недель.

2.2.2. Ранний срок свершения событий.

Дисперсия времени работы в АвиаТЛУ

После того, как установлена продолжительность всех работ сетевого графика, определяют для каждого события сети наиболее ранний из возможных сроков свершения этого события. При этом расчет ведется по всем путям, соединяющим данное событие с исходным, а затем выбирается самый длинный из этих путей.

Определим, например, наиболее ранний срок наступления события 3. К нему ведут три пути следующей продолжительности:

1. (0,1) (1,3); $3,0 + 7,5 = 10,5$ недель.
2. (0,1), (1,2), (2,3); $3,0 + 2,0 + 2,7 = 7,7$ недель.
3. (0,2), (2,3); $3,3 + 2,7 = 6,0$ недель.

Следовательно, наиболее ранним сроком, когда может наступить событие 3, является 10,5 недель. Это вытекает из важного свойства событий и работ, заключающегося в том, что для свершения любого события должны быть выполнены все предшествующие ему работы.

Для краткости этот срок называют ранним сроком свершения события и обозначают через t_P . Для любого i -го события сети обозначение имеет вид $t_P(i)$. Максимальный путь, соединяющий данное i -ое событие с исходным, обозначают через $\vec{L}_1(i)$. Тогда, очевидно, математическая запись раннего срока свершения i -го события будет иметь вид

$$t_P(i) = t[\vec{L}_1(i)]$$

В практике определение ранних сроков свершения событий начинают от исходного события и последовательно продвигаются до завершающего события, т. е. просматривают сеть в прямом направлении.

Для исходного события $t_P(0)$ будет всегда равно нулю. Для события, непосредственно следующего за исходным, ранний срок его свершения будет равен ожидаемой продолжительности, соединяющей их работы, т. е. для графика (рисунок 2.2) получим:

$$t_P(1) = t_{ож}(0,1) = 3,0 [\text{недели}]$$

Рассчитав последовательно ранние сроки свершения событий для остальных событий сети, получим следующую картину:

$$t_P(2) = t_{ож}(0,1) + t_{ож}(1,2) = 3,0 + 2,0 = 5,0 [\text{неделя}];$$

$$t_P(3) = t_{ож}(0,1) + t_{ож}(1,3) = 3,0 + 7,5 = 10,5 [\text{неделя}];$$

$$t_P(4) = t_{ож}(0,1) + t_{ож}(1,3) + t_{ож}(3,4) = 3,0 + 7,5 + 11,33 = 21,83 [\text{недели}]$$

Очевидно, что ранний срок свершения завершающего события будет являться наиболее ранним сроком окончания всего комплекса работ.

Из приведенного расчета и рассуждений нетрудно заметить одну важную особенность, значительно облегчающую расчет ранних сроков свершения событий. А именно, ранний срок свершения конечного события работы можно получить, если к раннему сроку свершения начального события этой работы добавить ожидаемую продолжительность ее выполнения, т. е.

$$t_p(j) = t_p(i) + t_{ож}(i, j) \quad (2.5)$$

Но при этом нужно помнить, что ранний срок свершения i -го события определяется через максимальный путь, соединяющий данное событие с исходным. Так, например, для определения раннего срока наступления события 4 нет нужды суммировать продолжительность всех предшествующих работ, а следует к $t_p(3) = 10,5$ добавить ожидаемую продолжительность работы (3,4), равную 11,33. В общем виде это правило записывается так:

$$t_p(j) = \max \{ t_p(i) + t_{ож}(i, j) \} \quad (2.6)$$

Ранее было установлено, что продолжительность каждой работы может отклоняться от $t_{ож}$. Меру этого отклонения измеряют дисперсией. Возникает потребность определить и дисперсию раннего срока свершения событий. Для этого используется правило сложения дисперсий независимых случайных величин. Согласно ему дисперсия раннего срока свершения любого события равна сумме дисперсий ожидаемой продолжительности всех работ, лежащих на максимальном пути, соединяющем данное событие с исходным. Так, например, если для события 3 ранний срок его свершения наступал после выполнения работ (0,1) и (1,3), то дисперсия данного раннего срока равна сумме дисперсий ожидаемой продолжительности этих работ, т. е.

$$\sigma^2(3) = 0,44 + 1,36 = 1,80$$

Учитывая те рассуждения, которые были сделаны для получения формул (2.5, 2.6), можно записать, что дисперсия раннего срока свершения любого j -го события в общем виде равна:

$$\sigma^2(0) = \sigma^2(i) + \sigma^2(i, j) \quad (2.7)$$

2.2.3. Построение комплексного сетевого графика технического и коммерческого обслуживания ВС при кратковременной стоянке

Основная особенность операций технического и коммерческого обслуживания при кратковременной стоянке ВС состоит в том, что их продолжительность измеряется не днями и часами, а минутами, при общей продолжительности всего комплекса работ около 1,5 часа. Кроме того, для возможности начала ряда работ существуют ограничения, вытекающие из техники безопасности и технологии производства технического и коммерческого обслуживания ВС. Например, заправку ВС топливом запрещается производить до окончания высадки пассажиров, во время их посадки. Нежелательна одновременная работа в кабине экипажа техника по обслуживанию ВС и техника по обслуживанию радиооборудования, так как они будут мешать производительной работе друг друга.

Особенностью технического обслуживания ВС при кратковременной стоянке является и то, что число событий сравнительно небольшое (около 20—30 событий). Еще меньше операций содержит коммерческое обслуживание.

Но, несмотря на эти особенности, все события между собой в общем комплексе технического обслуживания настолько взаимосвязаны, что возникает необходимость сетевого планирования данных работ. Для каждого конкретного аэропорта или авиационно-технической базы в соответствии с расписанием движения самолетов, объемом работ, способом организации бригад технического обслуживания, климатическими и другими местными условиями могут быть по каждому типу летательного аппарата составлены сетевые графики, которые будут служить основой для прогнозирования простоев ВС на техническом и коммерческом обслуживании, для определения пропускной способности аэропорта и производственной мощности авиационно-технической базы. На основании графиков можно определять экономическую целесообразность принятия того или иного

способа технического обслуживания, устанавливать численность и состав исполнителей в бригадах, исходя из заданных объема и времени выполнения работ.

В качестве примера рассмотрим составление и анализ сетевого графика для обслуживания ВС при его кратковременной стоянке в АвиаТЛУ на примере обслуживания воздушного судна (ВС) типа Airbus-320.

2.2.4. Определение рангов и нумерации событий при построении сетевого графика обслуживания ВС

Коммерческое обслуживание ВС при кратковременной стоянке заключается в основном в обеспечении разгрузки и погрузки груза, почты и багажа и в обеспечении высадки и посадки пассажиров.

Техническое обслуживание ВС при кратковременной стоянке укрупнённо состоит из следующих семи видов работ:

- Заправка ВС топливом.
- Техническое обслуживание ВС.
- Техническое обслуживание силовых установок.
- Техническое обслуживание шасси и гидросистемы.
- Техническое обслуживание приборного оборудования.
- Техническое обслуживание электрооборудования.
- Техническое обслуживание радиооборудования.

По результатам анализа коммерческого обслуживания в 10 крупнейших аэропортах России было выявлено, что около 70% воздушных судов, обслуживаемых с помощью контейнерных погрузчиков, составляют А-320.

В АвиаТЛУ загрузка груза, багажа и почты в самолет А-320 производится контейнерным погрузчиком типа «Loader». Но наряду с самолетами А-320, обслуживаются и самолеты типа В-767, где применяются погрузчики типа «Commander» которые, в свою очередь, затрачивают меньше времени и имеют большую грузоподъемность.

Перечень конкретных работ, выполняемых при коммерческом и техническом обслуживании, наименование и количество событий показаны в таблицах 2.3 и 2.4. В таблице 2.4, кроме того, приведены оценки времени выполнения работ — минимальное, максимальное и наиболее вероятное. При этом в качестве $t_{\min}$ принято время, за которое может быть выполнена та или иная операция без учета дополнительных работ на устранение дефектов, или наименьшее время производства данной операции по статистическим данным. Величина $t_{\max}$ равна времени выполнения операции в случае появления наиболее трудоемкого дефекта или наибольшей продолжительности производства данной операции по статистическим материалам. За наиболее вероятное время принята часто повторяющаяся на практике продолжительность выполнения рассматриваемой операции с учетом устранения обнаруженных дефектов.

Для расчета ожидаемой продолжительности работ использована формула (2.1). Результаты расчета показаны в таблице 2.5. В ней же даны и результаты расчета дисперсии ожидаемой продолжительности работ, полученные по формуле (2.3).

Получив вышеуказанные данные, строим сетевой график для выбранной ситуации обслуживания самолета А-320.

За исходное событие принимается момент окончания пробега ВС после посадки на ВПП — событие Ш.

Затем ВС производит руление к месту стоянки на перроне, где производится постановка упорных колодок под колеса главных ног шасси (работа Ч).

После постановки колодок к ВС подъезжают аэродромные средства механизации: автотрап (работа Ч,Ц), погрузочно-разгрузочные средства (работа Ч,Х) и топливозаправщик (работа Ч,С).

Подгон трапа дает возможность бортмеханику выдать дежурному авиатехнику страховочные штыри для постановки их на замки выпущенного положения главных ног шасси, а технику по заправке — требование на заправку ВС топливом (работа Ц,С),

Таблица 2.3 – Библиотека событий для технического и коммерческого обслуживания ВС А-320 при кратковременной стоянке в аэропорту

Буквенный шифр события	Наименование события
А	Готовность ВС к взлету на исполнительном старте.
Б	Самолет подсоединен к автобуксировщику для следования на предварительный старт.
В	Самолет заправлен, выполнено техническое и коммерческое обслуживание.
Г	Перронная бригада техобслуживания закончила все работы на ВС.
Д	От ВС отъехал топливозаправщик.
Е	Закончены операции по техническому обслуживанию и заправке, связанные с использованием аэродромного источника электроэнергии.
Ж	Закончена заправка второй половины топливной системы.
З	Проверка работы насосов и осмотр туалетов закончены.
И	Заправлена одна половина топливной системы ВС.
К	Осмотрены пассажирские салоны авиатехником по эксплуатации бытового оборудования.
Л	Проверена работа манометрических приборов в кабине экипажа.
М	ВС готово к заправке.
Н	Авиатехник по эксплуатации радиооборудования закончил на ВС наружные работы.
О	Авиатехник по эксплуатации бытового оборудования вошел в ВС для осмотра кресел и туалетов.
П	Авиатехник по эксплуатации электрооборудования закончил осмотр
Р	Закончена погрузка багажа, почты, грузов и продуктов.
С	К ВС подъехал топливозаправщик, бортмеханик выдал требование на заправку.
Т	Аэродромный источник электроэнергии к ВС подключен.
У	Из ВС вышли все пассажиры.
Ф	Шасси ВС обслужено.
Х	Начало разгрузки ВС.
Ц	ВС готово к техническому и коммерческому обслуживанию.
Ч	ВС прибыло на перрон аэропорта поставлены упорные колодки.
Ш	Окончание пробега ВС после его приземления на ВПП.

Таблица 2.4 – Перечень и продолжительность основных работ, выполняемых при техническом и коммерческом обслуживании ВС А-320 во время кратковременной стоянки в АвиаТЛУ

Буквенный шифр работы	Цифровое обозначение работы	Наименование работы	Исполнители	$t_{\min}$	$t_{н.в.}$	$t_{\max}$
1	2	3	4	5	6	7
—	—	Руление ВС к месту стоянки	Дежурный авиатехник	1	5	5
—	—	Постановка упорных колодок		1	2	3
(Ш,Ч)	(0,1)	Суммарная работа		2	7	8
—	—	Подъезд трапа и выход бортмеханика				
—	—	Установка страховочных штырей		1	1,5	5
(Ч,Ц)	(1,2)	Суммарная работа		3	4,5	13
(Ч,Х)	(1,3)	Подъезд погрузочно-разгрузочных спецмашин		1	2	3
(Ч,С)	(1,7)	Подъезд топливозаправщика		1	2	4
(Ц,Ф)	(2,4)	Обслуживание шасси	Авиатехник по эксплуатации	13	19	25
(Ц,У)	(2,5)	Выход пассажиров		8	10	15
(Ц,Т)	(2,6)	Подключение наземного источника электроэнергии к ВС	Авиатехник по электро- оборуд.	1	2	4
(Ц,С)	(2,7)	Выдача требования на заправку	Второй Пилот	1	1	5
(Ц,П)	(2,9)	Осмотр приемников воздушного давления.	Авиатехник по прибор. оборуд.	5	7	9
(Ц,Н)	(2,11)	Осмотр радиоантенн	Авиатехник по радио- оборуд.	5	5	15
(Ц,О)	(2,10)	Осмотр обшивки фюзеляжа и управления	Радиотехник по эксплуат.	17	17	25
(Ц,Г)	(2,20)	Обработка багажа	Бригада грузчиков.	40	45	68
—	—	Техническое обслуживание силовой установки.	Авиатехник по эксплуат	12	15	40
—	—	Техническое обслуживание общее	Авиатехник по эксплуат	12	20	30
(Х,Р)	(3,8)	Суммарная работа		22	35	40
(Ф,Г)	(4,20)	Обслуживание гидросистемы	Авиатехник по эксплуат.	6	7	10
(Т,Е)	(6,18)	Осмотр и чистка стекол, аэронавигационных огней	Авиатехник по электро- оборуд.	5	7	15
(С,М)	(7,12)	Подготовительные работы перед заправкой одной половины топливной системы	Дежурный авиатехник	2	2	7
(Р,В)	(8,21)	Осмотр обшивки фюзеляжа в районе грузолюков		1,5	2	5
(Р,Б)	(8,22)	Отъезд погрузочно-разгрузочных средств.		1	2	4

(И,Л)	(9,13)	Проверка работы манометрических приборов	Авиатехник по приборн. оборуд.	3	5	8
(О,К)	(10,14)	Осмотр кресел в пассажирских салонах	Авиатехник по эксплуат.	5	6	25
(Н,Е)	(10,14)	Перенастройка радиостанций	Авиатехник по радио- оборуд.	7	10	20
(М,И)	(12,15)	Заправка топливом первой половины топливной системы	Техник ГСМ	3	10,5	20
—	—	Проверка зарядки бортовых кислородных баллонов и их дозарядка	Авиатехник по приборн. оборуд	2	2	10
—	—	Расчехление приемников воздушного давления		0	0	3
(Л,Г)	(13,20)	Суммарная работа		2	2	13
(К,З)	(14,16)	Осмотр туалетов	Авиатехник по эксплуат.	7	7	21
—	—	Уборка бумаг и друго крупного мусора	Бытовая бригада	2	2	4
—	—	Уборка пассажирских салонов пылесосами		7	10	16
(К,Е)	(14,18)	Суммарная работа		9	12	20
(И,Ж)	(15,17)	Заправка топливом второй половины топливной системы	Техник ГСМ	4	12	21
(И,В)	(15,21)	Заключительные работы после заправки первой половины системы	Дежурный авиатехник	16	16	18
(З,Г)	(16,20)	Осмотр кресел в кабине экипажа	Авиатехник по эксплуат.	1	1	8
(Ж,Д)	(17,19)	Отъезд топливозаправщика		1	2	5
(Ж,В)	(17,21)	Заключительные работы после заправки второй половины системы	Дежурный авиатехник	16	16	18
(Е,Г)	(18,20)	Отключение наземного источника электроэнергии от бортовых розеток ВС	Авиатехник по электро- оборуд	1	3	5
(Д,Б)	(19,22)	Подъезд автобуксировщика и подсоединение ВС.	Дежурный авиатехник	0	2	5
(Г,В)	(20,21)	Посадка пассажиров.		10	15	20
(В,Б)	(21,22)	Снятие штырей и отъезд автотрапа	Дежурный авиатехник	2,5	3	5
—	—	Уборка колодок		1,5	2	3
—	—	Буксировка на предварительный старт		0	3	5
—	—	Отсоединение и отъезд автобуксировщика		0	4	6
—	—	Связь по самолето-переговорному устройству при запуске двигателей.		10	10	15
—	—	Проследить за выруливанием на исполнительный старт		3	3	6
(Б,А)	(22,23)	Суммарная работа.		14,5	22	35

Примечание. Цифровые обозначения работ в графу 2 вписываются после определения рангов событий.

После постановки штырей начинается высадка пассажиров (работа Ц,У) и разгрузка груза, багажа, почты и посуды (событие Х). Кроме того, техник по заправке и шофер заправщика выполняют подготовительные операции по заправке одной половины топливной системы (работа С,М), а подача топлива в топливные баки ВС (работа М,И) начинается после окончания высадки пассажиров и подключения к борт-сети ВС аэродромного источника электроэнергии (работа Ц,Т). Одновременно с заправкой одной половины топливной системы подготавливается к заправке другая половина топливных баков, которая в силу малой продолжительности по сравнению с процессом непосредственной заправки на графике не указана. Затем заправляется вторая половина топливной системы (работа И,Ж), а на уже заправленной половине техник по заправке или дежурный авиатехник выполняют заключительные операции (работа И,В). После окончания заправки второй половины топливной системы выполняются заключительные операции по этой половине топливной системы (работа Ж,В) и отъезжает топливозаправщик (работа Ж,Д).

Одновременно бригада перронного обслуживания приступает к техническому обслуживанию по соответствующим специальностям:

а) Авиатехник по эксплуатации шасси и гидросистемы и авиатехник по эксплуатации двигателей выполняют все пункты регламента вне зависимости от других специальностей (соответственно работы Ц,Ф; Ф,Г и Ц,Г).

б) Авиатехник по электрооборудованию начинает обслуживание ВС подключением к борт-сети наземного источника электроэнергии (работа Ц,Т), а затем уже выполняет все работы регламента, соответствующие его специальности (работа Т,Е). Такой порядок работ связан с тем, что от последовательности выполнения работ авиатехником по электрооборудованию зависит возможность начала ряда работ других специальностей. Так, бытовая бригада не может начинать уборку салонов пылесосами до подключения к ВС аэродромного источника электроэнергии.

До свершения этого события не может быть начата подача топлива от топливозаправщика в топливные баки ВС, нельзя проверить работу насосов. После окончания всех работ на ВС, связанных с использованием электроэнергии, авиатехник по электрооборудованию отключает от бортовых розеток ВС аэродромный источник электроэнергии (работа Е,Г).

в) Авиатехник по эксплуатации ВС и бытового оборудования начинает обслуживание с выполнения всех пунктов регламента по обслуживанию ВС (работа Ц,О), затем производит осмотр пассажирских салонов (работа О,К), а после подключения электропитания (фиктивная работа, ТД) проверяет работу насоса и осматривает туалеты (работа К,З). В пассажирских салонах бытовая бригада убирает сначала бумагу и другой крупный мусор, а затем производит уборку салонов пылесосами (работа К,Е). Фиктивная работа (Т,К) здесь появляется потому, что действительная работа по включению аэродромных источников электроэнергии уже должна быть проведена авиатехником по электрооборудованию, так как она является необходимым условием для возможности начала работ по уборке салонов пылесосами. После того, как авиатехник по приборному оборудованию выходит из кабины экипажа (фиктивная работа Л,З), авиатехник по эксплуатации бытового оборудования осматривает кабину экипажа работа З,Г).

г) Авиатехник по радиооборудованию производит осмотр бортовых радиоантенн (работа Ц,Н) и после подключения к бортсети наземного источника электроэнергии перенастраивает УКВ радиостанции по заданным каналам (работа Н,Е).

д) Авиатехник по приборному оборудованию осматривает и в случае необходимости зачехляет приемники воздушного давления (ПВД), проверяет заряженность бортовых противопожарных баллонов (работа Ц,П). Затем, после подключения наземного источника электроэнергии (фиктивная работа Т,П) проверяет работу манометрических приборов (работа П,Л), зарядку бортовых кислородных баллонов и расчехляет ПВД (работа Л,Г).

Параллельно техническому обслуживанию и заправке ВС топливом производятся разгрузка и погрузка багажа, почты, продуктов питания и т. д. После окончания этих операций коммерческого обслуживания от ВС отъезжают погрузочно-разгрузочные спецмашины (работа Р,Б), а дежурный авиатехник производит осмотр обшивки в районе грузов люков (работа Р,В).

Окончание технического обслуживания и заправки ВС топливом отмечается событиями Ж и Г. Это дает возможность начать посадку пассажиров (работа Г,В). После окончания посадки снимаются страховочные штыри и отводится автотрап (работа В,Б). Отъезд топливозаправщика (работа Ж,Д) позволяет подъехать автобуксировщику и подсоединить к нему ВС (работа Д,Б).

Отъезд всех спецмашин и подсоединение автобуксировщика дает возможность убрать из-под колес ВС упорные колодки, отбуксировать его на предварительный старт, где от ВС отсоединяется и отъезжает автобуксировщик. После обеспечения запуска и опробования двигателей дежурный авиатехник следит за рулением ВС на исполнительный старт. Все эти операции включены в работу (БД). Завершающим событием является момент готовности ВС к взлету с ВПП (событие А). Построенный вышеуказанным образом сетевой график показан на рисунок 2.3.

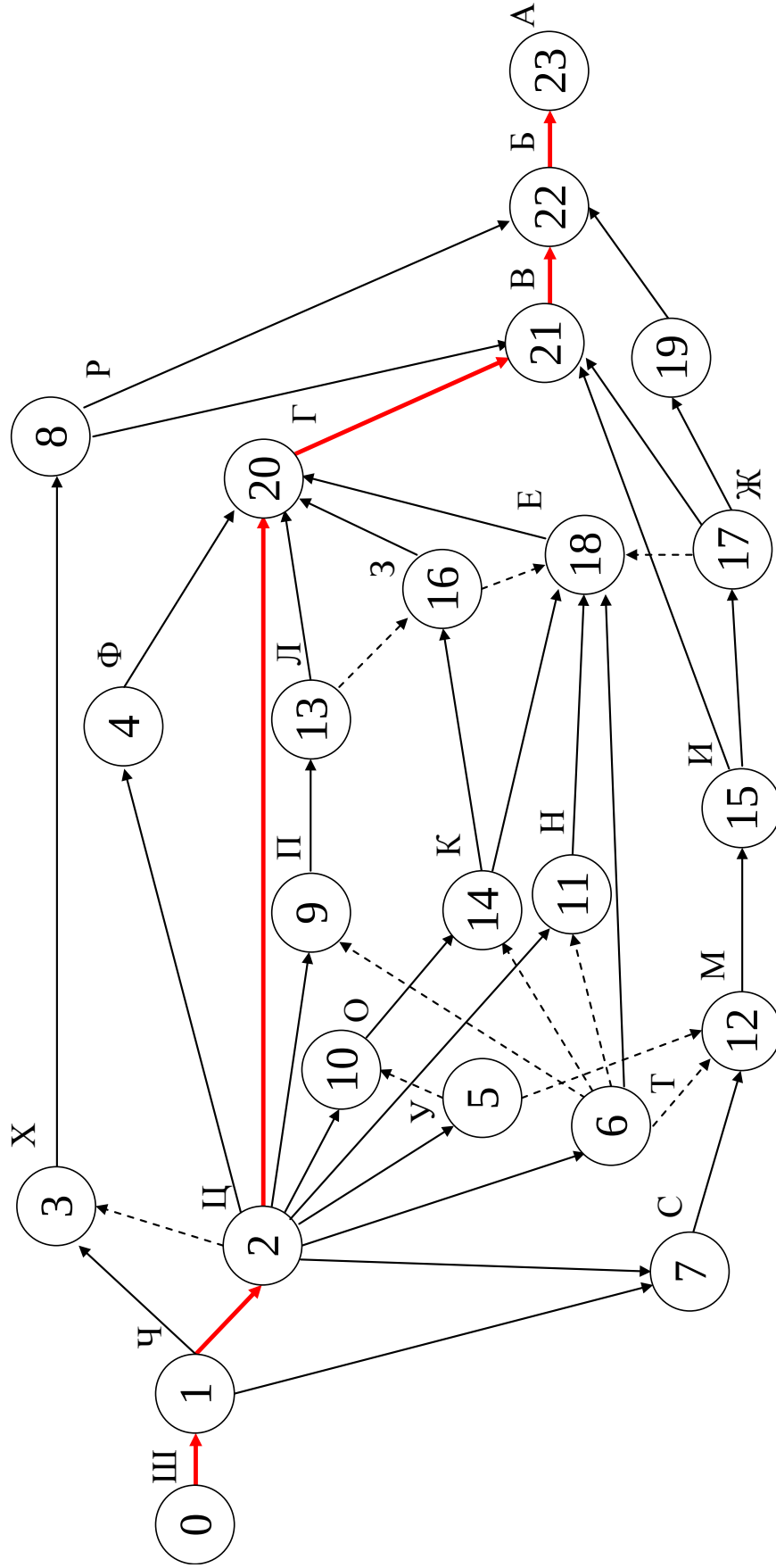


Рисунок 2.3 – Определение рангов и нумерация событий

Нумерация событий на этом графике проведена в соответствии с правилом определения рангов событий. Для пояснения правила определения рангов событий на графике рядом с кружками проставлены буквенные шифры событий. Событие 1 является событием первого ранга, событие 2 — второго ранга. Нетрудно убедиться, что в группу событий третьего ранга входят следующие события: 3- 4, 5, 6 и 7. События 8, 9, 10, 11 и 12 являются событиями четвертого ранга. К пятому рангу следует отнести три события: 13, 14 и 15; к шестому два: 16 и 17. События 18 и 19 имеют седьмой ранг, событие 20 — восьмой ранг, а событие 21 — девятый ранг. Десятый и одиннадцатый ранги составляют соответственно 22 и 23 события. Внутри одного ранга нумерация событий произведена сверху вниз по часовой стрелке.

Поясним процесс нумерации событий несколько подробнее. Вычеркнув все работы, выходящие из события первого ранга — события 1, мы получаем, что в событие Ц не входит ни одной работы. Следовательно, событие Ц будет иметь второй ранг. Присваиваем ему порядковый номер 2.

Далее, вычеркнув все работы, выходящие из события 2, получаем, что события Х, Ф, У, Т и С остались без входящих работ. Следовательно, они имеют третий ранг. Присваиваем им порядковые номера сверху вниз по часовой стрелке: 3, 4, 5, 6 и 7.

Вычеркнув все работы, выходящие из событий третьего ранга, видим, что еще пять событий остались без входящих работ: Р, П, О, Н и М. Это события четвертого ранга. Присваиваем им очередные порядковые номера 8, 9, 10, 11 и 12. Вычеркнув работы, выходящие из событий 8, 9, 10, 11, 12, получим, что события Л, К, И должны быть отнесены к пятому рангу, так как остались без входящих работ. Присваиваем им номера сверху вниз по часовой стрелке: 13, 14, 15.

После следующей операции вычеркивания без входящих работ останутся события шестого ранга З и Ж, которые наделяются номерами 16 и 17.

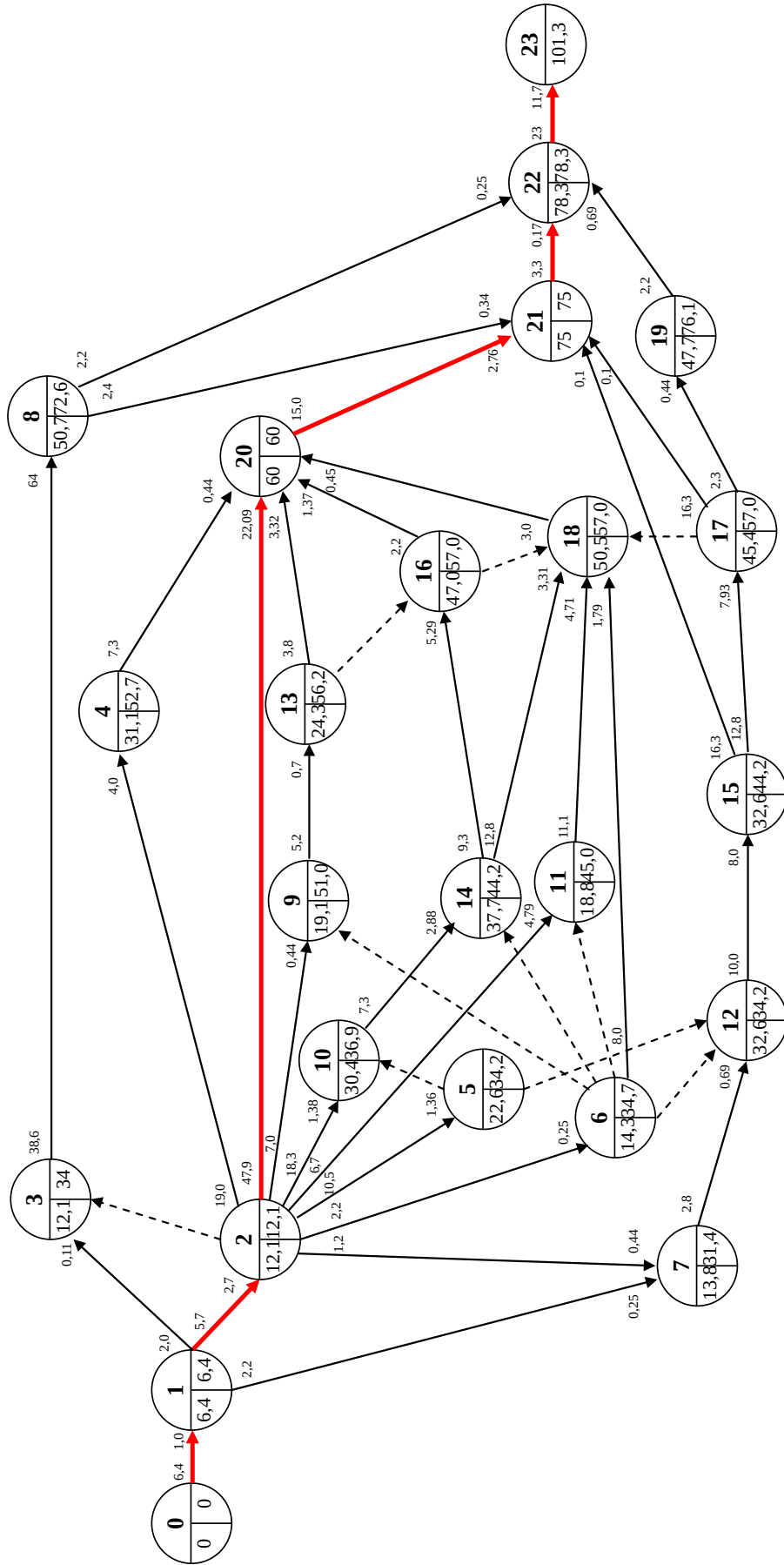


Рисунок 2.4 – Исходный сетевой график технического и коммерческого обслуживания ВС А-320

при кратковременной стоянке в АвиаТЛУ

Вычеркнув работы, выходящие из событий 16 и 17, оставим без входящих работ события Е и Д, которые, следовательно, являются событиями седьмого ранга и получают номера 18 и 19.

Аналогичным образом находим, что события Г, В, Б и А являются соответственно событиями восьмого, девятого, десятого и одиннадцатого рангов.

После построения первичной сетевой модели определяем параметры сетевого графика: ожидаемую продолжительность работ, дисперсию этой продолжительности, ранний и поздний сроки свершения всех событий, дисперсию раннего срока, полные и свободные резервы времени работ, коэффициенты напряженности и свободы. По ним находим критический путь и его продолжительность. Результаты расчетов приведены в таблице 2.5, а на рисунке 2.4 показан окончательный вид исходного сетевого графика.

Из рисунка 2.4 и таблицы 2.5 видно, что на критическом пути лежат работы по рулению к месту стоянок и постановке упорных колодок, подгону трапа и установке страховочных штырей, обслуживанию двигателей, посадке пассажиров, снятию страховочных штырей и отъезду трапа, уборке упорных колодок и буксировке ВС на предварительный старт, т. е. следующие шесть работ: (0,1); (1,2); (2,19); (19,21); (21,22) и (22,23). От продолжительности выполнения этих работ в первую очередь зависит общее время простоя ВС на техническом и коммерческом обслуживании.

Продолжительность критического пути составляет 101,3 минуты, т. е. при установленных исходных условиях общее время на производство технического и коммерческого обслуживания ВС от момента посадки ВС до момента выруливания на исполнительный старт составит не менее 101,3 минуты.

На этом составление исходного сетевого графика заканчивается и начинается процесс его анализа и оптимизации.

2.2.5. Анализ и оптимизация сетевого графика при обслуживании ВС

Наиболее продолжительной работой критического пути является обработка багажа (работа 2,20).

Естественно напрашивается вывод, что для сокращения простоя ВС необходимо в первую очередь постараться сократить продолжительность этой работы. Для этого надо применить контейнерный погрузчик типа «Commander». Допускаем, что это приемлемо.

Исходя из новой продолжительности работы (2,20), рассчитываем снова параметры сетевого графика, т. е. делаем первый шаг оптимизации исходного сетевого графика. Результаты расчетов приведены в таблице 2.5.

Из нее видно, что критическим теперь действительно стал другой и проходит через следующие события: 0, 12, 10, 14, 18, 20, 21, 22, 23.

Продолжительность критического пути в этом случае составляет уже 94,8 минуты, т. е. она уменьшилась на 6,5 минуты или на 6,4%.

В качестве второго шага оптимизации исходного сетевого графика постараемся сократить самую трудоемкую операцию нового критического пути — обслуживание ВС, бытового оборудования. Для этого добавим еще одного техника по эксплуатации данного оборудования, т. е.. доведем общее число авиатехников в перронной бригаде техобслуживания до 8 человек.

Длина пути, проходящего через работы (2,10), (10,14), (14,18) и (18,20), изменится. А именно, теперь один техник по эксплуатации ВС выполняет все наружные работы по обслуживанию ВС, а второй — внутренние.

Строим сетевой график, показанный на рисунке 2.5. Внешне изображение сетевого графика и после второго шага оптимизации не изменилось. Выделенные дополнительному авиатехнику работы по ВС не показаны на рисунке 2.5, так как их суммарная продолжительность меньше продолжительности работ по обслуживанию силовых установок, а выполняются они параллельно и так же, как последние, не зависят от выполнения других работ.

На рисунок 2.5 также отсутствует событие 10 — окончание наружных работ по осмотру ВС, так как это событие теперь совпадает с моментом окончания всех работ по техническому обслуживанию — событием 20.

Рассчитываем новые значения параметров сетевого графика, результаты расчетов сводим в таблицу 2.5. Из таблицы 2.5 и рисунок 2.5 видно, что после второго шага оптимизации критический путь снова переместился и проходит через события 1, 2, 5, 12, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 23. При этом характерно, что на критический путь попадают фиктивные работы (5,12), (17,18). Продолжительность критического пути уменьшилась еще на 2,1 минуты и составляет 87,0 минут.

Таким образом, удалось сократить общую продолжительность технического и коммерческого обслуживания на 14,3 минуты, или на 14,11% в сравнении с исходным сетевым графиком. Время стоянки ВС непосредственно на техническом и коммерческом обслуживании составляет теперь уже $64,0 - 6,4 = 57,6$ минуты (от момента постановки упорных колодок и до момента их уборки для следования ВС на исполнительный старт) при общем времени от момента посадки ВС до выруливания его на исполнительный старт 87,0 минут.

В заключение проверим вероятность того, что техническое и коммерческое обслуживание будет выполнено в заданный директивный срок, который равен, допустим, $T_d = 85$ минутам. Подставляя в формулу:

$$Z = \frac{T_d - T_p}{\sqrt{\sum \sigma^2}}, \quad (2.8)$$

где T_d - директивный срок окончания всего комплекса работ,

T_p - ранний срок свершения завершающего события сети.

Подставив в формулу (2.8) значения T_p , T_d и сумму дисперсий ожидаемой продолжительности всех работ критического пути, получим:

$$Z = \frac{85 - 87}{\sqrt{26,37}} = -0,389$$

Таблица 2.5 - Основные параметры исходного сетевого графика технического и коммерческого обслуживания ВС А-320 при кратковременной стоянке в АвиаТЛГУ

Работы (i, j)	$t_{о\kappa}(i, j)$	$\sigma^2(i, j)$	$t_p(i)$	$t_n(j)$	$t_n(i)$	$t_p(j)$	$\sigma^2(j)$	$P_n(i, j)$	$P_c(i, j)$	$K_n(i, j)$	$K_c(i, j)$
(0,1)	6,4	1,0	0	6,4	0	6,4	1,0	0	0	1,0	1,0
(1,2)	5,7	2,77	6,4	12,1	6,4	12,1	3,77	0	0	1,0	1,0
(1,3)	2,0	0,11	6,4	19,7	6,4	12,1	3,77	11,3	3,7	0,79	2,85
(1,7)	2,2	0,25	6,4	24,0	6,4	13,8	4,21	15,4	5,2	0,58	3,3
(2,4)	19,0	4,0	12,1	38,4	12,1	31,1	7,77	7,3	0	0,78	1,0
(2,5)	10,5	1,36	12,1	22,6	12,1	22,6	5,13	0	0	1,0	1,0
(2,6)	2,2	0,25	12,1	29,5	12,1	14,3	4,02	15,2	0	0,5	1,0
(2,7)	1,7	0,44	12,1	24,0	12,1	13,8	4,21	10,2	0	0,67	1,0
(2,9)	7,0	0,44	12,1	36,7	12,1	19,1	4,21	17,6	0	0,48	1,0
(2,11)	6,7	1,79	12,1	31,6	12,1	18,8	5,56	12,8	0	0,58	1,0
(2,20)	25,2	6,25	12,1	45,7	12,1	45,7	11,77	8,4	8,4	0,75	1,33
(3,8)	38,6	64,0	12,1	58,3	19,7	50,7	67,77	7,6	-7,6	0,84	0,8
(4,20)	7,3	0,44	31,1	45,7	38,4	45,7	11,77	7,3	0	0,78	1,0
(5,14)	7,3	2,88	22,6	29,9	22,6	29,9	8,01	0	0	1,0	1,0
(6,18)	8,0	1,79	14,3	42,7	29,5	42,7	11,32	20,4	5,2	0,33	1,65
(7,12)	5,5	4,85	13,8	29,5	24,0	22,6	5,13	10,2	6,9	0,67	2,25
(8,21)	2,4	0,34	50,7	60,7	58,3	60,7	14,53	7,6	0	0,84	1,0
(8,22)	2,2	0,25	50,7	64,0	58,3	64,0	14,70	11,1	3,5	0,79	2,6
(9,13)	5,2	0,7	19,1	41,9	36,7	24,3	4,91	17,6	-17,6	0,48	-2,4
(11,18)	11,1	4,71	18,8	42,7	31,6	42,7	11,32	12,8	0	0,58	1,0
(12,15)	13,2	10,2	22,6	42,7	29,5	35,8	15,33	6,9	-6,9	0,66	0,48
(13,20)	3,8	3,32	24,3	45,7	41,9	45,7	11,77	17,6	0	0,48	1,0
(14,16)	9,3	5,29	29,9	42,7	29,9	39,2	13,30	3,5	0	0,73	1,0
(14,18)	12,8	3,31	29,9	42,7	29,9	42,7	11,32	0	0	1,0	1,0
(15,19)	2,3	0,44	35,8	61,8	42,7	38,1	15,77	23,7	-6,9	0,43	-2,0
(15,21)	18,0	0,45	35,8	60,7	42,7	60,7	14,53	6,9	0	0,82	1,0
(16,20)	2,2	1,37	39,2	45,7	42,7	45,7	11,77	4,3	0,8	0,73	1,36
(18,20)	3,0	0,45	42,7	45,7	42,7	45,7	11,77	0	0	1,0	1,0
(19,22)	2,2	0,69	38,1	64,0	61,8	64,0	14,70	23,7	0	0,43	1,0
(20,21)	15,0	2,76	45,7	60,7	45,7	60,7	14,53	0	0	1,0	1,0
(21,22)	3,3	0,17	60,7	64,0	60,7	64,0	14,70	0	0	1,0	1,0
(22,23)	23,0	11,67	64,0	87,0	64,0	87,0	26,37	0	0	1,0	1,0

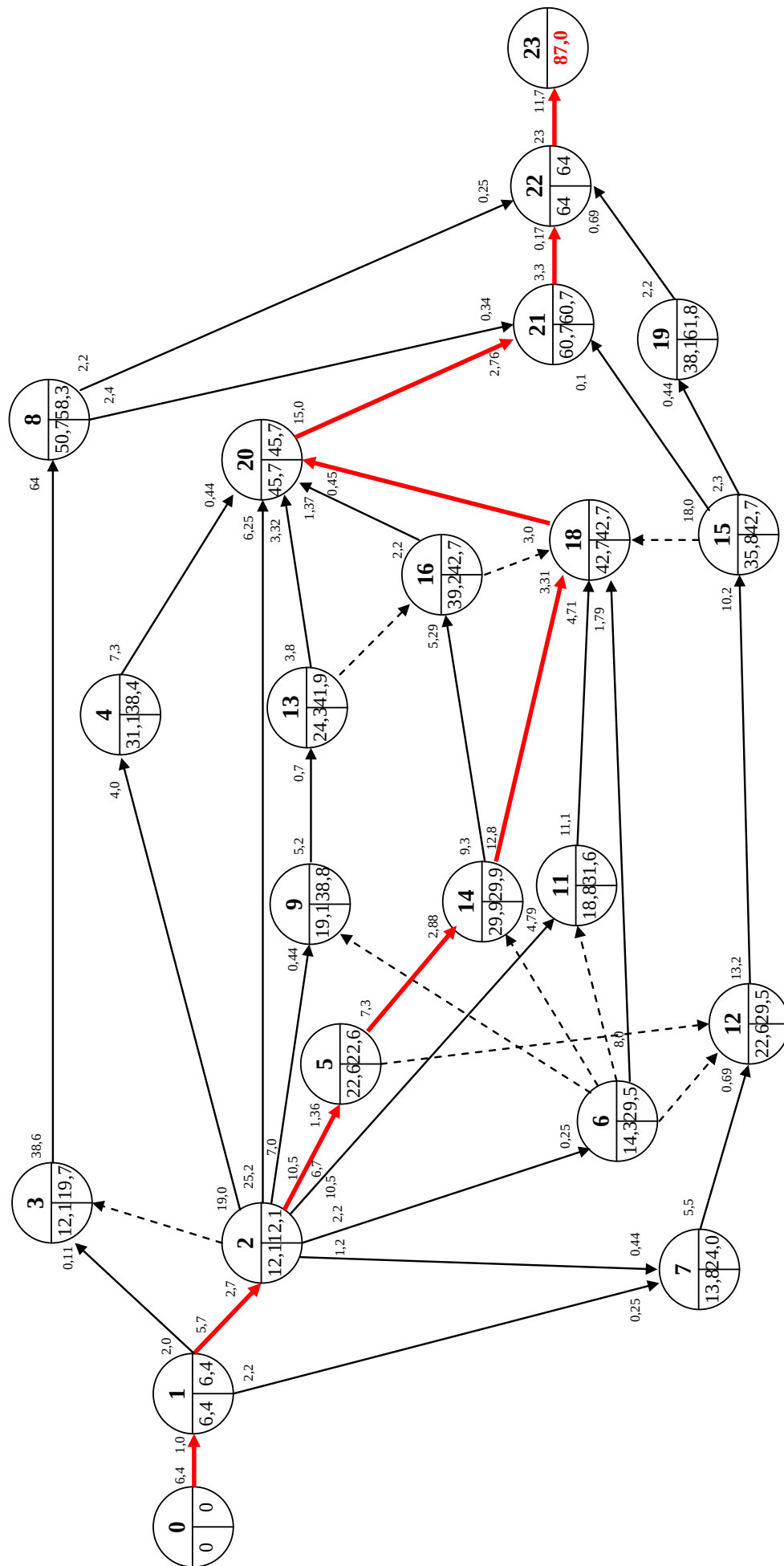


Рисунок 2.5 – Сетевой график технического и коммерческого обслуживания ВС А-320 при кратковременной стоянке в АвиаТЛЮ после второго шага оптимизации

В результате определяем, что при $Z=-0,39$, вероятность выполнения комплекса работ в заданный директивный срок $B=35$, т. е. вероятность своевременного завершения всего комплекса работ равна 35%. Данная вероятность, считается удовлетворительной для выполнения работ в заданный срок.

На этом можно было бы и закончить оптимизацию исходного сетевого графика, но следует проверить еще одну потенциальную возможность уменьшения критического пути. Речь идет о сокращении времени выхода и посадки пассажиров, занимающих $10,5+15,0 = 25,5$ минуты. Это можно сделать постановкой дополнительного трапа для возможности одновременного выхода и посадки пассажиров в обе двери кабины ВС, что сократит продолжительность работ (2,5) и (20,21) соответственно до 5-6 и 8-10 минут. Настолько же (максимум) сократится и критический путь, если при этом не появится новый. Однако тут временные факторы вступают в противоречие с экономическими, так как незначительное сокращение времени стоянки ВС потребует дополнительных средств на приобретение нового трапа и расходов по его эксплуатации (амортизационные отчисления, затраты на текущий ремонт, заработную плату, топливо и смазочные материалы, износ автопокрышек). Возникает необходимость проверить экономическую целесообразность сокращения продолжительности критического пути за счет использования второго трапа.

Строго говоря, такая же потребность возникала и при сокращении критического пути за счет увеличения количества авиатехников в службе ИАС в АвиаТЛУ. Для экономической оценки эффективности внедрения дополнительных производственных мощностей желательно рассмотреть методику оценки экономической целесообразности сокращения критического пути при закупке новой техники и увеличении численности персонала в связи с необходимостью роста производственных мощностей

при сохраняющейся тенденции увеличения грузо- и пассажиропотока в АвиаТЛУ.

Для увеличения вероятности своевременного завершения всего комплекса работ (B) в диссертационной работе предлагается рассматривать статическую сетевую модель планирования ресурсов в динамическом виде с учетом изменения параметров во времени всех ресурсов, обеспечивающих выполнение данных работ, на примере динамической сетевой модели работ системы «Коммерческой готовности ВС к рейсу (груз)» в АвиаТЛУ. Увеличение вероятности своевременного завершения всего комплекса работ (B) предполагается за счёт повышения чувствительности математической модели времени к изменениям свойств элементов на уровне выполнения работ, которые зависят от неопределенности влияния различных факторов в АвиаТЛУ.

2.3. Динамическая сетевая модель производственных процессов в авиационном транспортно-логистическом узле

Переведём статическую сетевую модель планирования технологическими процессами в АвиаТЛУ в динамическую модель управления, представив временные интервалы, через которые связаны работы, в виде матриц. Другими словами, используя матричный подход, декомпозируем по вертикали временной интервал работы системы, этапа или операции на 9 основных элементов. В динамической сетевой модели, данные элементы и их свойства (параметры) будут определять время работы системы, подсистемы или модуля (рисунок 2.6).

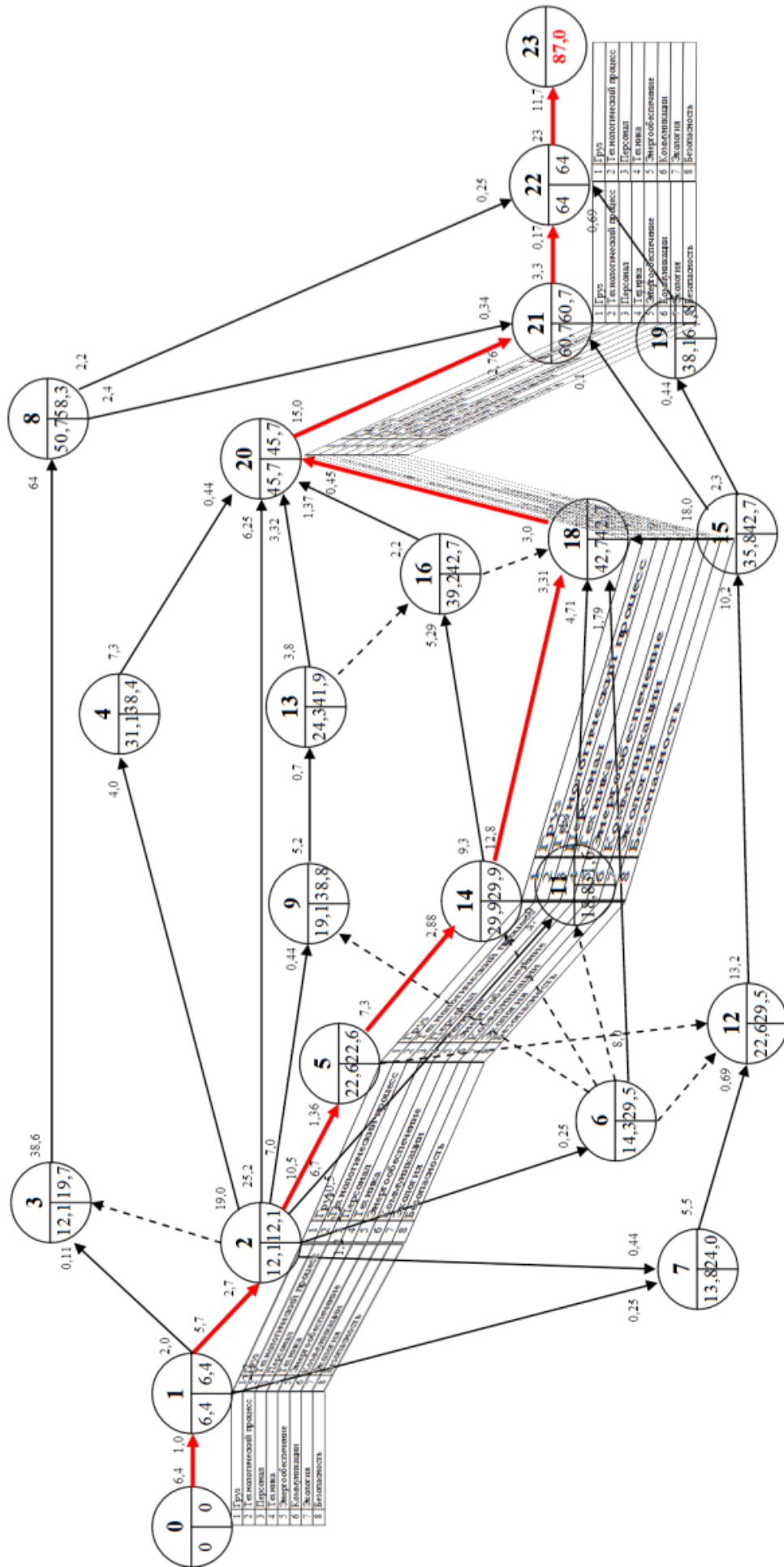


Рисунок 2.6 – Динамическая сетевая модель работы системы «Коммерческой готовности ВС к рейсу (груз)» в АвиаТЛУ

Исходя из цели диссертационной работы минимизировать неопределенность представим сетевую динамическую модель управления технологическими процессами в АвиаТЛУ в виде трехмерных матриц.

Для наглядности систем ресурсообеспечения и их подготовки к работе в технологическом графике (динамической сетевой модели), выберем например, критический путь (рисунок 2.7).



0	1	2	5	14	18	20	21	22	23
1. Тех. пр.	1. Тех. пр.	1. Тех. процесс	1. Тех. пр.	1. Технолог-ий процесс	1. Тех. пр.	1. Тех. пр	1. Тех. пр.	1. Тех. пр.	
2. Груз	2. Груз	2. Груз	2. Груз	2. Груз	2. Груз	2. Груз	2. Груз	2. Груз	
3. Перс.	3. Персонал	3. Персонал	3. Персонал	3. Персонал	3. Перс.	3. Перс.	3. Персонал	3. Персонал	
4. Техника	4. Техника	4. Техника	4. Техника	4. Техника	4. Техника	4. Техн.	4. Техника	4. Техника	
5. Энерг.	5. Энерг.	5. Энерг.	5. Энерг.	5. Энергообеспечение	5. Энерг.	5. Энерг.	5. Энерг.	5. Энерг.	
6. Комм.	6. Комм.	6. Комм.	6. Комм.	6. Коммуникации	6. Комм.	6. Комм.	6. Комм.	6. Комм.	
7. Экология	7. Экология	7. Экология	7. Экология	7. Экология	7. Эколог.	7. Экол.	7. Экология	7. Экология	
8. Безоп.	8. Безоп.	8. Безоп.	8. Безоп.	8. Безопасность	8. Безоп.	8. Безоп.	8. Безоп.	8. Безоп.	
9. Док.	9. Док.	9. Документы	9. Документы	9. Документы	9. Док.	9. Док.	9. Док.	9. Док.	

Рисунок 2.7 – Трехмерная динамическая сетевая модель работы ТУ в ТЛК СП

Математическая модель временных интервалов времени работы, описывающая сетевую динамическую модель управления технологическими процессами в АвиаТЛУ, как комплекса, будет иметь вид:

$$K = \sum T_{S_{inj}} \left(i = \overline{1, I}; n = \overline{1, N}; j = \overline{1, J} \right), \quad (2.9)$$

где $i = \overline{1, I}$ - количество элементов в системе, подсистеме или модуле;

$n = \overline{1, N}$ - количество систем, подсистем или модулей;

$j = \overline{1, J}$ - количество систем обеспечивающих готовность работ элементов в n -ой системе, подсистеме или модуле.

Математическая модель временных интервалов времени работы систем в комплексе, будет иметь вид:

$$T_{S_{inj}} = \sum T_{PS_{inj}} \left(i = \overline{1, I}; n = \overline{1, N}; j = \overline{1, J} \right), \quad (2.10)$$

Математическая модель временных интервалов времени работы подсистем в системе, будет иметь вид:

$$T_{PS_{inj}} = \sum T_{M_{inj}} \left(i = \overline{1, I}; n = \overline{1, N}; j = \overline{1, J} \right), \quad (2.11)$$

Математическая модель временных интервалов времени работы модуля в подсистеме, будет иметь вид:

$$T_{Minj} = t_{\text{модуля}}(i = \overline{1, I}; n = \overline{1, N}; j = \overline{1, J}), \quad (2.12)$$

Следовательно, модель временных интервалов времени работы должна отражать свойства всех 9 элементов через коэффициенты. Представим математическую модель времени модуля (операции), в виде:

$$t_{\text{модуля}} = \frac{Q_{\text{ПТ}}}{P_{\text{модуля}} \cdot k_{\text{модуля}}}, \quad (2.13)$$

где $Q_{\text{ПТ}}$ – количество (объём) предмета труда, над которым трудятся ресурсы (ресурсные элементы) при выполнении работы;

$P_{\text{модуля}}$ – нормативная производительность модуля (операции) при $k_{\text{модуля}} \rightarrow 1$;

$k_{\text{модуля}}$ – коэффициент модуля (операции), который зависит от состояния готовности предмета труда ($k_{\text{ПТ}}$) и ресурсных элементов ($k_{\text{перс}}, k_{\text{техн}}, k_{\text{комм}}, k_{\text{эн}}$) к началу выполнения работы в условиях ограничений по времени (k_t), экологии ($k_{\text{эк}}$), безопасности ($k_{\text{безоп}}$) и регламентирующих документов ($k_{\text{док}}$).

Такая математическая постановка даёт возможность увидеть системы ресурсообеспечения и их подготовки к работе в едином процессе, и позволяет довести коэффициенты элементов до нормативных значений, отражающих как количественные, так и качественные свойства (параметры), исследуя матрицы взаимодействия свойств (параметров) элементов модулей.

Для построения матриц взаимодействия свойств (параметров) элементов модулей необходимо произвести декомпозицию АвиаТЛУ, комплекса «Аэропорт-Авиакомпания-УВД», на системы, подсистемы и модули.

Предлагаемый метод комплексного исследования систем, в отличие от вероятностных моделей, позволяет определить причинно-следственную связь изменения временных интервалов от готовности элементов приступить к работе, что позволяет минимизировать неопределенность появления факторов.

2.3.1. Декомпозиция комплекса «Аэропорт-Авиакомпания-УВД»

Рассмотрим комплекс взаимодействия систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД» в соответствии с принципами системности, комплексности, трехмерности в виде трехмерной матрицы размера $I \times N \times J$ (рисунок 2.8):

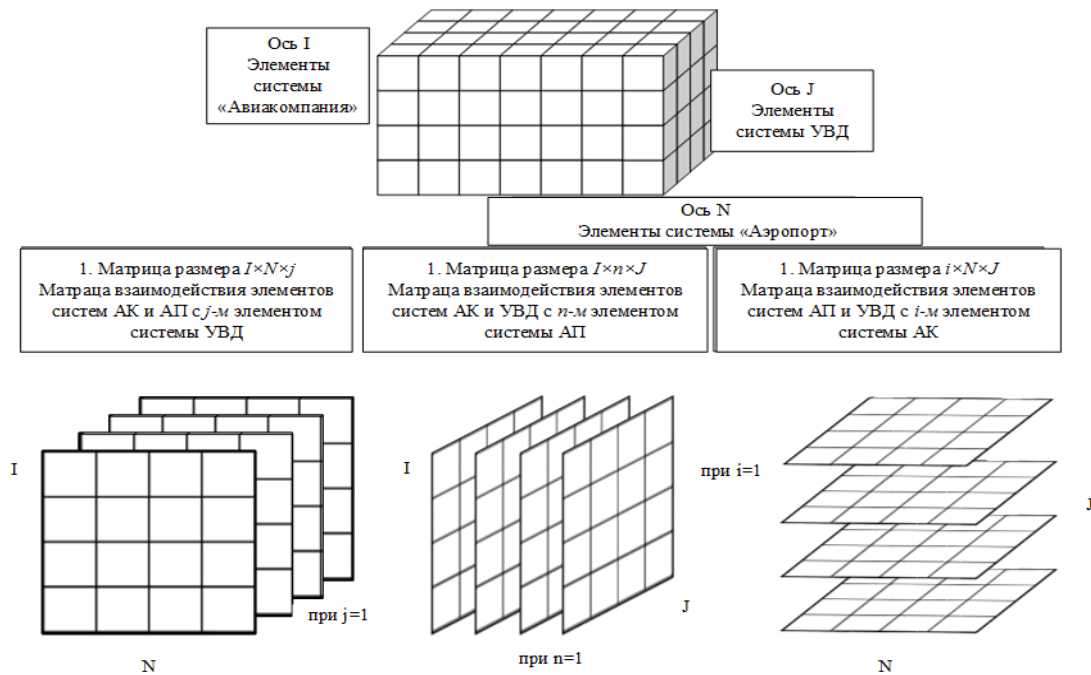


Рисунок 2.8 – Многомерная структура комплекса взаимодействия систем «Авиакомпания-Аэропорт-УВД»

Ось I - Элементы системы «Авиакомпания».

Ось N - Элементы системы «Аэропорт».

Ось J - Элементы системы «УВД».

Параметры (свойства) элементов систем «Аэропорт» и УВД, взаимодействующие при приеме, обслуживании и выпуск ВС должны соответствовать параметрам (свойствам) ВС.

1. Матрица размера $I \times N \times j$ при $i = \overline{1, I}$; $n = \overline{1, N}$; $j = 1$.

Матрица взаимодействия элементов систем АК и АП с j -м элементом системы УВД

Таблица 2.6 – Матрица оценки соответствия свойств элементов АК и АП при их взаимодействии с j -м элементом системы УВД

Элементы взаимодействия аэропорта и авиакомпании			Аэропорт (ось N)								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
			$F_{ITT}^{АП}$	$F_{Дв}^{АП}$	$F_{П}^{АП}$	$F_{Техн}^{АП}$	$F_{Комм}^{АП}$	$F_{Эн}^{АП}$	$F_{Эк}^{АП}$	$F_{Безоп}^{АП}$	$F_{Док}^{АП}$
Авиакомпания (ось I)	1 Объект взаимодействия	$F_{ITT}^{АК}$	F_{11}^1	F_{12}^1	F_{13}^1	F_{14}^1	F_{15}^1	F_{16}^1	F_{17}^1	F_{18}^1	F_{19}^1
	2 Технологии взаимодействия	$F_{Дв}^{АК}$	F_{21}^1	F_{22}^1	F_{23}^1	F_{24}^1	F_{25}^1	F_{26}^1	F_{27}^1	F_{28}^1	F_{29}^1
	3 Персонал при взаимодействии	$F_{Перс}^{АК}$	F_{31}^1	F_{32}^1	F_{33}^1	F_{34}^1	F_{35}^1	F_{36}^1	F_{37}^1	F_{38}^1	F_{39}^1
	4 Техника взаимодействия	$F_{Техн}^{АК}$	F_{41}^1	F_{42}^1	F_{43}^1	F_{44}^1	F_{45}^1	F_{46}^1	F_{47}^1	F_{48}^1	F_{49}^1
	5 Коммуникации взаимодействия	$F_{Комм}^{АК}$	F_{51}^1	F_{52}^1	F_{53}^1	F_{54}^1	F_{55}^1	F_{56}^1	F_{57}^1	F_{58}^1	F_{59}^1
	6 Энергообеспечение при взаимодействии	$F_{Эн}^{АК}$	F_{61}^1	F_{62}^1	F_{63}^1	F_{64}^1	F_{65}^1	F_{66}^1	F_{67}^1	F_{68}^1	F_{69}^1
	7 Экология	$F_{Эк}^{АК}$	F_{71}^1	F_{72}^1	F_{73}^1	F_{74}^1	F_{75}^1	F_{76}^1	F_{77}^1	F_{78}^1	F_{79}^1
	8 Безопасность	$F_{Безоп}^{АК}$	F_{81}^1	F_{82}^1	F_{83}^1	F_{84}^1	F_{85}^1	F_{86}^1	F_{87}^1	F_{88}^1	F_{89}^1
	9 Документы	$F_{Док}^{АК}$	F_{91}^1	F_{92}^1	F_{93}^1	F_{94}^1	F_{95}^1	F_{96}^1	F_{97}^1	F_{98}^1	F_{99}^1

Рассмотрим для примера оценку свойств элементов взаимодействующих систем по диагонали матрицы:

F_{11}^1 - оценка соответствия свойств ВС АК и аэродрома АП при их взаимодействии с j -м элементом системы УВД.

F_{22}^1 - оценка соответствия свойств технологий обслуживания ВС при их взаимодействии с j -м элементом системы УВД.

F_{33}^1 - оценка соответствия свойств персонала АК и персонала АП при их взаимодействии с j -м элементом системы УВД.

F_{44}^1 - оценка соответствия свойств взаимодействие ВС АК и техники АП при их взаимодействии с j -м элементом системы УВД.

F_{55}^1 - оценка соответствия свойств взаимодействие коммуникации АК и аэродрома АП при их взаимодействии с j -м элементом системы УВД.

F_{66}^1 - оценка соответствия свойств взаимодействие энергообеспечения АК и энергообеспечения АП при их взаимодействии с j -м элементом системы УВД.

F_{77}^1 - оценка соответствия свойств взаимодействие безопасности АК и обеспечение безопасности при их взаимодействии с j -м элементом системы УВД.

F_{88}^1 - оценка соответствия свойств взаимодействие экологической безопасности АК и обеспечения экологической безопасности АП при их взаимодействии с j -м элементом системы УВД.

F_{99}^1 - оценка соответствия регламентирующих документов АП и АК со свойствами взаимодействия j -го элемента системы УВД.

2. Матрица размера $I \times J \times n$ при $i = \overline{1, I}$; $n = 1$; $j = \overline{1, J}$.

Матрица взаимодействия систем АК и УВД на n -ом этапе работы АП
Таблица 2.7 – Матрица оценка соответствия свойств элементов АК и УВД при их взаимодействии во время движения ВС по аэродрому

Элементы взаимодействия авиакompании и УВД			УВД (ось J)								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
			$F_{ПТ}^{УВД}$	$F_{Дв}^{УВД}$	$F_{Перс}^{УВД}$	$F_{Техн}^{УВД}$	$F_{Комм}^{УВД}$	$F_{Эн}^{УВД}$	$F_{Эк}^{УВД}$	$F_{Безоп}^{УВД}$	$F_{Док}^{УВД}$
Авиакompания (ось I)	1 Объект взаимодействия	$F_{ПТ}^{АК}$	F_{11}^2	F_{12}^2	F_{13}^2	F_{14}^2	F_{15}^2	F_{16}^2	F_{17}^2	F_{18}^2	F_{19}^2
	2 Технологии взаимодействия	$F_{Дв}^{АК}$	F_{21}^2	F_{22}^2	F_{23}^2	F_{24}^2	F_{25}^2	F_{26}^2	F_{27}^2	F_{28}^2	F_{29}^2
	3 Персонал при взаимодействии	$F_{Перс}^{АК}$	F_{31}^2	F_{32}^2	F_{33}^2	F_{34}^2	F_{35}^2	F_{36}^2	F_{37}^2	F_{38}^2	F_{39}^2
	4 Техника при взаимодействии	$F_{Техн}^{АК}$	F_{41}^2	F_{42}^2	F_{43}^2	F_{44}^2	F_{45}^2	F_{46}^2	F_{47}^2	F_{48}^2	F_{49}^2
	5 Коммуникации взаимодействия	$F_{Комм}^{АК}$	F_{51}^2	F_{52}^2	F_{53}^2	F_{54}^2	F_{55}^2	F_{56}^2	F_{57}^2	F_{58}^2	F_{59}^2
	6 Энергообеспечение при взаимодействии	$F_{Эн}^{АК}$	F_{61}^2	F_{62}^2	F_{63}^2	F_{64}^2	F_{65}^2	F_{66}^2	F_{67}^2	F_{68}^2	F_{69}^2
	7 Экология	$F_{Эк}^{АК}$	F_{71}^2	F_{72}^2	F_{73}^2	F_{74}^2	F_{75}^2	F_{76}^2	F_{77}^2	F_{78}^2	F_{79}^2
	8 Безопасность	$F_{Безоп}^{АК}$	F_{81}^2	F_{82}^2	F_{83}^2	F_{84}^2	F_{85}^2	F_{86}^2	F_{87}^2	F_{88}^2	F_{89}^2
	9 Документы	$F_{Док}^{АК}$	F_{91}^2	F_{92}^2	F_{93}^2	F_{94}^2	F_{95}^2	F_{96}^2	F_{97}^2	F_{98}^2	F_{99}^2

Рассмотрим для примера оценку свойств элементов взаимодействующих систем по диагонали матрицы:

F_{11}^2 - оценка соответствия свойств элементов АК (ВС) и системы УВД при их взаимодействии с n -ым элементом аэродрома АП.

F_{22}^2 - оценка соответствия свойств технологий АК и системы УВД при их взаимодействии с n -ым элементом аэродрома АП.

F_{33}^2 - оценка соответствия свойств персонала АК (экипажа ВС) и системы УВД (диспетчеров системы) при их взаимодействии с n -ым элементом аэродрома АП.

F_{44}^2 - оценка соответствия свойств радиотехнических систем ВС АК и системы УВД при их взаимодействии с n -ым элементом аэродрома АП.

F_{55}^2 - оценка соответствия свойств коммуникации ВС АК и системы УВД при их взаимодействии с n -ым элементом аэродрома АП.

F_{66}^2 - оценка соответствия свойств энергообеспечения ВС АК и системы УВД при их взаимодействии с n -ым элементом аэродрома АП.

F_{77}^2 - оценка соответствия свойств элементов экологической безопасности АК и системы УВД при их взаимодействии с n -ым элементом аэродрома АП.

F_{88}^2 - оценка соответствия свойств элементов безопасности ВС АК и диспетчерских пунктов системы УВД при их взаимодействии с n -ым элементом аэродрома АП.

F_{99}^2 - оценка соответствия регламентирующих документов АК и УВД со свойствами взаимодействия n -го элемента аэродрома АП.

3. Матрица размера $N \times J \times i$ при $i = 1$; $n = \overline{1, N}$; $j = \overline{1, J}$.

Матрица взаимодействия систем АП и УВД на i -ом этапе работы АК

Таблица 2.8 – Матрица оценка соответствия свойств УВД и АП при их взаимодействии во время движения ВС по аэродрому

Элементы взаимодействия аэропорта и УВД			Аэропорт (ось N)								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
			$F_{ПТ}^{АП}$	$F_{Дб}^{АП}$	$F_{П}^{АП}$	$F_{Техн}^{АП}$	$F_{Комм}^{АП}$	$F_{Эн}^{АП}$	$F_{Эк}^{АП}$	$F_{Безоп}^{АП}$	$F_{Док}^{АП}$
УВД (ось J)	1 Объект взаимодействия	$F_{ПТ}^{УВД}$	F_{11}^3	F_{12}^3	F_{13}^3	F_{14}^3	F_{15}^3	F_{16}^3	F_{17}^3	F_{18}^3	F_{19}^3
	2 Технологии взаимодействия	$F_{Дб}^{УВД}$	F_{21}^3	F_{22}^3	F_{23}^3	F_{24}^3	F_{25}^3	F_{26}^3	F_{27}^3	F_{28}^3	F_{29}^2
	3 Персонал при взаимодействии	$F_{Перс}^{УВД}$	F_{31}^3	F_{32}^3	F_{33}^3	F_{34}^3	F_{35}^3	F_{36}^3	F_{37}^3	F_{38}^3	F_{39}^2
	4 Техника при взаимодействии	$F_{Техн}^{УВД}$	F_{41}^3	F_{42}^3	F_{43}^3	F_{44}^3	F_{45}^3	F_{46}^3	F_{47}^3	F_{48}^3	F_{49}^2
	5 Коммуникации взаимодействия	$F_{Комм}^{УВД}$	F_{51}^3	F_{52}^3	F_{53}^3	F_{54}^3	F_{55}^3	F_{56}^3	F_{57}^3	F_{58}^3	F_{59}^2
	6 Энергообеспечение при взаимодействии	$F_{Эн}^{УВД}$	F_{61}^3	F_{62}^3	F_{63}^3	F_{64}^3	F_{65}^3	F_{66}^3	F_{67}^2	F_{68}^2	F_{69}^2
	7 Экология	$F_{Эк}^{УВД}$	F_{71}^3	F_{74}^3	F_{73}^3	F_{74}^3	F_{75}^3	F_{76}^3	F_{77}^2	F_{78}^2	F_{79}^2
	8 Безопасность	$F_{Безоп}^{УВД}$	F_{81}^3	F_{82}^3	F_{83}^3	F_{84}^3	F_{85}^3	F_{86}^3	F_{87}^2	F_{88}^2	F_{89}^2
	9 Документы	$F_{Док}^{УВД}$	F_{91}^2	F_{92}^2	F_{93}^2	F_{94}^2	F_{95}^2	F_{96}^2	F_{97}^2	F_{98}^2	F_{99}^2

Рассмотрим для примера оценку свойств элементов взаимодействующих систем по диагонали матрицы:

F_{11}^3 - оценка соответствия свойств элементов системы УВД и аэродрома АП при их взаимодействии с i -ым элементом АК.

F_{22}^3 - оценка соответствия свойств технологий обслуживания системы УВД и аэродрома АП при их взаимодействии с i -ым элементом АК.

F_{33}^3 - оценка соответствия свойств персонала системы УВД и аэродрома АП при их взаимодействии с i -ым элементом АК.

F_{44}^3 - оценка соответствия свойств техники системы УВД и аэродрома АП при их взаимодействии с i -ым элементом АК.

F_{55}^3 - оценка соответствия свойств энергообеспечения системы УВД и аэродрома АП при их взаимодействии с i -ым элементом АК.

F_{66}^3 - оценка соответствия свойств энергообеспечения системы УВД и аэродрома АП при их взаимодействии с i -ым элементом АК.

F_{77}^3 - оценка соответствия свойств безопасности системы УВД и аэродрома АП при их взаимодействии с *i-ым* элементом АК.

F_{88}^3 - оценка соответствия свойств экологической безопасности системы УВД и аэродрома АП при их взаимодействии с *i-ым* элементом АК.

F_{99}^3 - оценка соответствия регламентирующих документов АП и УВД со свойствами взаимодействия *i-го* элемента АК.

Подобным образом необходимо рассматривать Фазу «Прилет-А»: Движение ВС при приеме (посадке и рулении); Фазу «Прилет-Б»: Обслуживание прилетающего груза; Фазу «Вылет-В»: Обслуживание вылетающего ВС (груз); Фазу «Вылет-Г»: Движение ВС по аэродрому при вылете.

В результате рассмотрения декомпозиции структуры ТЛК СП до уровня АвиаТЛУ, как комплекса взаимодействия систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД», сформулированы основные характеристики и матричные модели каждой системы. Структура матричной модели состоит из этапов и элементов, обеспечивающих основных функций каждой из систем. Использование принципов трёхмерности позволяет рассмотреть трёхмерную матрицу взаимодействия свойств элементов систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД». Рассмотрен методологический подход формирования взаимодействующих систем с использованием трёхмерных матричных моделей.

2.3.2. Общая характеристика и матричная модель системы «Коммерческой готовности ВС к рейсу (груз)»

Рассмотрим методологию формирования системы «Коммерческой готовности рейса» с использованием принципов системности, комплексности, декомпозиции, трехмерности рассмотрения систем, подсистем, модулей и их элементов при их взаимодействии.

Декомпозиция системы «Коммерческой готовности ВС к рейсу (груз)»,

включает в себя следующие варианты структуризации:

- Структуру системы «Коммерческой готовности ВС к рейсу (груз)», которая включает все технологические этапы обслуживания груза от поступления груза на склад до погрузки груза на борт ВС (рисунок 2.9).
- Структуру подсистемы n -го этапа технологического процесса обслуживания груза в системе «Коммерческой готовности ВС к рейсу (груз)», которая состоит из взаимосвязанных и взаимодействующих элементов при выполнении j -ых операций в подсистеме.
- Структуру модуля k -ой операции n -го этапа, который состоит из взаимосвязанных и взаимодействующих элементов и может быть рассмотрен в качестве структурной единицы.

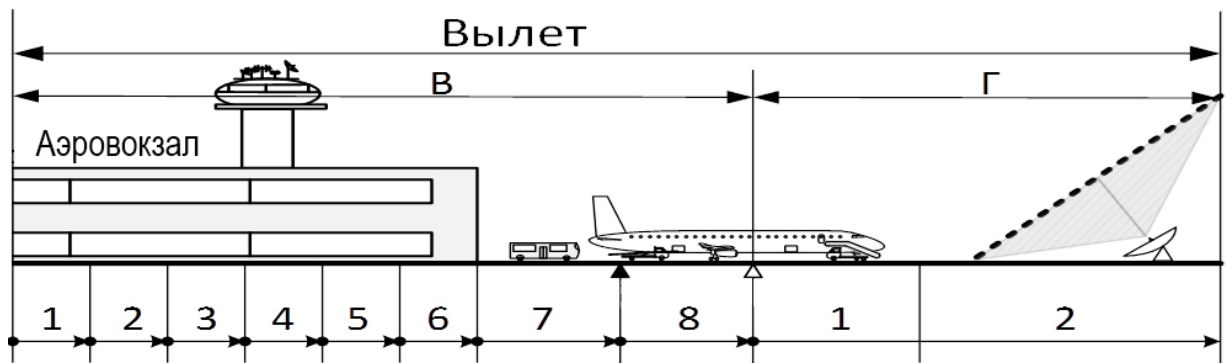


Рисунок 2.9 – Схема работы системы «Коммерческой готовности рейса» при вылете воздушного судна

Фаза «Вылет-В»: Обслуживание вылетающего ВС (груз).

В1 – Доставка вылетающего груза на грузовой терминал.

В2 – Досмотр авиационной безопасности (АБ) при сдаче на склад.

В3 – Консолидация и формирование груза по партиям на конкретный рейс.

В4 – Таможенный контроль (при необходимости).

В5 – Предполетный досмотр груза со стороны АБ.

В6 – Контроль консолидированного груза для загрузки в ВС и загрузка в транспортное средство (ТС), доставляющего к МС ВС.

В7 – Доставка груза к МС ВС.

В8 – Загрузка груза в ВС.

Результат работы на каждом этапе и операциях рассматриваемой системы обеспечивают следующие взаимосвязанные и взаимодействующие элементы:

Элемент 1. Технологический процесс. Процесс обслуживания груза на всех этапах в соответствии с графиком обслуживания рейса.

Цель: подготовить груз к транспортировке в соответствии нормативным временем.

Элемент 2. Груз в системе коммерческой готовности ВС к рейсу. Элемент характеризует свойства и состояние груза на каждом этапе и операции.

Цель: подготовить груз к транспортировке в пункт назначения.

Элемент 3. Персонал, обслуживающий груза на всех этапах. Элемент определяет на всех этапах и операциях характеристику свойств и состояние готовности персонала выполнять свои профессиональные функции.

Цель: обеспечить бесперебойную работу персонала на всех этапах.

Элемент 4. Техника (средства труда). Элемент определяет на всех этапах и операциях обеспечение требуемого типа, вида техники, оборудования, средств механизации и доведение их свойств до нормативных значений при выполнении операции на соответствующем этапе.

Цель: обеспечить бесперебойную работу техники, оборудования, средств механизации и других средств труда на всех этапах обслуживания груза.

Элемент 5. Коммуникации (рабочие места). Элемент определяет на всех этапах и операциях обеспечение требуемого свойства коммуникаций, рабочих мест персонала, рабочих зон для техники и т.д.

Цель: обеспечить передвижение груза по коммуникациям на всех этапах.

Вид коммуникации зависит от функции n -го технологического этапа и его операций, обеспечивающих работу техники (средств труда), персонала, системы энергообеспечения (маршрутов движения груза, рабочего места персонала, техники и т.д.)

Элемент 6. Энергообеспечение. Элемент определяет на всех этапах и операциях обеспечение требуемого количества топлива, электроэнергии, тепла и т.д. для выполнения работы.

Цель: обеспечить бесперебойную работу на этапах при освещении рабочих мест персонала, коммуникаций аэровокзала, перрона, ВПП и прочее.

Элемент 7. Экология. Элемент определяет и обеспечивает выполнение нормативных требований по экологической безопасности к грузу, технологическому процессу и средствам труда на всех этапах.

Цель: обеспечить выполнение нормативных требований по экологической безопасности к грузу, технологическому процессу и средствам труда на всех этапах.

Элемент 8. Безопасность. Элемент определяет и обеспечивает выполнение нормативных требований по безопасности ко всем элементам всех этапов и их операций.

Цель: обеспечить выполнение нормативных требований по транспортной (авиационной) безопасности к грузу, технологическому процессу и средствам труда на всех этапах.

Элемент 9. Документы. Элемент определяет основные нормативные требования, предъявляемые к грузу и всем элементам на всех этапах и их операциях.

Цель: обеспечить выполнение нормативных требований регламентирующих документов по обработке грузов на всех этапах технологии.

Определяющим показателем работы АвиаТЛУ, как комплекса взаимодействующих систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД» является обеспечение конкурентоспособности авиационных услуг на рынке перевозок, а также высокого уровня регулярности полетов.

Рассмотрим матричную модель системы «Коммерческой готовности ВС к рейсу (грузу)» по этапам с учётом взаимодействующих элементов по логистическому маршруту «от дверей аэровокзала до дверей ВС» (таблица 2.9).

Таблица 2.9 – Этапы системы подготовки груза к рейсу

Элементы системы		Этапы системы «Коммерческой готовности рейса»							
		Грузовой терминал в АвиаТ.ТУ							
		1. Доставка вылетающего груза на грузовой терминал 	2. Досмотр авиационной безопасности при сдаче на склад 	3. Консолидация и формирование груза по партиям на конкретный рейс 	4. Таможенный контроль (при необходимости) 	5. Предоплатный досмотр груза со стороны АБ 	6. Контроль консолидированного груза и загрузка в контейнеры 	7. Доставка груза к месту стоянки ВС 	8. Загрузка груза в ВС 
Время выполнения работ в системе									
1	Технологический процесс	1.1.	2.1.	3.1.	4.1.	5.1.	6.1.	7.1.	8.1.
Предмет труда системы									
2	Груз	1.2.	2.2.	3.2.	4.2.	5.2.	6.2.	7.2.	8.2.
Средства труда системы									
3	Персонал	1.3.	2.3.	3.3.	4.3.	5.3	6.3.	7.3.	8.3.
4	Техника	1.4.	2.4.	3.4.	4.4.	5.4	6.4.	7.4.	8.4.
5	Коммуникации	1.5.	2.5.	3.5	4.5.	5.5	6.5.	7.5.	8.5.
6	Энергообеспечение	1.6.	2.6.	3.6	4.6.	5.6	6.6.	7.6.	8.6.
Ограничения свойств элементов системы по нормам экологии, безопасности, а так же регламентирующим документам									
7	Экология	1.7.	2.7.	3.7.	4.7.	5.7	6.7.	7.7.	8.7.
8	Безопасность	1.8.	2.8.	3.8.	4.8.	5.8	6.8.	7.8.	8.8.
9	Документы	1.9.	2.9.	3.9.	4.9.	5.9	6.9.	7.9.	8.9.

На основе результатов рассмотрения требований к системе «Коммерческой готовности ВС к рейсу (груз)» декомпозируем систему на этапы и операции (таблица 2.9):

Этапы и операции подготовки груза к рейсу:

1. Доставка вылетающего груза на грузовой терминал

1.1. Доставка на пандус грузового склада, предоставление документов на груз (грузовая накладная - Air Way Bill (AWB), таможенные документы (декларация), сертификаты и т.д.) получение разрешения на сдачу груза на склад.

1.2. Взвешивание и измерение объема

1.3. Внесение данных о грузе в AWB

2. Досмотр авиационной безопасности (АБ) при сдаче на склад:

2.1. Получение информации о процедуре прохождения пункта досмотра

2.2. Досмотр груза, выявление запрещенных к отправке грузов

(опасных и т.д.).

2.3. Перемещение груза на склад.

3. Консолидация и формирование груза по партиям на конкретный рейс:

3.1. Маркировка груза.

3.2. Обмен информацией, контроль документов на груз.

3.3. Формирование почтово-грузовой ведомости (Cargo Manifest).

3.4. Распечатка сопроводительных документов

4. Таможенный контроль (при необходимости):

4.1. Проверка документов и груза со стороны таможенных органов.

5. Предполетный досмотр груза со стороны АБ:

5.1. Доставка груза в зону досмотра для перемещения в стерильную зону.

5.2. Досмотр груза.

5.3. Перемещение груза в стерильную зону.

6. Контроль консолидированного груза для загрузки в ВС и загрузка в транспортное средство (ТС), доставляющего к МС ВС.

6.1. Контроль подготовленного к отправке груза, проверка количества мест соответствующим партиям согласно ПГВ.

6.2. Загрузка груза в средства пакетирования (контейнера, паллеты) в контейнерном выполнении рейса, в случае загрузки рейса в навал размещение груза на транспортных тележках (клетках)

7. Доставка груза к месту стоянки ВС:

7.1. Формирование автопоезда для доставки груза к МС ВС.

7.2. Передача документов экспедитору груза.

7.3. Транспортировка груза до места стоянки ВС.

7.4. Контроль доставленного груза со стороны диспетчера по центровке и загрузке.

7.5. Определение порядка загрузки совместно с экипажем.

8. Загрузка груза в ВС:

8.1. Подъем груза по транспортерной ленте, в контейнерном варианте - подъем груза контейнерным погрузчиком (loader).

8.2. Распределение груза по грузовым отсекам ВС.

2.3.3. Общая характеристика и матричная модель n -ой подсистемы (этапа) системы «Коммерческой готовности рейса»

Подсистема - Этап 7 «Доставка груза к месту стоянки ВС»

В результате декомпозиции системы «Коммерческой готовности рейса» на этапы выделяем этап 7 «Доставка груза к месту стоянки ВС» и рассматриваем основные операции этапа:

7.1. Формирование автопоезда (опломбировка) для доставки груза к МС ВС.

7.2. Передача документов на груз хендлинговой компании по наземному обслуживанию.

7.3. Транспортировка груза до места стоянки ВС.

7.4. Контроль доставленного груза со стороны диспетчера по центровке и загрузке. Определение порядка загрузки совместно с экипажем.

Таблица 2.10 – Матричная модель подсистемы «Доставка груза к месту стоянки ВС»

Элементы подсистемы		Операции подсистемы (этапа 7)			
		7.1	7.2	7.3	7.4
<i>Время выполнения работ в подсистеме</i>					
1	Технологический процесс (пропускная способность этапов)	7.1.1	7.2.1	7.3.1	7.4.1
<i>Предмет труда подсистемы</i>					
2	Груз	7.1.2	7.2.2	7.3.2	7.4.2
<i>Средства труда подсистемы</i>					
3	Персонал обслуживания	7.1.3	7.2.3	7.3.3	7.4.3
4	Технические средства: • Автопоезд; • Контейнерный погрузчик; • Палеты	7.1.4	7.2.4	7.3.4	7.4.4
5	Коммуникации (грузовой терминал, перрон, МС)	7.1.5	7.2.5	7.3.5.	7.4.5
6	Энергообеспечение этапа (автопоезда, перрона)	7.1.6	7.2.6	7.3.6	7.4.6

Ограничения свойств элементов подсистемы по нормам экологии, безопасности, а так же регламентирующим документам					
7	Экология	7.1.7	7.2.7	7.3.7	7.4.7
8	Безопасность	7.1.8	7.2.8	7.3.8	7.4.8
9	Документы	7.1.9	7.2.9	7.3.9	7.4.9

Начальные условия рассмотрения элементов матрицы этапа 7 «Доставка груза к месту стоянки ВС»:

1. Общее время доставки груза по всем операциям

$$t_{\text{зр}} = t_{\text{автопоезд}} + t_{\text{hand}} + t_{\text{тр}} + t_{\text{выгр}}, \quad (2.14)$$

где $t_{\text{к}}$ – время на формирование автопоезда (опломбировка), сек;

$t_{\text{на}}$ – время на передачу подготовленных документов на груз хендлинговой компании по наземному обслуживанию, сек;

$t_{\text{тр}}$ – время транспортировки до места стоянки ВС, сек;

$t_{\text{ва}}$ – время выгрузки груза на автозагрузчик (loader), сек;

Определение времени обслуживания груза при наземном обслуживании:

$$t_{\text{к}} = N_{\text{зр}} * q_{\text{к}}, \quad (2.15)$$

где $q_{\text{к}}$ – пропускная способность пункта контроля, сек/шт

Определение времени транспортировки до места стоянки ВС:

$$t_{\text{тр}} = L_{\text{н}} / V_{\text{н}}, \quad (2.16)$$

где $V_{\text{н}}$ – скорость автопоезда по перрону, км/ч;

$L_{\text{н}}$ – расстояние от грузового терминала до места стоянки ВС, м.

2. Количество груза (количество грузовых мест в ВС) – $N_{\text{зр}}$, шт.

3. Количество персонала

$$Q_{\text{н}} = Q_{\text{на}} + Q_{\text{нв}}, \quad (2.17)$$

где $Q_{\text{на}}$ – агенты по контролю хендлинговой компании, чел;

$Q_{\text{нв}}$ – водители автопоездов, чел;

4. Количество автопоездов

$$Q_{\text{авт}} = N_{\text{зр}} : q_{\text{ПВ}}, \quad (2.18)$$

где $Q_{\text{авт}}$ – количество автопоездов, ед;

$m_{гр}$ – масса груза на рейс, t ;

$q_{ГВ}$ – производительность автопоезда, $t/авт.$

5. Характеристика маршрута (коммуникаций) движения автопоезда от грузового терминала до места стоянки ВС.

6. Количество топлива для автопоезда $Q_m = R_{автоб.} * L_{марш}$,

где $R_{автоб.}$ – расход топлива, $л/100км$;

$L_{марш}$ – расстояние от грузового терминала до места стоянки, $м$;

Модуль «Транспортировка груза до места стоянки ВС»

В результате декомпозиции подсистемы этапа 7 на модули примем для рассмотрения модуль 7.3 (Таблица 2.11).

Таблица 2.11 –Матрица модуля 7.3 операции «Транспортировка груза до места стоянки ВС»

Элементы модуля 7.3 (операции)		Операция 7.3.	Определение основных свойств элементов операции 7.3
<i>Время выполнения работы операции</i>			
1	Операция доставки груза	7.3.1	$t_{гр}, L_n, V_n, k_t, H_t, S_{атрибут}, T_t$
<i>Предмет труда операции</i>			
2	Груз	7.3.2	$m_{гр}, V_{гр}, \rho_{гр}, K_{мест}, k_{гр}, X_{гр}, X_{уп}, Марк$
<i>Средства труда операции</i>			
3	Персонал автопоезда	7.3.3	$N_{перс}, P_{перс}, m_{перс}, k_{перс}, U_{мотив.перс}, U_{комм.перс}, U_{перс.зд}, U_{перс.проф.}, U_{культ.}$
4	Автопоезд	7.3.4	$M_{трансп}, P_{трансп}, R_{трансп}, Q_{грп}, k_{техн}, U_{надежн.техн.}$
5	Коммуникации (перрон)	7.3.5	$S_{комм}, P_{комм}, L_n, H_{полос}, k_{комм}, U_{комм(груз)}, U_{комм(перс)}, U_{комм(трансп)}$
6	Энергообеспечение этапа (автопоезда, перрона)	7.3.6.	$Q_{топл}, \mathcal{E}_{эл}, T_{возд}, P_{осв}, N_{осв}, k_{эн}, U_{кВт(груз)}, U_{кВт(перс)}, U_{кВт(трансп)}, U_{кВт(коммун)}, U_{Лт(груз)}, U_{Лт(перс)}, U_{Лт(трансп)}, U_{Лт(коммун)}, U_{°C(груз)}, U_{°C(перс)}, U_{°C(трансп)}, U_{°C(коммун)}$
<i>Ограничения свойств элементов операции по нормам экологии, безопасности, а так же регламентирующим документам</i>			
7	Экология	7.3.7	$E_{груз}, E_t, E_{водит}, E_{автомоб}, E_{эн}, E_{эн}, E_{комм}$
8	Безопасность	7.3.8	$S_{груз}, S_t, S_{водит}, S_{автомоб}, S_{эн}, S_{эн}, S_{комм}$
9	Документы	7.3.9	$D_t, D_{гр}, D_{перс}, D_{техн}, D_{комм}, D_{эн}, D_{эк}, D_{безоп}$

2.3.4. Определение основных свойств (параметров) элементов j -го модуля (операции) n -ой подсистемы (этапа) системы «Коммерческой готовности рейса»

Определение основных свойств каждого элемента при взаимодействии в модуле 7.3. «Доставка груза автопоездом от грузового терминала до места стоянки ВС».

Основные свойства элементов модуля 7.3:

7.3.1. Основные свойства операции доставки груза (процесс) до МС ВС:

Количественные свойства:

$t_{тр}$ – время транспортировки груза по перрону до места стоянки ВС;

L_n – расстояние от грузового склада до места стоянки ВС;

V_n – скорость транспортного средства по перрону;

Качественные свойства:

k_t – коэффициент времени, ограничения сроков выполнения операции с учётом непрерывности процессов в системе;

H_t – необратимость и направленность от прошлого к будущему.

$S_{атрибут}$ – неразрывная связь материи с её атрибутами;

T_t – непрерывность и дискретность;

7.3.2. Основные свойства груза (объекта обслуживания):

Количественные свойства:

$m_{гр}$ – масса груза, $т$;

$V_{гр}$ – объем груза, $м^3$;

$\rho_{гр}$ – плотность груза, $кг/м^3$;

$K_{мест}$ – количество мест груза, $шт.$

Качественные свойства:

$k_{гр}$ – коэффициент груза, готовность груза к выполнению операции;

$X_{гр}$ – характер груза, (опасный или не опасный);

$X_{уп}$ – характер упаковки груза;

$Марк$ – маркировка упаковки груза;

7.3.3. Основные свойства персонала при выполнении операции:

Количественные свойства:

$N_{перс}$ – количество персонала, человек;

$R_{перс}$ – производительность персонала при выполнении операции;

$m_{перс}$ – масса персонала при выполнении операции (водителя, агента);

Качественные свойства:

$k_{перс}$ – коэффициент персонала, готовность персонала к выполнению операции;

$U_{мотив.перс}$ – мотивация персонала, определяющая целевую функцию работы персонала;

$U_{комп.перс}$ – профессиональная компетенция, формируемая с учетом накопления знаний;

$U_{зд.перс}$ – уровень здоровья персонала;

$U_{проф.перс}$ – уровень профессиональной подготовки персонала при выполнении операции;

$U_{культ.перс}$ – уровень культуры персонала (водителя) хендлинговой компании и персонала грузового терминала (коммуникабельность персонала).

7.3.4. Основные свойства автопоезда при выполнении операции:

Количественные свойства:

$M_{трансп}$ – масса автопоезда;

$R_{трансп}$ – производительность транспортного средства (максимальный вес транспортировки);

$R_{трансп}$ – удельный расход топлива;

$Q_{грп}$ – грузоподъемность автопоезда;

Качественные свойства:

$k_{техн}$ – коэффициент технических средств, готовность технических средств к выполнению операции;

$U_{надежн.техн.}$ – уровень надёжности узлов и агрегатов технических средств при движении транспортного средства по перрону;

7.3.5. Основные свойства коммуникаций в процессе транспортировки груза по перрону (коммуникации):

Количественные свойства:

$S_{комм}$ – площадь трассы по маршруту движения автопоезда по перрону до места стоянки ВС;

$P_{комм}$ – производительность коммуникаций;

L_n – длина маршрута по перрону до места стоянки ВС;

$H_{полос}$ – ширина полос для движения транспортных средств;

Качественные свойства:

$k_{комм}$ – коэффициент коммуникаций, эффективность спроектированных рабочих зон с учетом передвижения по ним предмета и средств труда;

$U_{комм(груз)}$ – уровень совместимости (информативности) груза при транспортировке по коммуникациям;

$U_{комм(перс)}$ – уровень информативности (знаки, разметка и т.п.) коммуникаций (рабочего пространства) для персонала при транспортировке;

$U_{комм(трансп)}$ – уровень готовности коммуникаций при движении по ним транспортных средств (состояние дорожного покрытия и т.п.);

$U_{комм(эн)}$ – уровень совместимости энергетических ресурсов с коммуникациями при движении по ним транспортных средств (подогрев дорожных покрытий, энергосбережение зданий);

7.3.6. Основные свойства энергообеспечения при выполнении операции:

Количественные свойства:

$Q_{топл}$ – количество топлива в баке транспортного средства при выполнении операции, л;

$\mathcal{E}_{эл.}$ – электросветотехническое обеспечение перрона, кВт;

$T_{возд}$ – температура окружающей среды, °С;

$P_{осв}$ – мощность p -ой осветительной установки, Вт;

$N_{осв}$ – количество осветительных установок, шт;

Качественные свойства:

$k_{эн}$ – коэффициент энергетических ресурсов, эффективность энергетических ресурсов при выполнении операции с учетом резервных источников питания;

$U_{кВт(груз)}$ – уровень энергообеспечения груза при транспортировке, кВт;

$U_{кВт(перс)}$ – уровень энергообеспечения персонала (рабочего места) при транспортировке, кВт;

$U_{кВт(трансп)}$ – уровень энергообеспечения транспортного средства (на перроне) при транспортировке, кВт;

$U_{кВт(коммун)}$ – уровень энергообеспечения коммуникаций (рабочей зоны) при транспортировке, кВт;

$U_{Lm(груз)}$ – уровень освещения груза при транспортировке, Лм;

$U_{Lm(перс)}$ – уровень освещения персонала (рабочего места) при транспортировке, Лм;

$U_{Lm(трансп)}$ – уровень освещения транспортного средства (на перроне) при транспортировке, Лм;

$U_{Lm(коммун)}$ – уровень освещения коммуникаций (рабочей зоны) при транспортировке, Лм;

$U_{°C(груз)}$ – уровень температурного режима груза при транспортировке, °С;

$U_{°C(перс)}$ – уровень температурного режима для персонала (рабочего места) при транспортировке, °С;

$U_{°C(трансп)}$ – уровень температурного режима транспортного средства (на перроне) при транспортировке, °С;

$U_{°C(коммун)}$ – уровень температурного режима коммуникаций (рабочей зоны) при транспортировке, °С.

7.3.7. Основные свойства мероприятий по экологической безопасности всех элементов при выполнении операции:

E_t – уровень экологической безопасности выполнения операции;

$E_{груз}$ – уровень экологической безопасности груза;

$E_{водит}$ – уровень экологической безопасной работы водителя;

$E_{трансп}$ – уровень экологической безопасной эксплуатации транспортных средств (уровень выбросов CO₂ и шума дБ);

$E_{комм}$ – уровень экологической безопасной подготовки и эксплуатации коммуникаций при выполнении операции. Защищенность зоны транспортировки от внешних воздействий окружающей среды (уборка перрона от снега, грязи и т.п.);

$E_{эн}$ – уровень экологической безопасной энергоресурсов операции (электроосвещение, топливо и т.д.);

7.3.8. Основные свойства мероприятий по безопасности всех элементов при выполнения операции:

S_t – уровень безопасности временного интервала выполнения операции;

$S_{груз}$ – уровень безопасности груза;

$S_{водит}$ – уровень безопасности работы персонала (необходимый уровень охраны труда при выполнении операции);

$S_{трансп}$ – уровень безопасности эксплуатации транспортного средства;

$S_{эн}$ – уровень безопасной эксплуатации энергоресурсов операции (электроосвещение, топливо и т.д.);

$S_{комм}$ – уровень безопасной подготовки и эксплуатации коммуникаций (защищенность зоны транспортировки от внешних воздействий окружающей среды);

7.3.9. Основные документы, регламентирующие требования ко всем свойствам элементов операции:

D_t – документы, регламентирующие требования ко времени выполнения операции;

$D_{гр}$ – документы, регламентирующие требования к грузу;

$D_{перс}$ – документы, регламентирующие требования к персоналу;

$D_{трансп}$ – документы, регламентирующие требования к эксплуатации транспортного средства;

$D_{комм}$ – документы, регламентирующие требования к эксплуатации коммуникаций;

$D_{эн}$ – документы, регламентирующие требования к энергоресурсам операции (электроосвещение, топливо и т.д.);

$D_{эк}$ – документы, регламентирующие требования к экологической безопасности;

$D_{безоп}$ – документы, регламентирующие требования к авиационной безопасности;

Принципиальной особенностью предлагаемого метода комплексного исследования систем, позволяющего снизить уровень неопределенности, является возможность исследовать свойства элементов модулей (операций), через построение матриц взаимодействия свойств элементов операции 7.3 этапа 7 «Транспортировка груза до места стоянки ВС», которая представлена в таблице 2.12.

Определение сильного, среднего и слабого влияния свойств друг на друга методом экспертных оценок даёт возможность определить, на какие свойства необходимо обратить внимание на этапах ресурсобеспечения и их подготовки к выполнению работы.

При разработке или совершенствовании информационно-аналитических систем, используемых на транспортном производстве позволяющих обрабатывать статистические данные, возможно применение автоматического определения корреляции многопараметрического анализа влияния свойств (параметров) модуля (операции) друг на друга при расчётах временных интервалов модулей, подсистем и систем, на основе ранговой корреляции ρ – Спирмана и корреляции τ – Кендалла [177].

Для исследования технологических процессов в транспортных системах необходимо структурировать информацию и накапливать данные в соответствии с многомерным принципом, описанным в п.п. 2.3, что даёт возможность строить гибкие многопараметрические математические модели организационно-технических систем, приближенные к реальным системам.

[illegible]

Дальнейшее рассмотрение связано с исследованием систем, подсистем этапов и модулей операций с учётом возмущающих факторов на всех этапах и операциях, с целью снижения уровня неопределенности факторов, влияющих на работу грузового терминала в АвиаТЛУ и повышения его эффективности:

1. Определение величины потерь объемных показателей элементов необходимых для выполнения операции с учётом факторов по каждому элементу.

2. Определение величины финансовых затрат на выполнение операции с учетом дополнительных затрат.

3. Оценка эффективности работы операции (модуля).

Следующий этап рассмотрения системы связан с оценкой объема и стоимости необходимых ресурсов, оценкой эффективности результата их использования при выполнении операций, этапов и работы систем, как в отдельных ОТЛС и ТЛК СП в целом.

2.4. Экономико-математическая модель оценки эффективности производственной деятельности транспортно-логистического комплекса смешанных перевозок с учетом производительности ресурсов

Транспортной деятельностью называется процесс производства транспортной продукции и управление реализацией ее на рынке. Из этого определения следует, что транспортная деятельность в условиях рыночной экономики складывается из двух групп процессов:

- транспортно-технологических процессов подготовки и производства транспортной продукции;
- коммерческих процессов поиска потребителей на рынке и реализации транспортной продукции.

Оптимальным управлением называется обеспечение наилучшего из возможных вариантов проведения транспортных процессов (наискорейшим

образом, с наименьшими затратами, наибольшим доходом или с соблюдением еще каких-либо экстремальных условий).

Как известно, решение любой функции можно осуществить двумя методами: расчетным путем (аналитически) и опытным путем (экспериментально). Аналитические методы представляют собой формулировку системы уравнений (математическое представление об объекте) и решение уравнений вычислительными способами («вручную», с использованием компьютерного или имитационного моделирования). Математическое представление об объекте управления и численное определение параметров его состояния дает точное решение задачи. Однако сложность транспортных систем и случайный характер параметров их состояния в большинстве случаев не позволяет аналитически получить точное значение параметров состояния системы, что обуславливает необходимость приближенного решения задачи.

Приближенное отражение реального объекта называется моделью, а определение параметров состояния объекта, базирующееся на подобии модели и объекта - моделированием.

Главное условие существования транспортной системы есть удовлетворение потребности потребителей транспортной продукции при обеспечении прибыльной транспортной деятельности.

Прибыль транспортного предприятия рассчитывается как разность между суммами доходов, полученных от транспортной работы в результате маркетинга и сумм всех затрат, необходимых для выполнения перевозок.

Рассмотрим схему маршрута перевозки груза m_g от производителя до потребителя с использованием автомобильного и авиационного транспорта (рисунок 2.10), совместную работу которых можно определить как работу транспортно-логистической системы (ТЛС), входящую в состав ТЛК СП.

Транспортно-логистическая система — это сложная система взаимосвязанных видов транспорта, взаимодействующих в процессе функционирования и развития на принципах маркетинга, менеджмента и

логистики с целью удовлетворения требования Заказчика по перевозке грузов и минимизации транспортной составляющей цены товара ($T_{ЦТ}$).

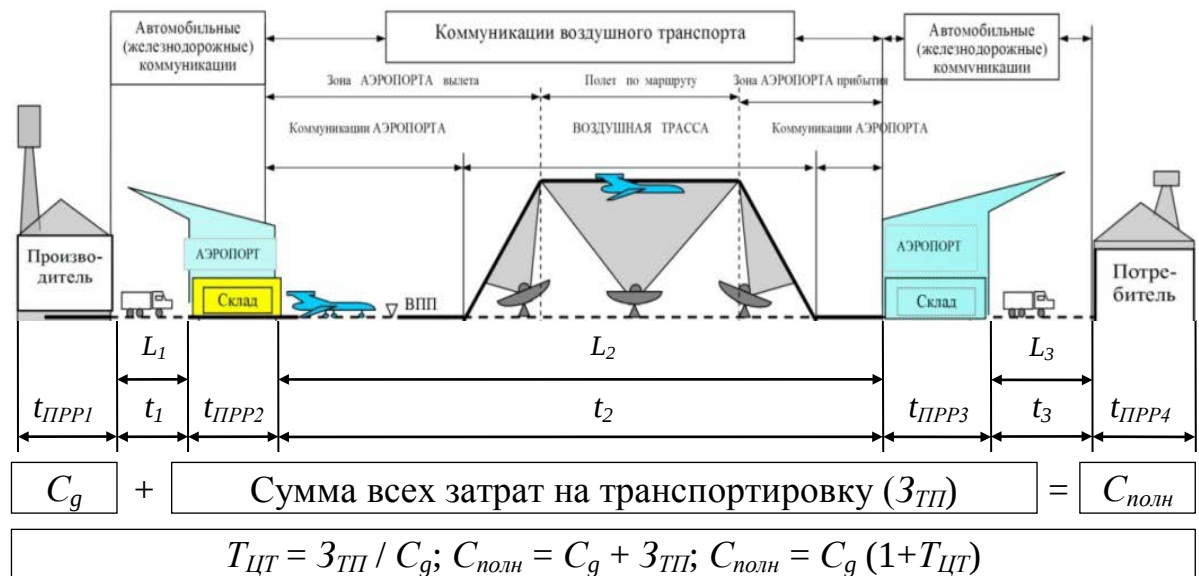


Рисунок 2.10 – Схема маршрута ТЛК СП

Основными параметрами ТЛК СП по маршруту будут являться:

L_n – длина n -го этапа маршрута (при $n = \overline{1, N}$, где $N = 3$), соответственно автомобильного, авиационного и автомобильного транспорта, км;

$t_{ПРР1}$, $t_{ПРР2}$, $t_{ПРР3}$, $t_{ПРР4}$ – время погрузочно-разгрузочных работ принимается в соответствии с производственной практикой, ч.

t_1 , t_2 , t_3 – время на транспортировку груза по n -му этапу выбранного маршрута, ч;

Производитель – место производства продукции;

АП-1 – авиапредприятие 1;

АП-2 – авиапредприятие 2;

Потребитель – получатель перевезённой продукции.

Характеристика груза:

m_g – масса перевозимого груза, т;

C_g – стоимость груза, руб;

$C_{полн}$ – полная цена перевезенного груза, руб;

Тарифы по этапам движения груза:

– тарифы на перевозку на n -м этапе маршрута – $Ц_{Пn}$, руб/ткм;

- тарифы на погрузочно-разгрузочные работы – $C_{ПРР}$, руб/т;
- тарифы за хранение груза на складе – $C_{хр}$, руб/кг сутки;
- тариф автомобильного топлива – $C_{Т1}$, $C_{Т3}$, руб/л;
- тариф авиационного топлива – $C_{Т2}$, руб/т;

Параметры грузового автомобиля:

- грузоподъёмность автомобиля – $G_{авто}$, т;
- средняя скорость движения автомобиля на первом этапе – $v_{ср}^{авто1}$, км/ч;
- средняя скорость движения автомобиля на втором этапе – $v_{ср}^{авто3}$, км/ч;
- расход топлива двигателя автомобиля – $R_{топл}^{авто}$, л/100км;

Параметры воздушного судна (ВС):

- грузоподъёмность ВС – $G_{ВС}$, т;
- средняя скорость движения ВС на втором этапе – $v_{ср}^{ВС}$, км/ч;
- удельный расход топлива двигателя ВС при полете на техническую дальность с максимальной нагрузкой – $R_{топл}^{ВС}$, г/ткм;

Основными показателями ТЛК СП при выполнении смешанных перевозок будут являться:

1. Объём транспортной работы $Q_{Пn}$ на каждом из этапов маршрута L_n , который равен:

$$Q_{Пn} = m \cdot L_n, \quad (2.19)$$

2. Величина дохода от производственной деятельности транспортных предприятий, который на каждом участке будет рассчитан исходя из тарифов на каждом участке смешанной перевозки.

Величина дохода на первом автомобильном участке

$$Д_{П1} = m_g \cdot L_1 \cdot C_{П1} = Q_{П1} \cdot C_{П1}, \quad (2.20)$$

где $C_{П1}$ – тариф перевозки груза на выбранном типе автомобиля, руб/ткм.

Величина дохода на втором авиационном участке

$$Д_{П2} = m_g \cdot L_2 \cdot C_{П2} = Q_{П2} \cdot C_{П2}, \quad (2.21)$$

где $C_{П2}$ – тариф перевозки груза на выбранном типе ВС, руб/ткм.

Величина дохода на третьем автомобильном участке

$$D_{ПЗ} = m_g \cdot L_3 \cdot C_{ПЗ} = Q_{ПЗ} \cdot C_{ПЗ}, \quad (2.22)$$

где $C_{ПЗ}$ – тариф перевозки груза на выбранном типе автомобиля, *руб/ткм*.

Величина дохода по всему маршруту ТЛК СП, будет равна:

$$D_{П} = D_{П1} + D_{П2} + D_{ПЗ}, \quad (2.23)$$

3. Величина затрат на ресурсы, используемые при выполнении работ по маршруту ТЛК СП, которая включает в себя весь перечень ресурсно-временных затрат, такие как:

– величина затрат на погрузочно-разгрузочные (перегрузочные) работы в пункте отправления

$$Z_{ППР1} = m_g \cdot C_{ППР1}, \quad (2.24)$$

где $C_{ППР1}$ – тариф на погрузочно-разгрузочных работы, *руб/т*.

– величина затрат ресурсов на первом автомобильном участке

$$Z_{Т1} = Q_{Т1} \cdot C_{Т1}, \quad (2.25)$$

где $Q_{Т1}$ – необходимое количество топлива расходуемого выбранным типом автомобиля.

Величина затрат на погрузочно-разгрузочные (перегрузочные) работы в аэропорту 1

$$Z_{ППР2} = m_g \cdot C_{ППР2}. \quad (2.26)$$

Затраты за хранение груза на складе АП-1

$$Z_{xp1} = m_g \cdot C_{xp1} \cdot t_{xp1}, \quad (2.27)$$

где C_{xp1} – стоимость хранения одного килограмма груза на складе за одни сутки, *руб/кг сутки*;

t_{xp1} – время хранения груза на складе, *сутки*.

Величина затрат ресурсов на втором авиационном участке:

- необходимое количество топлива расходуемого выбранным типом ВС

$$Q_{T2} = R_{монл2}^{BC} \cdot L_2 \cdot m_g \cdot 10^6, \quad (2.28)$$

где $R_{монл2}^{BC}$ - удельный расход авиатоплива, $г/ткм$;

- стоимость необходимого количества топлива

$$З_{T2} = Q_{T2} \cdot Ц_{T2}. \quad (2.29)$$

Величина затрат на погрузочно-разгрузочные (перегрузочные) работы в аэропорту 2

$$З_{ППР3} = m_g \cdot Ц_{ППР3}. \quad (2.30)$$

Затраты за хранение груза на складе АП-2

$$З_{xp2} = m_g \cdot Ц_{xp2} \cdot t_{xp2}, \quad (2.31)$$

где $Ц_{xp2}$ — стоимость хранения одного килограмма груза на складе за одни сутки, $руб/кг \text{ сутки}$;

t_{xp2} — время хранения груза на складе, $сутки$;

Величина затрат ресурсов на третьем автомобильном участке:

- необходимое количество топлива, расходуемого выбранным типом автомобиля

$$Q_{T3} = R_{монл3}^{авто} \cdot L_3. \quad (2.32)$$

- стоимость необходимого количество топлива

$$З_{T3} = Q_{T3} \cdot Ц_{T3}. \quad (2.33)$$

Величина затрат на погрузочно-разгрузочные (перегрузочные) работы в пункте прибытия

$$З_{ППР4} = m_g \cdot Ц_{ППР4}. \quad (2.34)$$

4. Величина прибыли транспортно-логистической компанией при перевозке груза по выбранному маршруту равна:

$$\begin{aligned} \Pi_{TLC} &= \sum_{n=1}^N D_{Пn} - \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I З_{ni} = \left(D_{П1} - \sum_{i=1}^I З_{1i} \right) + \left(D_{П2} - \sum_{i=1}^I З_{2i} \right) + \left(D_{П3} - \sum_{i=1}^I З_{3i} \right) = \\ &= \left(D_{П1} - (З_{ППР1} + З_{T1} + З_{ППР1}) \right) + \left(D_{П2} - (З_{xp2} + З_{ППР2} + З_{T2} + З_{ППР2}) \right) + \left(D_{П3} - (З_{xp3} + З_{ППР3} + З_{T3} + З_{ППР3}) \right) \end{aligned}, \quad (2.35)$$

где $З_{ni}$ — затраты на i -ю транспортную операцию в n -ом этапе маршруте смешанной перевозки, $руб$.

5. Себестоимость транспортной продукции по выбранному маршруту, которая определяется отношением всех затрат, на всех этапах маршрута ТЛК СП, к сумме объёмов транспортной работы $Q_{Пi}$ на каждом этапе:

$$C_M = \frac{\sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I 3_{ni}}{\sum_{n=1}^N Q_n} = \frac{(3_{ППР1} + 3_{Т1} + 3_{ППР1}) + (3_{хр2} + 3_{ППР2} + 3_{Т2} + 3_{ППР2}) + (3_{хр3} + 3_{ППР3} + 3_{Т3} + 3_{ППР3})}{Q_1 + Q_2 + Q_3}. \quad (2.36)$$

6. Эффективность работы ТЛК СП на маршруте, которая определяется отношением суммарного дохода к величине всех затрат ресурсов на маршруте:

$$\mathfrak{E}_M = \frac{\sum_{n=1}^N D_{Пn}}{\sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I 3_{ni}} = \frac{D_{П1} + D_{П2} + D_{П3}}{(3_{ППР1} + 3_{Т1} + 3_{ППР1}) + (3_{хр2} + 3_{ППР2} + 3_{Т2} + 3_{ППР2}) + (3_{хр3} + 3_{ППР3} + 3_{Т3} + 3_{ППР3})}. \quad (2.37)$$

7. Рентабельность выбранного маршрута, которая определяется отношением прибыли к величине всех затрат ресурсов на маршруте:

$$P = \frac{\Pi_{ТЛС}}{\sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I 3_{ni}} = \frac{\Pi_{ТЛС}}{(3_{ППР1} + 3_{Т1} + 3_{ППР1}) + (3_{хр2} + 3_{ППР2} + 3_{Т2} + 3_{ППР2}) + (3_{хр3} + 3_{ППР3} + 3_{Т3} + 3_{ППР3})}. \quad (2.38)$$

8. Суммарное время доставки груза по маршруту:

$$T_M = t_1 + t_2 + t_3 + t_{ППР1} + t_{ППР2} + t_{ППР3} + t_{ППР4} + t_{хр1} + t_{хр2},$$

$$t_1 = \frac{L_1}{v_{ср}^{авто1}}, \quad t_2 = \frac{L_2}{v_{ср}^{BC}}, \quad t_3 = \frac{L_3}{v_{ср}^{авто2}}, \quad t_{ППР} = \frac{m_g}{P_{ч}}. \quad (2.39)$$

где $P_{ч}$ - часовая производительность, $м/час$.

9. Транспортная составляющая в цене товара, которая равна отношению всех затрат на начальную стоимость груза в пункте отправления:

$$T_{ЦТ} = \frac{\sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I 3_{ni}}{C_g} = \frac{(3_{ППР1} + 3_{Т1} + 3_{ППР1}) + (3_{хр2} + 3_{ППР2} + 3_{Т2} + 3_{ППР2}) + (3_{хр3} + 3_{ППР3} + 3_{Т3} + 3_{ППР3})}{C_g}. \quad (2.40)$$

10. Полная цена перевезенного груза, равна:

$$C_{полн} = C_g + T_{ЦТ} \cdot C_g = C_g (1 + T_{ЦТ}). \quad (2.41)$$

Выводы по главе 2

Во второй главе предложено два подхода к анализу сетевых моделей.

Первый подход, основанный на анализе статических сетевых моделей технологических процессов грузового терминала в АвиаТЛУ, даёт возможность:

1. Получить количественные характеристики сетевой модели;
2. Строить критический путь технологических процессов грузового терминала в АвиаТЛУ с учетом изменения количественных характеристик ресурсов;
3. Ставить оптимизационные задачи на этапе функционального анализа сетевой модели.

Второй подход основан на матричном подходе представления динамических сетевых моделей, определяющий взаимосвязанность элементов модуля через их свойства (параметры). Метод даёт возможность получить универсальный алгоритм решения различных оптимизационных задач. В частности, разработанный метод комплексного исследования технологических процессов грузового терминала АвиаТЛУ позволяет эффективно определять:

1. Аналитические зависимости параметров элементов модуля (операции), при построении критического пути в графе;
2. Наиболее и наименее надёжные модули (операции);
3. Модули с наибольшей производительностью;
4. Маршруты, цепи и циклы графов.

На основе матричного подхода предложена новая структура сетевой модели системы «Коммерческая готовность ВС к рейсу (груз)», которая позволяет рассматривать, сетевую модель планирования ресурсов во времени как динамическую модель управления технологическими процессами в АвиаТЛУ.

В результате рассмотрения методологии формирования системы «Коммерческой готовности воздушного судна к рейсу», разработаны предложения по формированию математической модели оценки

эффективности ее элементов, формированию системы взаимодействия элементов рассматриваемой системы, подсистем ее этапов и модулей выполняемых операций, которые нуждаются в верификации и проверке на сходимость.

Также, во второй главе, на основе разработанного метода комплексного анализа и синтеза рассматриваемых систем на новых принципах, представлена экономико-математическая модель оценки эффективности работы транспортных систем.

3. ВЕРИФИКАЦИЯ И ВАЛИДАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГРУЗОВОГО ТЕРМИНАЛА В АВИАЦИОННОМ ТРАНСПОРТНО- ЛОГИСТИЧЕСКОМ УЗЛЕ

3.1. Разработка математической модели j -го модуля n -ой подсистемы системы «Коммерческой готовности рейса» при построении матрицы взаимодействия свойств элементов

На основании матрицы взаимодействия свойств элементов операции 7.3 этапа 7 «Транспортировка груза до места стоянки ВС» представленной в таблице 2.12, перейдем к построению математической модели, для этого необходимо задать начальные условия.

Начальные условия рассмотрения матрицы взаимодействия элементов, обеспечивающих выполнение операции 7.3. «Транспортировка груза до места стоянки ВС»:

1. *Характеристика свойств элемента 7.3.1. «Время на операцию доставки груза до места стоянки ВС».*

Время движения автопоезда по перрону до места стоянки ВС

$$t_{\text{модуля}} = \frac{Q_{\text{ПТ}}}{P_{\text{модуля}} \cdot k_{\text{модуля}}}; \quad t_{\text{тр}} = \frac{L_n}{V_n \cdot k_v}, \quad (3.1)$$

где V_n – скорость автопоезда по перрону (допустимая $V_n=20$ км/ч), км/ч.

k_v – коэффициент использования скорости.

2. *Характеристика свойств элемента 7.3.2. «Груз».*

- Количественные свойства груза:

Масса груза

$$M_{\text{конт}} = M_{\text{пуст.конт}} + m_{\text{гр}} = M_{\text{пуст.конт}} + (V_{\text{гр}} \cdot \rho_{\text{гр}}), \quad (3.2)$$

где $M_{\text{конт}}$ – масса контейнера, т;

$M_{\text{пуст. конт}}$ – масса пустого контейнера, кг;

$m_{\text{гр}}$ – масса груза (с учетом упаковки), т;

$V_{гр}$ – объем груза, $м^3$;

$\rho_{гр}$ – плотность груза, $кг/м^3$;

Количество контейнеров:

$$N_{конт} = N_{кз} \cdot k_{кз}, \quad (3.3)$$

где $N_{конт}$ – количество транспортируемых грузовых контейнеров к ВС, *ед*;

$N_{кз}$ – общее количество грузовых мест в ВС (тип ВС на рейс), *ед*;

$k_{кз}$ – коэффициент коммерческой загрузки ВС.

- Качественные свойства груза опишем кортежем:

$$k_{гр} \langle X_{гр}, X_{уп}, Марк \rangle, \quad (3.4)$$

где $X_{гр}$ – характер груза, (опасный или не опасный);

$X_{уп}$ – характер упаковки груза;

$Марк$ – маркировка упаковки груза;

3. Характеристика свойств элемента 7.3.3. «Персонал автопоезда».

- Количественные свойства персонала:

Масса персонала

$$M_{перс} = N_{перс} m_{перс}, \quad (3.5)$$

где $N_{перс}$ – количество персонала (водителей), *чел*;

$m_{перс}$ – масса персонала, *кг/чел*;

Количество персонала:

$$N_{перс} = \frac{N_{конт}}{P_{перс} \cdot t_{модуля} \cdot k_t \cdot k_{перс} \cdot k_{техн}}, \quad (3.6)$$

где $P_{перс}$ – производительность персонала при выполнении операции,

$\frac{ед}{перс \cdot мин}$;

- Качественные свойства персонала можно описать кортежем:

Коэффициент качественных свойств персонала (водителя автопоезда)

$$k_{перс} \langle U_{мотив.перс}, U_{комп.перс}, U_{зд.перс}, U_{проф.перс}, U_{культ.перс} \rangle, \quad (3.7)$$

где $U_{мотив.перс}$ – мотивация персонала, определяющая целевую функцию работы персонала;

$U_{\text{комп.перс}}$ – профессиональная компетенция, формируемая с учетом накопления знаний;

$U_{\text{зд.перс}}$ – уровень здоровья персонала;

$U_{\text{проф.перс}}$ – уровень профессиональной подготовки персонала при выполнении операции;

$U_{\text{культ.перс}}$ – уровень культуры персонала (водителя) хендлинговой компании и персонала грузового терминала (коммуникабельность персонала).

4. Характеристика свойств элемента 7.3.4. «Технические ресурсы (автопоезд)»

- Количественные свойства технических ресурсов (автопоезда):

Полная масса автопоезда

$$M_{\text{полн.автоб}} = m_{\text{пуст.автоб}} + m_{\text{топл}} + M_{\text{перс}} + M_{\text{насс}}, \quad (3.8)$$

где $m_{\text{пуст.автоб}}$ – масса пустого автопоезда (без груза, топлива и водителя), кг;

$m_{\text{топл}}$ – масса топлива, кг;

Количество технических ресурсов (автопоездов), необходимых для транспортировки груза в требуемое время:

$$N_{\text{техн}} = \frac{N_{\text{конт}}}{P_{\text{техн}} \cdot t_{\text{модуля}} \cdot k_t \cdot k_{\text{перс}} \cdot k_{\text{техн}}}, \quad (3.9)$$

где $P_{\text{техн}}$ – производительность автопоезда, $\frac{\text{ед}}{\text{авто} \cdot \text{мин}}$;

$t_{\text{тр}}$ – время транспортировки груза в автопоезде по перрону, мин,

$k_{\text{техн}}$ – коэффициент технических ресурсов (автопоезда), определяется определением качественных свойств технических ресурсов (автопоезда).

- Качественные свойства технических ресурсов (автопоездов) опишем кортежем:

$$k_{\text{техн}} = \langle U_{\text{техн.комф.}}, U_{\text{техн.безопасн.}}, U_{\text{техн.эколог.}} \rangle, \quad (3.10)$$

где $U_{\text{техн.комф.}}$ – уровень комфортной работы с автопоездом при выполнении операции (информативность, функциональность и т.п.);

$U_{\text{техн.безопасн.}}$ - необходимый уровень обеспечения безопасности при движении автопоезда;

$U_{\text{техн.эколог.}}$ - необходимый уровень экологии при движении автопоезда;

5. Характеристика свойств элемента 7.3.6. «Коммуникации»

- Количественные свойства коммуникаций (перрона) при движения тягача автопоезда от грузового терминала до места стоянки ВС.

Расчёт площади перрона при транспортировке груза от грузового терминала до места стоянки ВС, производим по формуле

$$S_{\text{комм}} = \frac{Q_{\text{автоб}}}{p_{\text{комм}} \cdot t_{\text{комм}} \cdot k_{\text{комм}}}, \quad (3.11)$$

где $S_{\text{комм}}$ – площадь трассы по маршруту движения автопоезда по перрону до места стоянки ВС, км^2 ;

$p_{\text{комм}}$ – производительность коммуникаций, $\frac{\text{автоб.}}{\text{м}^2 \cdot \text{мин}}$.

Площадь коммуникаций рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{комм}} = L_n \cdot H_{\text{полос}}, \quad (3.12)$$

где L_n – длина маршрута по перрону до места стоянки ВС, км ;

$H_{\text{полос}}$ – ширина полосы по нормативу, м .

- Качественные свойства коммуникаций (перрона) при движении автопоезда от грузового терминала до места стоянки ВС опишем кортежем

$$k_{\text{комм}} = \langle U_{\text{инф}}, U_{\text{освещ}} \rangle, \quad (3.13)$$

$U_{\text{инф}}$ – уровень информативности дорожных знаков,

$U_{\text{освещ}}$ – осветительные установки.

6. Характеристика свойств элемента 7.3.5. «Энергообеспечение операции»

Масса топлива в баке тягача автопоезда при доставке груза к борту ВС

$$m_{\text{топл}} = \mathcal{E}_{\text{топл}} \cdot \rho_{\text{топл}}, \quad (3.14)$$

где $\mathcal{E}_{\text{топл}}$ – объем необходимого топлива в баке тягача автопоезда при

выполнении при доставке груза к борту ВС, л;

$\rho_{\text{топл}}$ – удельная масса топлива ($\rho_{\text{топл}} = 0,85 \frac{\text{кг}}{\text{л}}$)

$$\mathcal{E}_{\text{топл}} = R_{\text{автоб}} \cdot L_n = R_{\text{автоб}} \cdot V_n \cdot k_v \cdot t_{\text{тр}}, \quad (3.15)$$

где $R_{\text{автоб}}$ – удельный расход топлива двигателя тягача автопоезда, л/100км;

Количество электроэнергии для освещения перрона $\mathcal{E}_{\text{эл}}$.

$$\mathcal{E}_{\text{эл}} = \frac{R_{\text{лампы}} \cdot N_{\text{лампы}}}{t_{\text{тр}}}, \quad (3.16)$$

где $R_{\text{лампы}}$ – расход электроэнергии одной лампы в час, кВт ч/лампы,

$N_{\text{лампы}}$ – количество ламп (электросветотехническое обеспечение аэродрома), лампы,

7. Характеристика свойств элемента 7.3.7. «Экология»

Ограничения свойств элементов процесса транспортировки по уровню экологии опишем кортежем:

$$E_{\text{тр}} = \langle E_{\text{груз}}, E_t, E_{\text{водит}}, E_{\text{трансп}}, E_{\text{комм}}, E_{\text{эн}} \rangle. \quad (3.17)$$

Для каждого элемента необходимо вычислить коэффициент уровня экологичности, через отношение фактического уровня к нормативному:

$$k_t^E = \frac{E_t^{\text{факт}}}{E_t^{\text{норм}}}; k_{\text{груз}}^E = \frac{E_{\text{груз}}^{\text{факт}}}{E_{\text{груз}}^{\text{норм}}}; k_{\text{водит}}^E = \frac{E_{\text{водит}}^{\text{факт}}}{E_{\text{водит}}^{\text{норм}}}; k_{\text{трансп}}^E = \frac{E_{\text{трансп}}^{\text{факт}}}{E_{\text{трансп}}^{\text{норм}}}; k_{\text{комм}}^E = \frac{E_{\text{комм}}^{\text{факт}}}{E_{\text{комм}}^{\text{норм}}}; k_{\text{эн}}^E = \frac{E_{\text{эн}}^{\text{факт}}}{E_{\text{эн}}^{\text{норм}}}, \quad (3.18)$$

вследствие чего, получим коэффициент уровня экологичности элементов модуля (операции) 7.3.7

$$k_{\text{тр}}^E = \frac{E_{\text{тр}}^{\text{факт}}}{E_{\text{тр}}^{\text{норм}}}. \quad (3.19)$$

8. Характеристика свойств элемента 7.3.8. «Безопасность»

Ограничения свойств элементов процесса транспортировки по уровню безопасности опишем кортежем:

$$S_{\text{тр}} = \langle S_{\text{груз}}, S_t, S_{\text{водит}}, S_{\text{трансп}}, S_{\text{комм}}, S_{\text{эн}} \rangle. \quad (3.20)$$

Для каждого элемента необходимо вычислить коэффициент уровня безопасности, через отношение фактического уровня к нормативному:

$$k_t^S = \frac{S_t^{\text{факт}}}{S_t^{\text{норм}}}; k_{\text{груз}}^S = \frac{S_{\text{груз}}^{\text{факт}}}{S_{\text{груз}}^{\text{норм}}}; k_{\text{водит}}^S = \frac{S_{\text{водит}}^{\text{факт}}}{S_{\text{водит}}^{\text{норм}}}; k_{\text{трансп}}^S = \frac{S_{\text{трансп}}^{\text{факт}}}{S_{\text{трансп}}^{\text{норм}}}; k_{\text{комм}}^S = \frac{S_{\text{комм}}^{\text{факт}}}{S_{\text{комм}}^{\text{норм}}}; k_{\text{эн}}^S = \frac{S_{\text{эн}}^{\text{факт}}}{S_{\text{эн}}^{\text{норм}}}, \quad (3.21)$$

вследствие чего получим коэффициент уровня безопасности элементов модуля (операции) 7.3.8:

$$k_{tr}^S = \frac{S_{tr}^{\text{факт}}}{S_{tr}^{\text{норм}}}, \quad (3.22)$$

9. Характеристика свойств элемента 7.3.9. «Документ»

Ограничения свойств элементов процесса транспортировки по нормативным требованиям регламентирующих документов опишем кортежем:

$$D_{tr} = \langle D_{\text{груз}}, D_t, D_{\text{водит}}, D_{\text{трансп}}, D_{\text{комм}}, D_{\text{эн}}, D_{\text{эк}}, D_{\text{безоп}} \rangle. \quad (3.23)$$

Для каждого элемента необходимо вычислить коэффициент уровня соответствия элементов в модуле требованиям регламентирующих документов через отношение фактического уровня к нормативному:

$$k_t^D = \frac{D_t^{\text{факт}}}{D_t^{\text{норм}}}; k_{\text{груз}}^D = \frac{D_{\text{груз}}^{\text{факт}}}{D_{\text{груз}}^{\text{норм}}}; k_{\text{водит}}^D = \frac{D_{\text{водит}}^{\text{факт}}}{D_{\text{водит}}^{\text{норм}}}; k_{\text{трансп}}^D = \frac{D_{\text{трансп}}^{\text{факт}}}{D_{\text{трансп}}^{\text{норм}}};$$

$$k_{\text{комм}}^D = \frac{D_{\text{комм}}^{\text{факт}}}{D_{\text{комм}}^{\text{норм}}}; k_{\text{эн}}^D = \frac{D_{\text{эн}}^{\text{факт}}}{D_{\text{эн}}^{\text{норм}}}; k_{\text{эк}}^D = \frac{D_{\text{эк}}^{\text{факт}}}{D_{\text{эк}}^{\text{норм}}}; k_{\text{безоп}}^D = \frac{D_{\text{безоп}}^{\text{факт}}}{D_{\text{безоп}}^{\text{норм}}}, \quad (3.24)$$

вследствие этого, получим коэффициент уровня соответствия элементов модуля (операции) 7.3.9 требованиям, регламентирующих документов:

$$k_{tr}^D = \frac{D_{tr}^{\text{факт}}}{D_{tr}^{\text{норм}}}. \quad (3.25)$$

Предлагаемый подход создаёт предпосылки для систематизации внутренней аудиторской проверки технологических процессов на грузовом терминале в АвиаТЛУ.

Таким образом, в результате рассмотрения матрицы взаимодействия элементов, обеспечивающих выполнение операции 7.3. «Транспортировка груза до места стоянки ВС» можно сформировать математическую модель расчёта времени операции в зависимости от свойств (параметров) рассмотренных выше элементов модуля взаимосвязанных и

взаимодействующих между собой в условиях ограничений по нормам экологии, безопасности и требованиям нормативных документов.

$$t_{mp} = \frac{Q_{ПТ}}{P_{mp} \cdot k_{зр} \cdot k_t \cdot k_{перс} \cdot k_{трансп} \cdot k_{комм} \cdot k_{эн} \cdot k_{mp}^E \cdot k_{mp}^S \cdot k_{mp}^D}, \quad (3.26)$$

где P_{mp} - производительность модуля (операции) 7.3. «Транспортировка груза до места стоянки ВС» при коэффициентах стремящихся к единице: $k_{зр} \cdot k_t \cdot k_{перс} \cdot k_{трансп} \cdot k_{комм} \cdot k_{эн} \cdot k_{mp}^E \cdot k_{mp}^S \cdot k_{mp}^D \rightarrow 1$.

Подобным образом необходимо выполнить расчёт рабочего времени каждого модуля и по всем этапам в зависимости от свойств их элементов. Тогда величина времени выполнения операции и этапов на протяжении всей работы по обслуживанию груза в соответствии с планом подготовки рейса можно рассчитать по формулам (2.9-2.13), но в обратном порядке.

3.2. Верификация математической модели j -го модуля n -ой подсистемы системы «Коммерческой готовности рейса»

Основными этапами верификации математической модели j -го модуля n -ой подсистемы системы «Коммерческой готовности рейса» являются:

1. Верификация параметров, подставление численных значений параметров элементов в математическую модель расчёта времени выполнения операции j -го модуля n -ой подсистемы системы «Коммерческой готовности рейса».

2. Верификация вычислений, получение результатов расчёта времени выполнения операции j -го модуля n -ой подсистемы системы «Коммерческой готовности рейса».

При этом необходимо заметить, что ни один из этапов верификации не позволяет определить, насколько разработанные математические модели времени адекватны объекту исследования. Оценка соответствия численной модели реальному миру относится к задачам валидации, которая позволяет определить, насколько количественные и качественные свойства (параметры)

элементов, включенные в расчетную модель времени, соответствуют постановке исходной задачи и достаточны для получения требуемых решений [177].

Процесс верификации и валидации физической и математической модели, схематически представлен на рисунке 3.1.

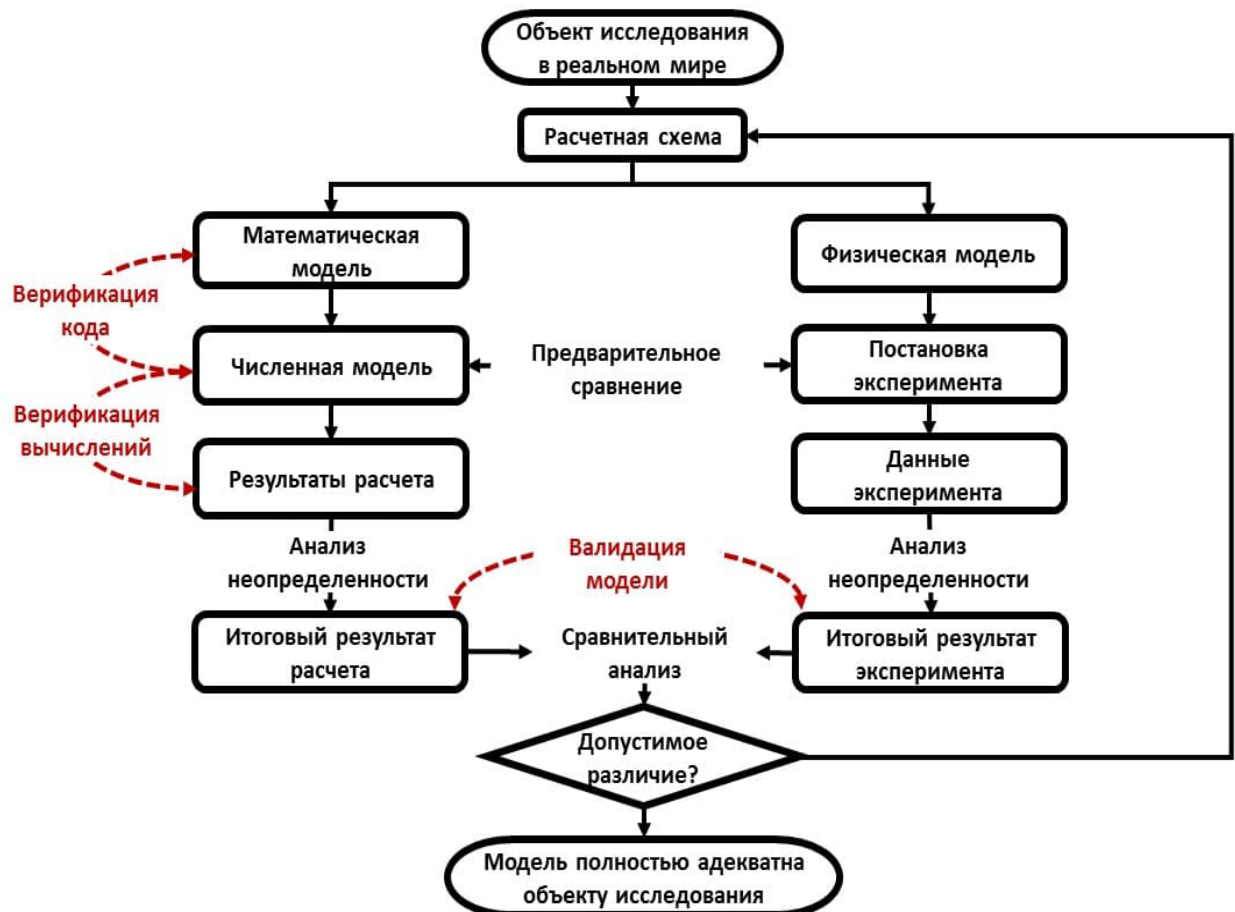


Рисунок 3.1 – Верификация и валидация математической модели

После выбора расчетной схемы процесс верификации и валидации расходится на две ветви. Левая ветвь относится к области математического моделирования, а правая – к области физического эксперимента. В конечном итоге лишь физические наблюдения могут подтвердить или опровергнуть адекватность выбранной расчетной схемы и математической модели для представления объекта исследования. Тесное взаимодействие инженеров-расчетчиков и экспериментаторов требуется на всех стадиях процедуры верификации и валидации, т.к. математическая и физическая модели обязательно будут отличаться. Как простой пример, рассмотрим задачу

нагружения балки, заделанной на одном конце. С точки зрения математика граничное условие заделки является тривиальным, но в физической лаборатории не существует оборудования, обеспечивающего такое явление как полная заделка, вследствие конечной жесткости оборудования и трехмерного характера физической модели, в отличие от математической модели балки. Таким образом, некоторые элементы расчетной схемы достаточно просто включить как в математическую, так и в физическую модель, а иные – гораздо сложнее. Для понимания природы этих расхождений и их возможного устранения должны проводиться предварительные расчеты (рисунок 3.1).

Также крайне важно, чтобы результаты эксперимента не были бы известны расчетчикам заранее, до получения численного решения. Основная причина этого – убедиться в "предсказательных возможностях" численной модели. Если результаты эксперимента известны расчетчику заранее, что естественным будет желание «настроить» модель на конкретный результат. Это снижает уровень доверия к численной модели.

Дополнительно важно отметить, что в моделировании и эксперименте важна роль неопределенности и, как следствие - повторяемости результатов. Ожидается, что при проведении одного и того же эксперимента результаты должны в определенной степени коррелировать между собой. Степень корреляции необходимо измерять. Точно также любая численная модель содержит ряд параметров (например, свойства элементов модуля), которые являются в реальном мире не детерминистическими, а стохастическими величинами. Соответственно, при проведении численного моделирования необходимо проводить оценку чувствительности решения к неопределенности исходных данных.

Оценка чувствительности расчетной схемы была проведена статистическим методом на основе проведения вариационных расчетов и последующим вычислением значений коэффициентов корреляции r –Пирсона, ρ –Спирмана и τ –Кендалла [177].

Расчет коэффициента корреляции r –Пирсона имеет вид:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (3.27)$$

где x_i – значения переменной X ; y_i – значения переменной Y ; $\bar{x}$ – среднее арифметическое для переменной X ; $\bar{y}$ – среднее арифметическое для переменной Y .

Текущая формула коэффициента корреляции Пирсона предполагает, что мы должны взять разность между каждым значением x_i переменной X , и ее средним значением $\bar{x}$. С целью оптимизации расчетов преобразуем расчеты коэффициента корреляции Пирсона:

$$r_{xy} = \frac{N \cdot \sum_{i=1}^N (x_i - y_i) - \left(\sum_{i=1}^N x_i \cdot \sum_{i=1}^N y_i \right)}{\sqrt{N \cdot \sum_{i=1}^N x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2 \cdot N \cdot \sum_{i=1}^N y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N y_i \right)^2}}. \quad (3.28)$$

Расчет коэффициента корреляции ρ –Спирмана следующая:

$$\rho_{xy} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (x_i - y_i)}{N(N^2 - 1)}. \quad (3.29)$$

Коэффициент ранговой корреляции τ –Кендалла является альтернативой методу определения корреляции ρ –Спирмана. Он предназначен для определения взаимосвязи между двумя ранговыми переменными.

Интерпретация результатов вычисления коэффициента ранговой корреляции τ –Кендалла определяется как разность вероятностей совпадения и инверсии в рангах.

Для одних и тех же значений переменных значения коэффициента корреляции ρ –Спирмена будет всегда немного больше, чем значения коэффициента ранговой корреляции τ –Кендалла, тогда как уровень значимости будет одинаков или же у коэффициента корреляции τ –Кендалла будет немного больше.

Формула вычисления коэффициента ранговой корреляции τ –Кендалла отличается от формулы коэффициента корреляции ρ –Пирсона, и может быть

выражена как:

$$\tau_{xy} = \frac{P(p) - P(q)}{N \frac{(N-1)}{2}}, \quad (3.30)$$

где $P(p)$ – число совпадений, $P(q)$ – число инверсий, N – объем выборки.

В упрощенном виде формулу коэффициента корреляции Кендалла можно записать как:

$$\tau_{xy} = \frac{4P}{N(N-1)} - 1. \quad (3.31)$$

При наличии связанных рангов формула изменяется с учетом поправки на связанные ранги:

$$\tau_{xy} = \frac{P(p) - P(q)}{\sqrt{N \frac{(N-1)}{2} - K_x} \cdot \sqrt{N \frac{(N-1)}{2} - K_y}}, \quad (3.32)$$

где K_x – поправка на связи рангов переменной X ;

K_y – поправка на связи рангов переменной Y .

$$K_x = 0,5 \sum_i (j_i - 1), \quad (3.33)$$

где i – количество групп связей по X , j_i – численность группы X

$$K_y = 0,5 \sum_i (j_i - 1), \quad (3.34)$$

где i – количество групп связей по Y , j_i – численность группы Y

Определение ошибки коэффициентов корреляции, вычисленного методом квадратов (r -Пирсона), и ранговыми методами (ρ -Спирмена и τ -Кендалла), производится по формулам:

$$m_{r_{xy}} = \sqrt{\frac{1 - r_{xy}^2}{n - 2}}, \quad m_{\rho_{xy}} = \sqrt{\frac{1 - \rho_{xy}^2}{n - 2}}, \quad m_{\tau_{xy}} = \sqrt{\frac{1 - \tau_{xy}^2}{n - 2}}. \quad (3.35)$$

Обработка результатов моделирования выполнялась с применением программного продукта IBM SPSS Statistics 19 на основе статистических наблюдений, выборкой $N=57$.

Приведем результаты корреляционного анализа определяющие взаимосвязь элементов и производительность модуля (операции).

При этом ясно, что две переменные могут быть связаны таким образом, что при возрастании значений одной из них значения другой убывают, что показывает отрицательный коэффициент корреляции (переменные

отрицательно коррелированы).

Корреляционная зависимость показывает взаимозависимость двух или нескольких случайных величин, т.е. при изменении значения одной переменной происходит закономерное изменение (уменьшению или увеличению) другой переменной.

При расчете корреляций пытаются определить, существует ли статистически достоверная связь между двумя или несколькими переменными в одной или нескольких выборках. Например, взаимосвязь между уровнем подготовленности персонала или уровнем готовности технических средств при выполнении операции и его временем, между стажем работы и производительностью модуля.

Важно понимать, что корреляционная зависимость отражает только взаимосвязь между переменными и не говорит о причинно-следственных связях. Корреляционная связь лишь говорит о взаимосвязанности данных параметров, причем в данной конкретной выборке, в другой выборке мы можем не наблюдать полученные корреляции.

Показатель корреляции. Коэффициент корреляции (r) характеризует величину, отражающую степень взаимосвязи двух переменных между собой. Он может варьировать в пределах от -1 (отрицательная корреляция) до $+1$ (положительная корреляция). Если коэффициент корреляции равен 0 , то это свидетельствует об отсутствии корреляционных связей между переменными. Причем если коэффициент корреляции ближе к 1 (или -1) то можно говорить о сильной корреляции, а если ближе к 0 , то о слабой.

При положительной корреляции увеличение (или уменьшение) значений одной переменной ведет к закономерному увеличению (или уменьшению) другой переменной, т.е. взаимосвязи типа увеличение-увеличение (уменьшение-уменьшение).

При отрицательной корреляции увеличение (или уменьшение) значений одной переменной ведет к закономерному уменьшению (или увеличению) другой переменной, т.е. взаимосвязи типа увеличение-уменьшение (уменьшение-увеличение).

Таблица 3.1 – Результаты корреляционного анализа коэффициентов методом квадратов r -Пирсона

Результаты корреляционного анализа коэффициентов методом квадратов r-Пирсона											
	Время	Груз	Персонал	Техника	Коммуникации	Энергоресурсы	Экология	Безопасность	Документы		
Время	Корреляция Пирсона	1	-,293*	-,621**	,780**		-,586**	-,239	,113	-,078	,643**
	Знач. (двухсторонняя)		,027	,000	,000		,000	,074	,403	,562	,000
Груз	Корреляция Пирсона	-,293*	1	-,100	-,515**		-,301*	-,058	-,328*	-,457**	-,427**
	Знач. (двухсторонняя)		,027	,459	,000		,023	,667	,013	,000	,001
Персонал	Корреляция Пирсона	-,621**	1	-,485	-,725**		,725**	,547**	,379**	,328*	,106
	Знач. (двухсторонняя)		,000	,459	,000		,000	,000	,004	,013	,433
Техника	Корреляция Пирсона	,780**	-,515**	-,485**	1	-,547**		,059	-,060	-,296*	,647**
	Корреляция Пирсона	-,586**	-,301*	,725**	-,547**	1		-,090	,618**	-,239	-,158
Коммуникации	Знач. (двухсторонняя)		,000	,000	,000		,504	,073	,000		,240
	Корреляция Пирсона	-,239	-,058	,547**	,059	-,090		1	-,382**	,590**	,209
Энергоресурсы	Знач. (двухсторонняя)		,074	,667	,000	,665	,504	,003		,000	,118
	Корреляция Пирсона	,113	-,328*	,379**	-,060	,618**		-,382**	1	-,216	,466**
Экология	Знач. (двухсторонняя)		,403	,013	,004	,657	,000	,003		,107	,000
	Корреляция Пирсона	-,078	,457**	,328*	-,296*	-,239		,590**	-,216	1	,046
Безопасность	Знач. (двухсторонняя)		,562	,000	,013	,025	,073	,000	,107		,731
	Корреляция Пирсона	,643**	-,427**	,106	,647**	-,158		,209	,466**	,046	1
Документы	Знач. (двухсторонняя)		,000	,433	,000	,240	,000	,118	,000	,731	
	*. Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).										
**. Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).											

*. Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).

**. Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

Таблица 3.2 – Результаты корреляционного анализа коэффициентов ранговых метод τ -Кендалла

Результаты корреляционного анализа коэффициентов ранговым методом τ-Кендалла									
	Время	Груз	Персонал	Техника	Коммуникации	Энергоресурсы	Экология	Безопасность	Документы
Время	Коэффициент корреляции	1,000	-1,111	-5,777**	6,04**		0,073	219	550**
	Знач. (двухсторонняя)	.	315	0,000	0,000	-7,700**	500	051	000
Груз	Коэффициент корреляции	-1,111	1,000	-1,158	-217	-252*	-315**	437**	-431**
	Знач. (двухсторонняя)	315	.	166	057	033	004	000	000
Персонал	Коэффициент корреляции	-5,777**	-1,158	1,000	-593**	756**	467**	261*	-048
	Знач. (двухсторонняя)	000	166	.	000	000	000	023	658
Техника	Коэффициент корреляции	604**	-2,217	-5,593**	1,000	-590**	-196	-381**	410**
	Знач. (двухсторонняя)	000	057	000	.	000	079	001	000
Коммуникации	Коэффициент корреляции	-7,700**	-2,252*	756**	-590**	000	525**	-075	-225*
	Знач. (двухсторонняя)	000	033	000	000	1,000	000	533	047
Энергоресурсы	Коэффициент корреляции	038	065	421**	-291**	000	016	619**	278**
	Знач. (двухсторонняя)	724	559	000	009	1,000	883	000	009
Экология	Коэффициент корреляции	073	-315**	467**	-196	525**	1,000	169	314**
	Знач. (двухсторонняя)	500	004	000	079	000	.	132	003
Безопасность	Коэффициент корреляции	219	437**	261*	-381**	619**	169	1,000	013
	Знач. (двухсторонняя)	051	000	023	001	533	132	.	903
Документы	Коэффициент корреляции	550**	-431**	-048	410**	278**	314**	013	1,000
	Знач. (двухсторонняя)	000	000	658	000	047	003	903	.
*. Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).									
**. Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).									

*. Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).

**. Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

Таблица 3.3 – Результаты корреляционного анализа коэффициентов ранговых метод ρ -Спирмена

Результаты корреляционного анализа коэффициентов ранговых метод ρ -Спирмена										
		Время	Груз	Персонал	Техника	Коммуникации	Энергоресурсы	Экология	Безопасность	Документы
Время	Коэффициент корреляции	1,000	-,084	-,611**	,654**	-,756**	,009	-,069	,233	,681**
	Знач. (двухсторонняя)	.	,533	,000	,000	,000	,948	,612	,080	,000
Груз	Коэффициент корреляции	-,084	1,000	-,154	-,250	-,286*	,112	-,377**	,420**	-,460**
	Знач. (двухсторонняя)	,533	.	,254	,061	,031	,407	,004	,001	,000
Персонал	Коэффициент корреляции	-,611**	-,154	1,000	-,688**	,851**	,576**	,585**	,326*	-,024
	Знач. (двухсторонняя)	,000	,254	.	,000	,000	,000	,000	,013	,858
Техника	Коэффициент корреляции	,654**	-,250	-,688**	1,000	-,661**	-,351**	-,299*	-,437**	,532**
	Знач. (двухсторонняя)	,000	,061	,000	.	,000	,007	,024	,001	,000
Коммуникации	Коэффициент корреляции	-,756**	-,286*	,851**	-,661**	1,000	,073	,661**	-,083	-,225
	Знач. (двухсторонняя)	,000	,031	,000	,000	.	,588	,000	,538	,092
Энергоресурсы	Коэффициент корреляции	,009	,112	,576**	-,351**	,073	1,000	,041	,758**	,233
	Знач. (двухсторонняя)	,948	,407	,000	,007	,588	.	,765	,000	,081
Экология	Коэффициент корреляции	-,069	-,377**	,585**	-,299*	,661**	,041	1,000	,179	,419**
	Знач. (двухсторонняя)	,612	,004	,000	,024	,000	,765	.	,182	,001
Безопасность	Коэффициент корреляции	,233	,420**	,326*	-,437**	-,083	,758**	,179	1,000	,147
	Знач. (двухсторонняя)	,080	,001	,013	,001	,538	,000	,182	.	,275
Документы	Коэффициент корреляции	,681**	-,460**	-,024	,532**	-,225	,233	,419**	,147	1,000
	Знач. (двухсторонняя)	,000	,000	,858	,000	,092	,081	,001	,275	.
*. Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).										
**. Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).										

3.3. Валидация математической модели j -го модуля n -ой подсистемы системы «Коммерческой готовности рейса»

Валидация разработанной математической модели, позволяет определить степень соответствия расчетной модели реальным технологическим процессам грузового терминала для повышения пропускной способности АвиаТЛУ и темпа производства транспортной продукции.

Результаты экспериментов, выполненных по разработанной методике при построении математических моделей модулей, подсистем и систем с учётом факторного анализа на базе использования статистического пакета IBM SPSS Statistics 19 (Приложение 1), показывают сходимость математической модели с производственным технологическим процессам на грузовом терминале в АвиаТЛУ.

Проведенные эксперименты на отраслевых предприятиях, что подтверждается актами внедрения (Приложение 2-6), показывают достаточный уровень сходимости разработанной математической модели к реальным процессам в транспортных системах.

Выводы по главе 3

Использование в производственных процессах современных средств автоматизации, адаптивных систем, навигационных систем, детекторов, гироскопических систем, лазерных средств считывания информации, дает возможность контролировать изменения свойств средств производства и регулировать состояние потоков в ТЛК СП и повышать уровень безопасности. Интеллектуализация ТЛК СП определяет дальнейшее развитие концепции управления цепями поставок (Supply Chain Management) и формирование на рынке транспортных услуг – 5PL-провайдера [59].

Новые требования к интеллектуализации ТЛК СП, определяют дальнейшие направления исследования отраслевых транспортных систем, с учётом возмущающих факторов на всех этапах и операциях рассматриваемой системы:

1. Построение матричной модели рассматриваемой системы и декомпозиция ее до модуля операции и выполняющих ее элементов.
2. Определение наиболее проблемных этапов и операций в основном технологическом процессе рассматриваемой системы и наиболее весомых и опасных для работы каждого модуля при взаимодействии свойств элементов.
3. Определение факторов, влияющих на состояние свойств каждого элемента модуля и выполняемую операцию.
4. Экспертная оценка возможного отклонения выбранной величины параметров каждого элемента и влияние их на величину задержки времени операции.
5. Определение величины потерь объемных показателей элементов необходимых для выполнения операции с учётом факторов по каждому элементу.
6. Оценка эффективности работы модуля с учетом влияющих факторов.
7. Разработка мероприятий по защите свойств элементов модуля.
8. Разработка предложений по минимизации времени за счет использования предлагаемых мер (замена оборудования, техники, внедрение новых информационных технологий и интеллектуализации транспортных процессов т.д.).

9. Оценка эффективности разработанных мероприятий в экономико-математической модели ТЛК СП.

Разработанный метод комплексного исследования и оценки эффективности технологических процессов в АвиаТЛУ определяет необходимость формирования интеллектуальной системы ТЛК СП на единых принципах, структура которой рассмотрена в четвертой главе.

4. ФОРМИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА СМЕШАННЫХ ПЕРЕВОЗОК

4.1. Формирование экспертной системы поддержки принятия решений менеджера-оператора транспортно-логистического центра

С учётом проблем транспорта России, сформулированных в «Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года» [1] и быстрых темпов развития транспортных рынков, как в России, так и за рубежом внедрение современных интеллектуальных информационных систем поддержки принятия решений на производстве является ключевым вопросом в эффективности управления большими и сложными системами, такими как транспортно-логистические системы.

Развитие экономики России, формирование единой транспортной системы, включающей товаро-пассажиро проводящую сеть и все виды транспорта, в соответствии с периодом Четвертой промышленной революции (Индустрия 4.0) неизбежно приводит к инновационному развитию с проектированием, организацией и созданием обоснованных центров управления транспортными потоками – межотраслевых информационно-логистических центров [24,58,66,77,155,156,190]. Создание таких транспортно-логистических центров основывается на внедрении системы управления взаимодействием участников транспортно-логистической цепочки, осуществляющей свою деятельность с помощью менеджеров по управлению взаимодействием [192]. Успешность деятельности таких менеджеров существенно зависит от эффективности работы системы поддержки принятия решений. Среди основополагающих задач, решение которых составляет суть работы системы поддержки принятия решений, одно из центральных мест занимает задача маршрутизации, задача выбора оптимальных с точки зрения одного или совокупности обоснованных показателей эффективности

маршрутов перевозки товаров различного вида и пассажиров [155,190].

Эффективную деятельность единой транспортной системы обеспечивает единая инфотелекоммуникационная-система, состоящая из информационно-логистических центров соответствующего географического уровня и этапов жизненного цикла создания продукции. Сформированная на единой методологической основе и способная объединить различные информационные потоки участников транспортно-логистических маршрутов, она базируется на использовании новых информационных технологий, экономико-математических методов, информационно-вычислительной техники и предполагает участие специально подготовленного персонала.

Единая информационная система транспорта страны должна быть совместима с информационными системами производителей и потребителей транспортной продукции по этапам жизненного цикла товара «от добычи сырья до производства и сбыта конкретной продукции (доставки потребителю)». Необходимо так организовать транспортный процесс, чтобы продукция каждого этапа жизненного цикла была доставлена к началу следующего производственного этапа в соответствии с принципами логистики «точно в срок» и «от двери до двери» [59].

При переходе страны от жёсткой командно-административной системы к рыночной экономике, например, на воздушном транспорте сформировались принципы разделения авиационных предприятий на самостоятельные – система управления воздушным движением в государственную службу единой системы организации воздушного движения и независимые хозяйствующие субъекты – авиационные предприятия и аэропорты с одновременной приватизацией и акционированием, что определило разрушение функциональных связей между отраслевыми предприятиями, и как следствие нарушение принципов логистики при формировании материальных, информационных и финансовых потоков. Аналогичная ситуация отсутствия взаимодействия видится на других отраслевых транспортных рынках, что влияет на сегодняшний уровень развития транспортной системы нашей страны.

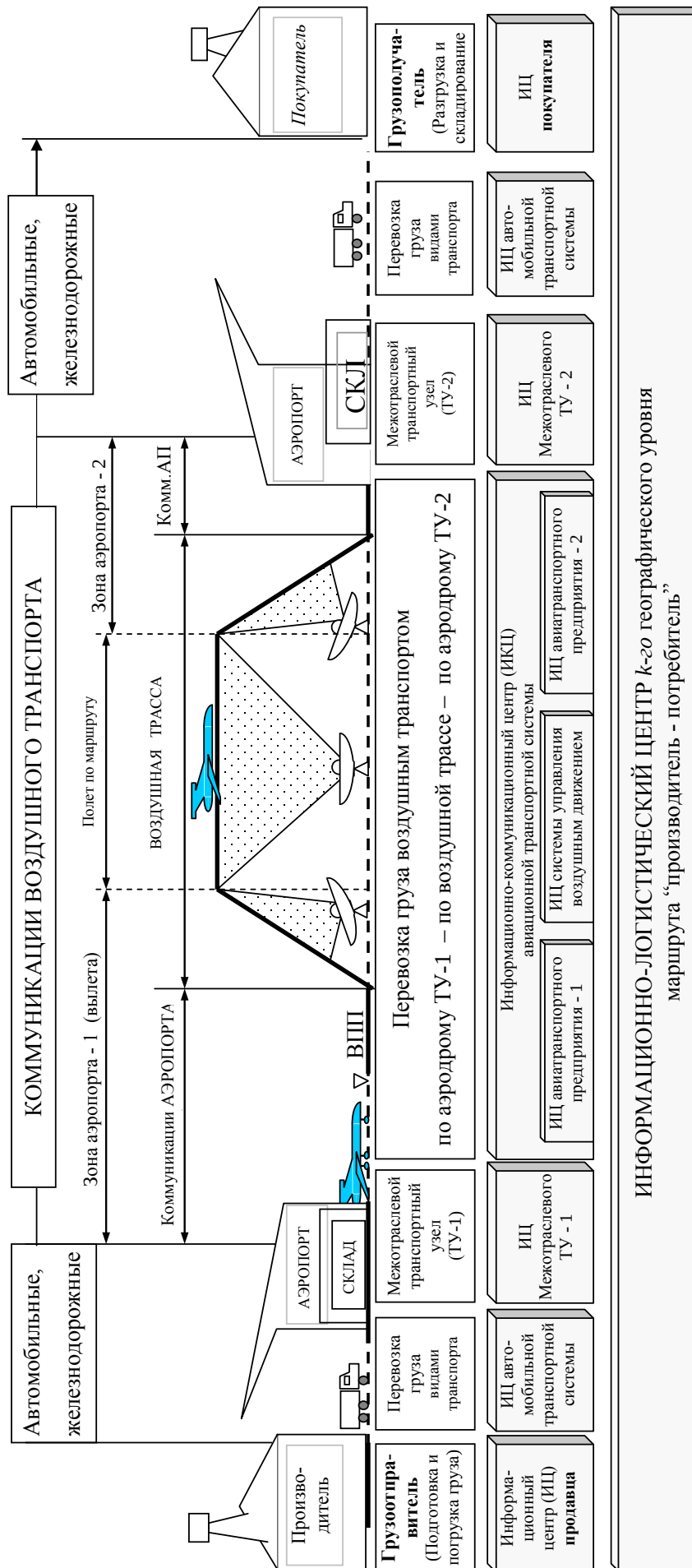


Рисунок 4.1 – Схема перевозки груза по логистическому принципу «от двери до двери» и информационного взаимодействия между ИЦ участников транспортно-логистической системы

Единая инфотелекоммуникационная система (ЕИТКС) транспорта должна быть совместима с информационными системами производителей и потребителей транспортной продукции по этапам жизненного цикла товара.

Развитая сеть наземной связи, построенная с использованием новых информационных технологий и на принципах логистики, способна обеспечить оперативный обмен достоверной, своевременной и полной информацией между взаимодействующими участниками перевозок и органами обеспечения движения.

Решением проблем взаимодействия различных видов транспорта является предлагаемая методология комплексной системой управления взаимодействием всех участников транспортно-логистических систем от производителя до потребителя [196]. Формируя транспортно-логистические системы на принципах комплексности, системности и иерархичности необходимо сформировать и систему управления, учитывая размерность и количество связей между элементами системы, что определяет транспортно-логистическую систему как большую и сложную систему. В качестве основополагающих принципов создания новых интегрированных информационных технологий приняты:

- единое информационное пространство участников транспортно-технологических процессов;
- комплексный логистический подход в транспортной цепи от производителя до потребителя («от двери до двери»);
- высокий уровень телематики, безбумажной информационной технологии.

Современный уровень развития информационных систем даёт возможность формировать и обрабатывать информационные потоки в режиме реального времени. Но для эффективного уровня принимаемых решений менеджером-оператором необходима новая концепция формирования информационных систем на принципах трехмерности представления производственных процессов.

В связи с этим, рассмотрена система информационно-аналитической поддержки принятия решений информационно-логистического центра транспортного узла, способного объединить различные информационные потоки на базе новых информационных технологий, использования экономико-

математических методов, информационно-вычислительной техники, с участием специального подготовленного персонала для решения задач наилучшей организации и управления смешанными перевозками.

Эффективность взаимодействия транспортных систем в складывающихся рыночных условиях определяется, в большой степени, гибкостью организационной структуры комплексной системы управления и эффективно организованной информационной системой, способной быстро адаптироваться к постоянно изменяющимся условиям среды [59].

Управление взаимодействием всех участников ТЛК СП выполняют менеджеры-операторы по направлениям взаимодействий в транспортно-логистическом центре (рисунок 4.2).

При оценке эффективности управления взаимодействием в авиационной транспортной системе необходимо рассматривать совместно менеджеров предприятия-отправителя, менеджеров и операторов системы авиаперевозок, а также менеджеров предприятия-получателя.

Комплексный характер системы управления заключается в реализации функций взаимодействия всех участников транспортно-логистической системы [59]: при выполнении коммерческой деятельности; при технологии перемещения груза и движении транспортных средств; при работе производственного и управленческого персонала; при технической совместимости транспортных средств; при использовании коммуникаций; при обеспечении экологии и безопасности работы участников на маршруте. Каждое направление характеризуется факторами, изменение которых влияет на взаимодействие участников смешанных перевозок. Оценка эффективности КСУ СП и качество работы менеджеров по направлениям осуществляется с помощью целевой функции (1.6).

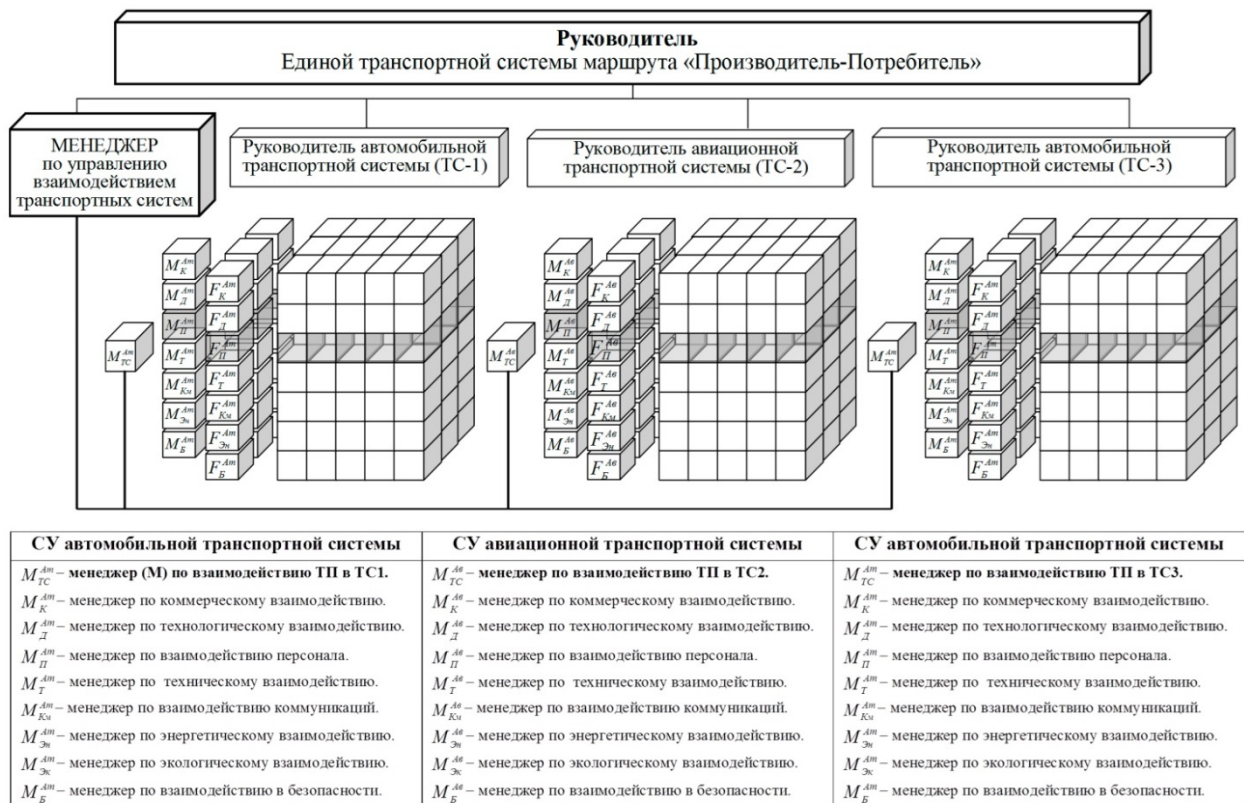


Рисунок 4.2 – Система управления взаимодействия менеджеров-операторов по направлениям в транспортно-логистическом центре

Концептуальной основой при выполнении декомпозиции, систематизации, синтеза сетей связи комплексной системы управления производственной деятельностью, формирования базы данных и системы поддержки принятия решений является многомерная матрица. Матрица информационной системы позволяет объединить потребности заказчика с возможностями территориального транспорта.

4.2. Предложения по формированию структуры информационно-логистического центра регионального уровня

Рассмотрим структуру информационно-логистического центра транспортной системы k -го географического уровня, на региональном уровне.

1. Информационный центр региональной транспортной системы (ИЦРТС) «Транспорт региона».

Цель: обеспечение участников перевозки статистической и аналитической информацией о потенциале регионального транспорта, о потребителях транспортных услуг и другой необходимой информацией. Потенциал транспорта региона m_{p1} отражен в трехмерной информационной матрице $[a_{ijn}]$ размера (I_p, J_p, N_p) , где a_{ijn} — элемент рассматриваемой системы, который является структурной единицей с шестью направлениями связей взаимодействия, определяющими свойство целостности системы.

Информация ИЦРТС позволяет судить о возможностях регионального транспорта по выполнению всех поставленных I_p целей видов перевозок и перевозимых объектов, участниками всех видов транспорта — J_p , расположенных в регионе на N_p субъектах, соединенных через ТУ транспортными и информационными коммуникациями. Величина потенциала регионального транспорта равна:

$$M_{p1} = \sum_{i=1}^{I_p} \sum_{j=1}^{J_p} \sum_{n=1}^{N_p} a_{ijn}. \quad (4.1)$$

2. Информационный блок (ИБ) n -го транспортного узла региональной ТС содержит информацию о потенциале всех видов транспорта, работающих в n -м транспортном узле, которая дает возможность выполнить I_p цели заказчиков участниками всех видов транспорта J_p , расположенных в n -м ТУ региона. Потенциал транспорта n -м регионального транспортного узла m_{p2n} при J_p видах транспорта для выполнения I_p целей заказчика определяется информацией, содержащейся в подматрице размера $(I_p \times J_p \times 1)$ упомянутой выше исходной информационной матрицы и определяется по формуле:

$$M_{p2n} = \sum_{i=1}^{I_p} \sum_{j=1}^{J_p} a_{ijn}. \quad (4.2)$$

Информация этого блока может быть использована, например, при системной оценке состояния и направлений развития потенциала ТУ, оценке рыночной привлекательности продукции предприятий территории и т.д.

3. ИБ региональной ТС маршрута i -го вида перевозки содержит информацию о потенциале региональных ТУ и региональных коммуникациях, способных выполнить одну i -ю цель заказчика. Соответствующий потенциал транспорта региона отражен в подматрице размерности $(1 \times J_p \times N_p)$, а его величину можно записать в виде:

$$M_{p3i} = \sum_{j=1}^{J_p} \sum_{n=1}^{N_p} a_{ijn}. \quad (4.3)$$

Наличие необходимой информации дает возможность подготовить и выполнить i -ю цель участниками всех видов транспорта J_p в регионе. Блок может быть использован, например, при транспортно-логистических системах смешанных перевозок, а также при выборе наиболее конкурентоспособных транспортных предприятий, образующих эффективно взаимодействующие отраслевые транспортные системы на определенных маршрутах.

4. ИБ регионального транспортного узла ТС маршрута содержит информацию о потенциале n -го ТУ и компаний всех J_p видов территориального транспорта при выполнении одной i -й цели. Информация отражена в подматрице размером $(1 \times J_p \times 1)$ исходной матрицы $[a_{ijn}]$, а величина этого потенциала равна:

$$M_{p4in} = \sum_{j=1}^{J_p} a_{ijn} \quad (4.4)$$

Информация позволяет подготовить и выполнить i -ю цель заказчика участникам всех видов транспорта J_p , расположенных в n -м ТУ.

5. ИБ отраслевой транспортной системы (ТС) региона содержит информацию о потенциале одного j -го вида транспорта, способного выполнить цели заказчика, соответствующие возможностям одного вида транспорта. Величина потенциала j -го вида $\{I_p \times j \times N_p\}$ транспорта региона для выполнения целей заказчика равна:

$$M_{p5j} = \sum_{i=1}^{I_p} \sum_{n=1}^{N_p} a_{ijn}. \quad (4.5)$$

Эта информация позволяет j -му виду регионального транспорта

подготовить и выполнить все возможные I_p цели.

6. ИБ n -го ТУ отраслевой ТС региона содержит информацию о потенциале одного вида транспорта, работающего в n -м отраслевом ТУ. Информация позволяет подготовить и выполнить I_p целей заказчиков участниками одного вида транспорта j_p , расположенным в n -м ТУ региона. Потенциал одной отрасли транспорта для выполнения I_p целей заказчика задается информацией в подматрице размера $(I_p \times 1 \times 1)$:

$$M_{p6jn} = \sum_{i=1}^{I_p} a_{ijn}. \quad (4.6)$$

Информация блока может быть использована, например, при системной оценке состояния и направлений развития потенциала ОТЛУ, при формировании отраслевого парка транспортных средств, оценке рыночной привлекательности продукции предприятий территории и прочее. Так, в г. Санкт-Петербург международный аэропорт «Пулково» является крупным АвиаТЛУ ($n=1$) в Северо-Западном регионе, через который выполняются все виды перевозок (ось I_p) с использованием грузового и пассажирских терминалов, развитой внешней и внутренней транспортной инфраструктурой, обслуживающий как регулярные, так и чартерные рейсы авиакомпаний с воздушными судами различных типов.

7. ИБ региональной отраслевой ТС маршрута i -го вида перевозки содержит информацию о потенциале региональных отраслевых ТУ и коммуникациях, способных выполнить одну i -ю цель заказчика. Потенциал транспорта j -й отрасли региона для выполнения i -й цели заказчика (ему соответствует информационная подматрица размера $(1 \times 1 \times N_p)$) определяется:

$$M_{p7ij} = \sum_{n=1}^{N_p} a_{ijn}. \quad (4.7)$$

8. ИБ регионального отраслевого ТУ ТС i -го вида перевозки является элементом региональной информационной системы, содержит информацию о потенциале n -го отраслевого ТУ и отраслевых компаний при выполнении одной i -й цели. Размер информационной подматрицы $(1 \times 1 \times 1)$. Величина потенциала

транспорта n -го ТУ для выполнения i -й цели заказчика, j -м видом транспорта и определяется по формуле:

$$M_{p8ijn} = a_{ijn}. \quad (4.8)$$

Информация способствует выполнению i -й цели заказчика участниками отраслевого транспорта, расположенным в n -м ТУ. Информация блока может быть использована, например, при системной оценке выбора конкурентоспособного транспортного средства для определенного вида (типа) перевозок. Этот блок трехмерной матрицы является «кирпичиком», из которого строятся все блоки информационной системы.

Проведенная декомпозиция трехмерной матрицы «Транспорт региона» по блочному принципу, позволяет сформировать организационную структуру регионального (межотраслевого многоцелевого) информационно-логистического центра.

С целью обеспечения эффективного взаимодействия участников перевозок необходимы информационные системы, которые сформированы на единых принципах и, независимо от регионального расположения потребителей транспортной продукции и ее производителей, позволяют подготовить требуемую для принятия эффективных решений информацию.

Таким образом, предложенный метод декомпозиции трехмерной матрицы «Транспорт k -го регионального уровня» по модульному принципу на образующие информационные модули (блоки), которые позволяют сформировать структуру информационно-аналитической системы k -го регионального уровня информационно-логистического центра. Таким же образом можно рассматривать все страты декомпозиции ТС и ЕИТКС при формировании логистических центров на соответствующих уровнях взаимоувязанной сети связи РФ. Обоснованный методологический подход с использованием трехмерных (кубических) матриц при организации единой транспортной системы может эффективно использоваться и при организации единой информационной системы, содействуя тем самым широкому внедрению электронного документооборота и стандарта EDIFACT/UN.

Все факторы, влияющие на эффективность выполнения смешанных перевозок, можно разделить на следующие группы: управляемые и неуправляемые; внешние и внутренние; определенные и неопределенные.

Принимаем, что классификация факторов взаимодействия участников смешанных перевозок [59] может быть представлена следующим образом:

1. *Факторы взаимодействия производственных систем в транспортных предприятиях (ТП), транспортных системах (ТС), ТЛС:*

- факторы взаимодействия между службами в ТП при выполнении производственных процессов связанных с ресурсообеспечением, подготовкой участников перевозки к работе в каждой службе и собственно перевозки;
- факторы взаимодействия между ТП в ТС;
- факторы взаимодействия между ТС в ТЛС;
- факторы взаимодействия между ТЛС и потребителями транспортной продукции (отправителем и получателем).

2. *Факторы взаимодействия систем управления (СУ) комплексами по направлениям в ТП, ТС, ТЛС:*

- факторы взаимодействия СУ между службами в ТП;
- факторы взаимодействия СУ между ТП в ТС;
- факторы взаимодействия СУ между ТС в ТЛС;
- факторы взаимодействия СУ комплексами по направлениям ТЛС и потребителями транспортной продукции (отправителем и получателем).

Эффективность решения проблем с помощью системного анализа определяется структурой решаемых проблем. Согласно классификации [67], все проблемы подразделяются на три класса, для которых создаются информационные системы: хорошо структурированные; слабоструктурированные; неструктурированные.

Формирование ЕИТКП между участниками перевозки сделает эффективным процесс сбора, накопления, обработки и самое главное

формализации информации для последующего использования в процессе принятия решений.

Проблема формализации концептуального знания в экспертных системах занимает сегодня важное место при управлении большими и сложными системами, такими как транспортно-логистические системы, выполняющие смешанные перевозки.

Процесс принятия решений неструктурированных или слабо структурированных проблем представляется весьма сложным в связи с высокой степенью неопределенности и энтропии. Условием снижения уровня энтропии является получение и структурирование информации в соответствии с п.п. 2.3 для системы выработки рекомендаций ЛПР в структуре системы поддержки принятия решений (СППР). Используя системный и комплексный подходы при функциональной декомпозиции технологических процессов в АвиаТЛУ, сформулируем предложения по организации информационных потоков в системе поддержки принятия решений ИЛЦ регионального уровня.

4.3. Предложения по организации информационных потоков в системе поддержки принятия решений ИЛЦ регионального уровня

Структура системы поддержки принятия решений (рисунок 4.3) сформирована на единой методологической основе и способна объединить различные информационные потоки участников транспортно-логистических маршрутов с использованием новых информационных технологий, экономико-математических методов, информационно-вычислительной техники, с участием специально подготовленного персонала. СППР являются инструментом для выработки альтернативных вариантов действий, анализа последствий их применения и совершенствования навыков руководителя в принятии решений.

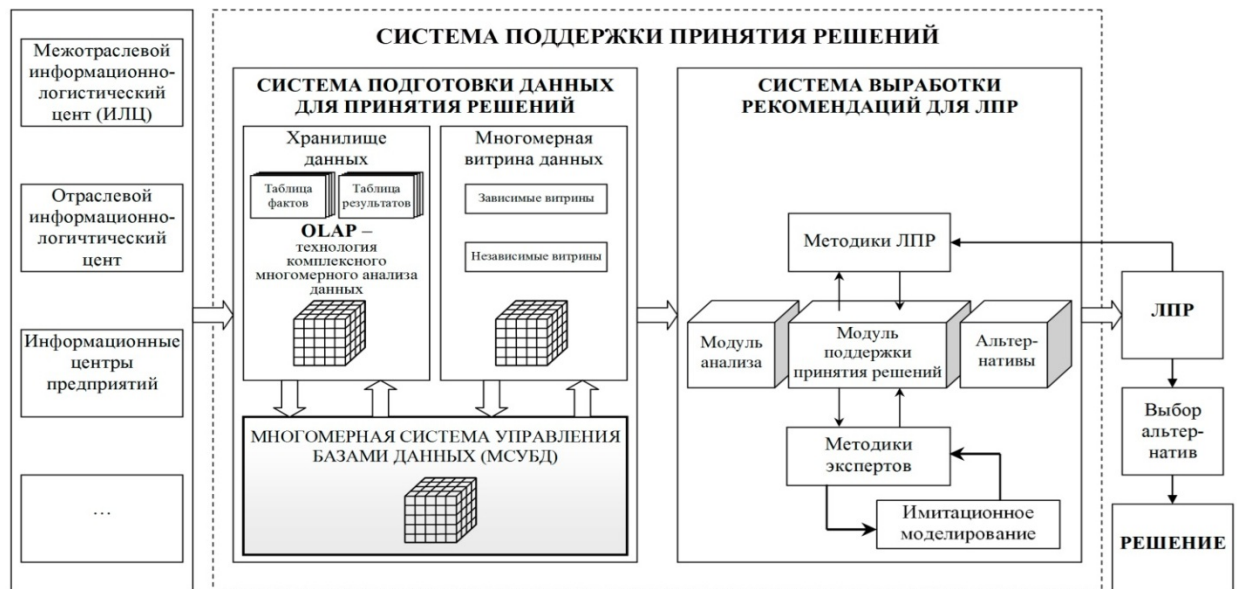


Рисунок 4.3 – Схема организации информационных потоков в системе поддержки принятия решений

Систему поддержки принятия решений можно представить как систему, состоящую из двух основных элементов: системы подготовки данных для принятия решений и системы выработки рекомендаций для ЛПР (менеджер по взаимодействию). Современный подход к информационному обеспечению СППР основан на интегрированных с многоуровневой архитектурой хранилищах данных, обеспечивающих единый доступ к информации.

В хранилище (многомерной базе) данных хранятся не реляционные таблицы, а OLAP-кубы, в которых рассмотрены варианты двумерных таблиц по всем трем осям многомерных кубов систематизированных по географическому принципу от межконтинентального уровня до транспортного предприятия, а также структура входной информации о состоянии производственно-хозяйственной деятельности транспортных предприятий. Элементами массива являются значения анализируемого показателя, а каждый индекс (или размерность) соответствует одному из параметров, от которых зависит рассматриваемый показатель.

При этом важно иметь возможность представления их в различных разрезах. С точки зрения структурного анализа, например, интересно видеть, как

транспортная ситуация определяется в зависимости от различных видов перевозок, тарифов каждого вида транспорта, возможностей транспортных средств, пропускной способности транспортных узлов и т.д.

Важнейшей подсистемой системы поддержки принятия решений является многомерная система управления базой данных. Информационная подсистема представляет собой совокупность экономических показателей, которые выбираются из статистической отчетности или получаются расчетным путем с использованием математических моделей. Подсистема математического моделирования выполняет оценку состояния системы, прогноз развития того или иного показателя, значения которых вводятся в базу знаний экспертной системы, например, для гражданской авиации форма Ф-67 ГА.

Современные системы поддержки принятия решения, возникшие как естественное развитие и продолжение управленческих информационных систем и систем управления базами данных, представляют собой интеллектуальные системы, способные решать слабоструктурированные и неструктурированные задачи, возникающие при взаимодействии участников ТЛК СП [185,190,198]. Основным аспектом создания интеллектуальной системы управления транспортом является автоматизация и интеллектуализация на основе инновационных решений новых информационных технологий, обеспечивающих минимальный уровень ресурсно-временных затрат, при сохранении уровня безопасности и экологичности на всех этапах работ ТЛК СП.

Примером может служить управление транспортными потоками в регионе и распределение транспортных средств на транспортной сети, таким образом, чтобы перевозка была осуществлена для заданного количества грузов различной номенклатуры или пассажиров с достижением наибольшей эффективности. А именно минимизацией затрат, что определяет снижение себестоимости транспортной продукции, как следствие у транспортной компании, появляется возможность снизить свои тарифы до уровня конкурентоспособных, и как результат транспортное предприятие получит максимум прибыли с учетом

минимальных затрат и максимального дохода [188]. Самая общая постановка такой задачи приведет к следующей математической модели:

Определить величины единиц груза или пассажиров, то есть потока вида (S):

$$x_{ij}^{(S)}(S = \overline{1, Q}; i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}). \quad (4.9)$$

Между пунктами i и j транспортной сети при стоимости перевозки единицы потока с учётом затрат на обслуживание в промежуточных пунктах величиной в $C_{ij}^{(S)}$ и выполнением ограничивающих условий:

$$a_r^{(S)} \leq \sum_{p | P_{(j)}=r} x_{rj} \leq b_r^{(S)} \quad s = \overline{1, Q}, \quad r = \overline{1, n}, \quad (4.10)$$

где $a_r^{(S)} = \min \sum_{j | P_{(j)}=r} x_{rj}^{(S)}$ - минимально возможный суммарный объём исходящих потоков вида S из пункта r ;

$b_r^{(S)} = \max \sum_{j | P_{(j)}=r} x_{rj}^{(S)}$ - максимально возможный суммарный объём исходящих потоков вида S из пункта r ;

$$a_i^{(S)} \leq x_{P_{(j)}i}^{(S)} \leq b_i^{(S)} \quad s = \overline{1, Q}, \quad i = \overline{1, \dots, r-1, r+1, \dots, n}, \quad (4.11)$$

где $a_i^{(S)}, b_i^{(S)}$ - минимально и максимально возможные потоки вида (S), входящие в i -ый пункт;

$$\underline{\mu}_{ij} \leq x_{ij}^{(S)} \leq \overline{\mu}_{ij} \quad i = \overline{1, n}; \quad j = \overline{1, m} \quad (4.12)$$

Нижняя и верхняя пропускные способности (x_{ij} -ой) ветви транспортной сети.

$$x_{P_{(j)}i}^{(S)} - \sum_{j | P_{(j)}=i} x_{ij}^{(S)} = 0; \quad s = \overline{1, Q}; \quad i = \overline{1, n}, \quad (4.13)$$

где $P_{(j)}$ - пункт, расположенный перед пунктом j в транспортной сети, с наименьшей суммарной стоимостью перевозки.

$$J_{\Sigma} = \sum_{S=1}^Q \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij}^{(S)} c_{ij}^{(S)} \rightarrow \min_{x_{ij}^{(S)}} \quad (4.14)$$

Данная транспортная задача линейного программирования сравнительно простейшая для случая $Q=1$ [92,170]. Для случая $Q \geq 2$ алгоритм её решения существенно усложняется. Для её решения может быть использован алгоритм,

основанный на сведении многопоточкового случая $Q \geq 2$ к однопоточковому [13]. Действительно, если транспортную сеть с транспортно-логистического центра в пункте r представить, как древовидную структуру, корень которой находится в пункте r , а пункты доставки грузов и пассажиров как листья такого ориентированного дерева, а также пункт $P_{(j)}$ обозначается, как пункт расположенный перед j -ым пунктом, исключая пункт r , то приведённая постановка соответствует задаче поиска многопродуктового ($Q \geq 2$) потока минимальной стоимости, рассматриваемой в [13]. Поскольку процесс транспортировки связан с затратами как на перевозки между соседними пунктами сети, так и через каждый пункт, то в выражение для показателя эффективности для каждого вида груза образуется платёжная матрица $C^{(s)} = \{c_{ij}^{(s)}\}$, где $c_{ij}^{(s)} = c_{ji}^{(s)}$ - величины неотрицательных затрат, на перевозку единого груза S -го вида между пунктами i и j плюс затраты в пункте доставки, кроме начального и конечного пункта, т.к. они будут образовывать постоянные слагаемые для любого варианта маршрута между пунктами i и j . Сведение задачи при $Q \geq 2$ к задаче с $Q = 1$ осуществляется следующим образом. Вводятся соотношения вида:

$$\begin{aligned} A_i &= \max \left[\sum_{s=1}^Q a_i^{(s)}, \underline{\mu}_{P(i),i} \right], \\ B_i &= \min \left[\sum_{s=1}^Q b_i^{(s)}, \bar{\mu}_{P(i),i} \right], \quad (i = \overline{1, \dots, r-1, r+1, \dots, n}), \\ A_r &= \sum_{s=1}^Q a_r^{(s)} \quad B_r = \sum_{s=1}^Q b_r^{(s)}. \end{aligned} \quad (4.15)$$

Тогда задача с Q потоками переводимых грузов различного вида ($Q \geq 2$) сводится к задаче вида:

$$\begin{aligned} A_i &\leq y_i \leq B_i; \quad y_i \geq 0; \quad i = \overline{1, n}, \\ y_i &= \sum_{j|P_{(j)}=i} y_j; \quad i = \overline{1, n} \text{ за исключением конечных пунктов } j = \overline{1, m} \end{aligned} \quad (4.16)$$

$$\tilde{J}_\Sigma = \sum_{i=\overline{1, \dots, r-1, r+1, \dots, n}} y_i \tilde{c}_i, \quad (4.17)$$

где $y_r = \sum_{i|P_{(i)}=r} x_{ri}; \quad y_i = x_{P(i)i}; \quad \tilde{c}_i = c_{P(i)i}; \quad i = \overline{1, \dots, r-1, r+1, \dots, n}.$

При этом ограничении в задаче ($Q \geq 2$) образуют совместную систему только в случае, если $A_i \leq B_i$; ($i = \overline{1, n}$).

Решение задачи здесь получается сравнительно просто с использованием потоковых алгоритмов или алгоритмов на основе метода динамического программирования или симплекс-методом. Используя приведенные соотношения и другие преобразования, комплектующие перевозки $Q \geq 2$ с помощью контейнерной или пакетной обработки с целью минимизации Q , можно построить базу знаний автоматизированной системы поддержки принятия решений менеджера по управлению транспортной деятельностью транспортно-логистического центра.

Исследования показали [69,70,169], что наиболее эффективным решением является построение виртуального предприятия с использованием виртуального центра управления смешанными перевозками, который формирует вариант маршрута и КСУ СП. При этом, решение подобных транспортных задач, в общей постановке (1.6) даёт возможность приблизить $k_{\text{марш}}$ к единице.

Рекомендации по созданию экспертной системы поддержки принятия решений менеджеру транспортно-логистической системы основанной на едином методологическом подходе, с использованием многомерных кубических матриц и на принципах маркетинга, менеджмента и логистики, единых принципах формирования системы поддержки принятия решений является актуальным направлением развития смешанных перевозок, а создание подобных логистических центров предопределяет развитие транспортной системы страны.

Однако практическая проблема управления транспортными системами всегда связаны с условиями неопределённости, нечётким представлением данных, ошибками операторов и другими возмущениями помехосодержащими обстоятельствами. В этих условиях возникают задачи создания робастных и устойчивых экспертных систем поддержки принятия решений, способных осуществлять поддержку процессов принятия решений менеджерами транспортно-логистической системы на субоптимальном-рациональном уровне [24,170].

Если при этом в такой экспертной системе поддержки принятия решений учитываются требования наблюдаемости и достижимости в смысле [170,174], то такие экспертные системы поддержки принятия решений могут служить основой интеллектуальных систем поддержки принятия решений в реальном масштабе времени для менеджеров и операторов таких транспортно-логистических систем. Примерами могут быть диспетчеры управления движением транспортных средств на автомобильном, морском, железнодорожном или авиационном транспорте, например, диспетчер радиолокационного контроля сектора районного центра или диспетчер грузового терминала в аэропорту и т.п.

Согласование движения такого множества разнообразных потоков, для выработки решений по планированию и управлению разобщенными в пространстве участниками смешанных перевозок в условиях неопределенности факторов их взаимодействия, невозможно без применения средств и способов удаленного согласования и информационно-аналитического обеспечения менеджеров комплексной системы управления.

Для повышения эффективности работы ТЛК СП в рамках концепции развития МТК в четвертой главе диссертации определена единая методология создания РТЛЦ для организации ЕИТКП и электронного взаимодействия всех участников смешанных перевозок. При этом РТЛЦ должны решать как тактические задачи по координации работы всех участников транспортного процесса в существующей транспортной системе и в условиях МТК, так и стратегические задачи развития транспорта на уровне страны, в виде создания современной транспортной и информационной сети. ЕИСТС должна решать стратегические задачи по развитию системы МТК с учётом интересов стран участников. Решение поставленных задач в долгосрочной перспективе принесут стране транспортный, экономический, социальный и политический эффект.

Выводы по главе 4

Для повышения эффективности работы ЕТС страны в четвертой главе рассмотрены основные принципы формирования КСУ СП в рамках развития ЕИСТС, определена политика создания ТЛЦ k -го географического уровня для организации ЕИТКП и электронного взаимодействия всех участников смешанных перевозок.

В рамках диссертационной работы, на примере АвиаТЛУ, предложены:

1. Многомерная форма представления ЕИСТС, с учетом её декомпозиции в соответствии с региональным принципом;
2. Организация информационного обеспечения КСУ СП с использованием многомерной информационной матрицы, на примере грузового терминала АвиаТЛУ;
3. Архитектура системы поддержки принятия решений в управлении участниками ТЛК СП с учетом неопределенности факторов их взаимодействия;
4. Методы оценки эффективности работы грузового терминала АвиаТЛУ;
5. Модель ресурсно-временной оптимизации технологических процессов грузового терминала АвиаТЛУ.

Реализация комплекса логистических услуг на основе разработанного метода комплексного исследования технологических процессов в транспортных системах с использованием современных информационных технологий сокращает время доставки на 20%, уменьшает среднюю стоимость обработки товаротранспортных документов на 50%, сокращает складские запасы на 30%, уменьшает суммарные затраты на транспортировку и хранение грузов на 10-15%, и как следствие влияет на снижение транспортной составляющей в конечной стоимости цены товара. Для решения социально значимых проблем страны, рекомендации, разработанные в диссертационной работе, дают возможность повышения уровня платёжеспособности населения в различных регионах страны.

Предлагаемая в диссертационной работе новая структура КСУ ТП в АвиаТЛУ создает предпосылки к синтезу и формированию новой структуры КСУ

СП в ЕТС.

Создание КСУ СП, на основе предложенной формы КСУ ТП АвиаТЛУ, позволит обеспечить:

1. Высокий уровень обслуживания пассажиров, почты и груза;
2. Минимизацию транспортной составляющей в конечной стоимости цены перевозимых товаров;
3. Высокий уровень удовлетворения потребности в перевозках почты и грузов;
4. Высокий уровень безопасности и экологичности выполняемых работ.

Кроме того, коллективная ответственность всех участников смешанной перевозки при их взаимодействии определяет необходимость в формировании единого инфотелекоммуникационного пространства транспортной системы страны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Конкурентная борьба на рынке транспортных услуг, постоянные изменения во внешней и внутренней среде транспортной системы заставляют перевозчиков обращаться к самым современным информационным технологиям. Создаваемые транспортные системы отличаются от прежних функциональной сложностью и предъявляют большие требования к объемам, качеству и скорости обращения информационных ресурсов, чем традиционные. Очевидно, организация коммерческих и условно-коммерческих виртуальных логистических центров в ЕИТКП, интегрирующих информацию по транспортной проблематике, в значительной степени помогла бы решить эту проблему [59]. Для решения данной проблемы необходимо решить научную задачу, решаемую в диссертации, которая заключается в разработке и внедрение метода комплексного исследования и нормирования временных интервалов технологических процессов на грузовом терминале в аэропорту с учетом факторов неопределенности, для повышения эффективности работы АвиаТЛУ.

Для решения научной задачи в диссертации решены следующие частные научные задачи, а именно:

1. Предложен матричный подход для представления динамической сетевой модели производственных процессов в АвиаТЛУ с учётом изменяющихся параметров элементов во времени.

2. Разработан метод комплексного исследования и построения математической модели оценки эффективности для нормирования временных интервалов производственных процессов в АвиаТЛУ с учетом индивидуальных свойств i -го элемента, обеспечивающих выполнение j -ой работы на n -ом этапе.

3. Предложена матричная форма анализа аналитической зависимости каждого свойства i -го элемента на j -ой работе с учетом нормативных требований по экологии и безопасности.

4. Рассмотрена новая форма представления системы управления готовностью i -го элемента на j -ой работе с учетом пространственного принципа.

5. Разработана структура информационной системы управления производственными процессами и системой подготовки i -го элемента на j -ой работе в АвиаТЛУ, на базе многомерной (OLAP) и интеллектуальной (Data Mining) обработки больших данных (Big Data).

Для решения частных научных задач выполнено следующее:

1. Проведен анализ современных систем оперативного управления технологическими процессами в АвиаТЛУ (дискретное и непрерывное производство).

2. Проведен анализ методов математического моделирования при построении системы управления технологическими процессами в АвиаТЛУ для повышения эффективности принимаемых решений лицу принимающему решение (ЛПР) на различных уровнях иерархии.

3. Разработан метод комплексного исследования и построения динамической модели сетевого управления производственными процессами в АвиаТЛУ с использованием матричного подхода.

4. Обоснована эффективность матричного подхода при построении многомерной модели параметрического анализа данных.

5. Разработана и внедрена структурно-функциональная система управления производственными процессами в АвиаТЛУ с использованием многомерной модели параметрического анализа данных.

6. Проведены экспериментальные исследования по применению методики комплексного исследования и оценки эффективности работы технологических процессов, в следующих местах: а/п Шереметьево, а/п Домодедово, а/п Пулково, а/п Симферополь, а/п Иркутск, а/п Якутск, транспортно-логистическая компания ООО «Транс-Логистик», ООО «Хепри», ООО «С 7 Карго», инжиниринговая компания по техническому обслуживанию воздушных судов ООО «С 7 Инжиниринг» и учебный процесс СПбГУТА (магистратура).

7. Предложен метод оценки эффективности комплексного исследования технологических процессов при управлении смешанными перевозками с учетом системных свойств многомерных матриц и метода имитационного моделирования.

В результате постановки научной задачи о снижении уровня неопределенности в транспортных системах, в диссертационной работе, на примере работы АвиаТЛУ были получены следующие результаты:

1. Предложена декомпозиция АвиаТЛУ, как элемента ОТЛС, на подсистемы и модули, что придаёт чувствительность математической модели при комплексном исследовании ТЛС соответствующего иерархического уровня.

2. Предложена новая форма представления и формализации динамической сетевой модели с использованием матричного подхода.

3. Рассмотрен новый метод формализации временных интервалов работ в динамической сетевой модели, позволяющий строить математические модели времени, определяя основные свойства (параметры) элементов модуля (операции), позволяющий снизить уровень неопределенности, вследствие чего уменьшается разброс ошибок 1-го, 2-го и 3-го рода.

4. Разработанный метод корреляционного анализа матриц взаимодействия свойств элементов модулей АвиаТЛУ определяет принципы исследования, структурирования и наполнения базы знаний СППР для построения КСУ ТП.

5. Сформулирована концепция формирования КСУ ТП для ОТЛУ, на примере работы грузового терминала в АвиаТЛУ.

Полученные результаты использованы и внедрены в производственный процесс и процесс управления технологическими процессами при обслуживании груза на отраслевых транспортных предприятиях в информационно-вычислительной среде. Информационно-вычислительная среда при поддержке управленческих решений основана на использовании информационного обеспечения по новым формам, разработанным в соответствии с предложенной экономико-математической моделью, алгоритмами, написанными в среде Microsoft Visual Basic for Applications (VBA) с применением Microsoft Excel и программного продукта IBM SPSS Statistics 19.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

Big Data – большой объём структурированных и неструктурированных данных;
Data Mining – интеллектуальный анализ данных;
OLAP – интерактивная аналитическая обработка данных;
Supply Chain Management – концепция управления цепями поставок;
АвиаТЛС – авиационная транспортно-логистическая система;
АвиаТЛУ – авиационный транспортно-логистический узел;
АСУ – автоматизированная система управления;
ЕИСТС – единая информационная система транспорта страны;
ЕИТКП – единое инфотелекоммуникационное пространство;
ЕИТКС – единая инфотелекоммуникационная система;
ЕТС – единая транспортная система;
ИЛЦ – информационно-логистический центр;
Индустрия 4.0 – Четвертая промышленная революция;
КСУ СП – комплексная система управления смешанными перевозками;
КСУ ТП – комплексная система управления технологическими процессами;
ЛПР – лицо принимающее решение;
МТК – международные транспортные коридоры;
ОТЛС – отраслевая транспортно-логистическая система;
ОТЛУ – отраслевой транспортно-логистический узел;
ППГ – пассажиры, почта, груз;
ППР – процесс принятия решения;
РИЛЦ – региональный информационно-логистический центр;
ТЛК СП – транспортно-логистический комплекс смешанной перевозки;
ТЛС – транспортно-логистическая система;
ТЛЦ – транспортно-логистический центр;
ТП – транспортное предприятие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Министерство транспорта Российской Федерации. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс] URL: http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT_ID=13008 (дата обращения: 30.11.2020).
2. Транспорт в России. 2020: Стат.сб./Росстат. – Т65 М., 2020. – 108 с.
3. Приказ Минтранса РФ от 24 февраля 2011 г. № 63 «Об утверждении Методики расчета технической возможности аэропортов и Порядка применения Методики расчета технической возможности аэропортов» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс] URL: <http://base.garant.ru/55171087/> (дата обращения: 30.11.2020).
4. Воздушный кодекс Российской Федерации от 19.03.1997 №60-ФЗ (принят ГД ФС РФ 19.02.1997).
5. Алибеков, Б. И., Мамаев, Э. А. Дискретные матричные модели в управлении транспортными системами // Тр. всерос. науч. пр. конф. «Транспорт 2005» в 2 частях. Ч. 2. РГУПС, Ростов н/ Д, 2005. – С. 158-160.
6. Алибеков, Б. И. Оптимальное размещение и развитие структурированных объектов региональной транспортной системы [Текст] / Б. И. Алибеков // Транспорт: наука, техника, управление: научный информационный сборник. – М.: ВИНТИ РАН. – 2012. – № 2. – С. 3-8.
7. Андрианов, В. В. Организация, планирование и управление производством гражданской авиации : учебное пособие / В. В. Андрианов. – М.: МГТУ ГА, 1994. – 92 с.
8. Андронов, А. М. Математические методы планирования и управления производственно-хозяйственной деятельностью предприятий гражданской авиации / А. М. Андронов, А. Н. Хижняк. – М.: Транспорт, 1977. – 215с.
9. Андронов, А. М. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебник для вузов / Андронов А. М., Копытов Е. А., Гринглаз Л. Я. – СПб.: Питер. – 2004. – 461 с.

10. Ансофф, И. М. Стратегическое управление. М.: Экономика, 1989. – 358 с.
11. Асаул, А. Н., Малыгин, И. Г., Комашинский, В. И., Аванесов, М. Ю. Концептуальные подходы к построению интеллектуальной мультимодальной транспортной системы РФ // Информация и космос. 2016. № 3. С. 8-17.
12. Астафьев, Н. Н. Противоположные задачи линейного программирования как инструментальный моделирования / Н. Н. Астафьев // Автоматика и телемеханика, 2012, № 2, С. 5–10.
13. Афраймович, Л. Г., Прилуцкий, М. Х. Многопродуктовые потоки в древовидных сетях. Изв. РАН «Теория и системы управления». 2008. №2. с.57-63.
14. Афраймович, Л. Г. Многоиндексные транспортные задачи с 1-вложенной структурой / Л. Г. Афраймович // Автоматика и телемеханика, 2016, № 11, С. 18–42.
15. Афраймович, Л. Г. Многоиндексные транспортные задачи с 2-вложенной структурой / Л. Г. Афраймович // Автоматика и телемеханика, 2013, № 1, С. 116–134.
16. Афраймович, Л. Г. Многоиндексные транспортные задачи с декомпозиционной структурой / Л. Г. Афраймович // Автоматика и телемеханика, 2012, № 1, С. 130-147.
17. Афраймович, Л. Г., Ильин, С. Ю. Многоиндексная задача построения расписания семинара / Л. Г. Афраймович, С. Ю. Ильин // Управление большими системами. Выпуск 73. М.: ИПУ РАН, 2018. С. 55-66.
18. Баришполец, В. А. Алгоритмы анализа сетевой модели со стохастической структурой / В. А. Баришполец // Информационные технологии. – М.: РЭНсиТ. – 2012. Т.4. № 2. С. 126-141.
19. Баришполец, В. А. Сетевое моделирование стохастических процессов выполнения комплекса взаимосвязанных операций. – М.: РЭНсиТ. – 2011, Т.3. № 2. С. 49-73.
20. Басакер, Р. Г., Саати, Т. Л. Конечные графы и сети. – М.: Наука, 1974. – 366 с.
21. Белый, О. В., Гурков, Р. М., Скороходов, Д. А., Стариченков, А. Л. Направления информационных технологий для повышения безопасности

транспортных комплексов. // Транспорт Российской Федерации. №5(18), 2008 г. - С. 22-24.

22. Белый, О. В., Кокаев, О. Г., Попов, С. А. Архитектура и методология транспортных систем. - С-Пб: Элмор, 2002. – 246 с.

23. Белый, О. В., Малыгин, И. Г. Математические модели оптимизации структуры системы управления крупномасштабной транспортной корпорации / О. В. Белый, И. Г. Малыгин // Транспорт: наука, техника, управление: научный информационный сборник. – М.: ВИНТИ РАН. 2014. № 1. С. 7-16.

24. Беляков, А. О. О математическом описании процессов развития объединений людей (этносов, коллективов фирм и т.п.). Экономика и математические методы. 2007. т.43. №2. С. 118-122.

25. Боденчук, А. В. Анализ рынка транспортно-логистических услуг России : [Понятие и анализ: транспортно-логистические услуги и рынок транспортно-логистических услуг] / А. В. Боденчук // Вестник транспорта : Научно-практ.журн. – 2016. – № 11. – С. 25-27.

26. Боденчук, А. В. Автоматизированные системы управления перевозками / А. В. Боденчук // Актуальные проблемы управления. Материалы 20-й Международной НПК. – М.: Государственный университет управления. – 2015. – С. 161-162.

27. Борисов, В. В., Зернов, М. М. Реализация ситуационного подхода на основе нечеткой иерархической ситуационно-событийной сети / В. В. Борисов, М. М. Зернов // Искусственный интеллект и принятие решений, Институт системного анализа РАН, ISSN 2071-8594, 2009. №1. С. 17-30.

28. Бродецкий, Г. Л., Гусев, Д. А., Фель, А. В. Возможность обобщения процессов аналитической иерархии при выборе по многим критериям для оптимизации цепей поставок// Логистика и управление цепями поставок. - 2014. - № 2 (61). С. 63-76.

29. Букалова, М. В. состояние рынка пассажирских авиаперевозок в РФ [Электронный ресурс] // Транспортная клиринговая компания. [Электронный ресурс] URL: <http://media.rspp.ru/document/1/a/a/aa5d9436d83f17ed06a49e4d>

cse531c6.pdf (дата обращения: 30.11.2020).

30. Бусленко, Н. П. Моделирование сложных систем / Н. П. Бусленко. - М.: Наука, 1968. – 356с.
31. Вагнер, Г. Основы исследований операций. - М.: Мир. 1972-1973. Т.1. – 335 с.; Т.2. – 488 с.; Т.3. – 501 с.
32. Васильев, В. И. Моделирование систем гражданской авиации / В. И. Васильев, А. И. Иванюк, В. А. Свириденко. - М.: Транспорт, 1988. – 312 с.
33. Вентцель, Е. С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. / Учебное пособие. М.: «Академия», 2003. – 432 с.
34. Воронин, В. С. Интеллектуальные системы на железнодорожном транспорте // Железнодорожный транспорт, № 3, 2009. С. 40-42.
35. Гагарский, Э. А., Толкачева, М. М., Кириченко, С. А. Развитие «сухих портов» – основа дальнейшего совершенствования взаимодействия различных видов транспорта // Бюллетень транспортной информации. – 2013. – № 10 (220). – С. 3-7.
36. Гапанович, В. А., Розенберг, И. Н. Основные направления развития интеллектуального железнодорожного транспорта // Железнодорожный транспорт, № 4, 2011. С. 5-11.
37. Гимади, Э. Х., Глазков, Ю. В., Цидулко О. Ю. Вероятностный анализ алгоритма решения трехиндексной m-слойной планарной задачи о назначениях на одноциклических подстановках / Э. Х. Гимади, Ю. В. Глазков, О. Ю. Цидулко // Дискретн. анализ и исслед. опер., 2014. Том 21. Выпуск 1. С. 15– 29.
38. Гимади, Э. Х., Шахшнейдер, А. В. Приближенные алгоритмы с оценками для задач маршрутизации на случайных входах с ограниченным числом клиентов в каждом маршруте / Э. Х. Гимади, А. В. Шахшнейдер // Автоматика и телемеханика. – 2012. № 2. С. 126–140.
39. Голубев, И. С. Исследование операций в гражданской авиации / И. С. Голубев, Р. В. Сакач, Е. Л. Логинов, Е. Г. Пинаев. – М.: Транспорт, 1980. – 256 с.
40. Горев, А. Э. Информационные технологии в управлении логистическими системами (монография) / А. Э.Горев. - СПб.: СПбГАСУ, 2004. –

180 с.

41. Горев, А. Э. Основы теории транспортных систем: Учеб. пособие / А. Э. Горев. - СПб.: СПбГАСУ, 2011. – 173 с.

42. Гринберг, Я. Р. Ступенчатые графы и их применение к проблемам организации потоков продуктов в сетях / Я. Р. Гринберг // Изв. РАН «Теория и системы управления». 2016. № 2. С. 64–74.

43. Громовой, Э. П. Математические методы и модели в планировании и управлении на морском транспорте / Э. П. Громовой // Изд. 2-е, перераб. и доп. Учебник для вузов мор. трансп. – М.: Транспорт. 1979. – 360 с.

44. Губенко, А. В., Ксенофонтова, Т. Ю., Сычева, Е. Г. Направления и особенности развития системы воздушного транспорта России: региональный аспект // Экономика и управление. 2015. № 3 (113). С. 11–17.

45. Гутман, П. О. Оптимальное распределение рабочего времени и планирование маршрутов автономных тракторов на основе эвристических алгоритмов [Текст] / П. О. Гутман, И. Иослович // Автоматика и телемеханика. - 2013. - № 9. - С. 68-77.

46. Данциг, Дж. Б. Линейное программирование, его применения и обобщения /Издательство: М.: Прогресс. 1966. – 600 с.

47. Диниц, Е. А. Алгоритм решения задачи о максимальном потоке в сети со степенной оценкой // Доклады АН СССР. – 1970. Т.194. - №4. С.754-757.

48. Додонов, К. Н. Разработка общей схемы алгоритма имитационного моделирования процесса наземного обслуживания воздушных судов / К. Н. Додонов, Ю. М. Чинючин // Сборник трудов Всероссийской научно-практической интернет-конференции преподавателей, научных работников и аспирантов Иркутск: ИФ МГТУ ГА, с. 100 - 107.

49. Дубовик, Н. В. Обеспечение безопасности цепи поставок [Текст] / Н. В. Дубовик // Интегрированная логистика. Научный информационный журнал. – 2011. – № 6. С. 3-4.

50. Егоршев, С. М. Тенденции развития логистических центров в Российской Федерации / С. М. Егоршев // Логистика и управление цепями

поставок. 2011. Т. 06 (47). С. 22-30.

51. Ермаков, С. М., Михайлов, Г. А. Курс статистического моделирования. – М.: Наука, 1976. – С. 7-9.

52. Ермаков, С. М., Михайлов, Г. А. Статистическое моделирование. – Изд. 2. – М.: Наука, 1982. – 296 с.

53. Ермольев, Ю. М. Методы стохастического программирования / Ю. М. Ермольев. – М.: Наука. – 1976. – 239 с.

54. Есенков, А. С. и др. Оптимизация сети и задачи с зацепляющимися переменными / А. С. Есенков, Д. И. Кузовлев, В. Ю. Леонов, А. П. Тизик, В. И. Цурков // Изв. РАН «Теория и системы управления». 2014. № 3. С. 71-85.

55. Железнов, Д. В. Выбор направления модернизации объекта региональной транспортной системы [Текст] / Д. В. Железнов, А. А. Банщикова // Бюллетень транспортной информации. – 2012. – №7. – С. 34-40.

56. Забоев, А. И. Перспективы цифровой трансформации в сфере международных автомобильных перевозок и логистики / А. И. Забоев // Перспективы развития логистики и управления цепями поставок: сб. науч. тр. VII Международной научной конференция (18 апреля 2017 г.) [Текст]: в 2 частях/ науч. ред. В.И. Сергеев; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. «Эс-Си-Эм Консалтинг». – 2017. – Ч.1. – С. 55-59.

57. Забоев, А. И. Анализ европейского опыта реализации транспортной политики [Текст] / А. И. Забоев // Вестник транспорта. 2011. № 12. С. 7-12.

58. Заев, С. Н., Полянцев, Ю. Д., Филатова, Т. В. Транспортные логистические центры - мода или требование времени Транспортные логистические центры – мода или требования времени. Бюллетень транспортной информации. 2008. №6. С. 22-26.

59. Зайцев, Е. Н. Синтез комплексной системы управления смешанными перевозками : монография / Е.Н. Зайцев. – СПб.: СПбГУГА, 2007.–212 с.

60. Зайцев, Е. Н. Разработка методологии синтеза комплексной системы управления смешанными перевозками с целью повышения эффективности транспортно-логистических систем при неопределенности факторов их

взаимодействия : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.01 / Зайцев Евгений Николаевич. - СПб., 2005 – 356 с.

61. Зак, Ю. А. Построение допустимых и оптимальных расписаний выполнения работ на одной машине [Текст] / Ю. А. Зак // Кибернетика и системный анализ. – 2012. – Т. 48, № 1. – С. 62-82.

62. Иванко, Е. Е. Метод масштабирования в приближенном решении задачи коммивояжера / Е. Е. Иванко // Автоматика и телемеханика, 2011, № 12, с. 115–129

63. Иванов, А. Ю., Комашинский, В. И., Малыгин, И. Г. Мобильные распределенные базы данных интеллектуальной мультимодальной транспортной системы // Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН. – СПб.: СПб УГПС МЧС России. 2017 г., 166 с.

64. Иванов, А. Ю., Панов, С. А. Подходы к определению оптимального резерва в транспортно-логистических системах // Логистика и управление цепями поставок. - 2012. - № 2 (49). С. 33-39.

65. Иванов, Д. А. Управление цепями поставок. - С-Пб: Издательство СПбГПУ. – 2009. – 660 с.

66. Ивантер, В. В. Узянов, М. Н. Долгосрочный прогноз развития экономики России: инвестиционный вариант – Проблемы управления, 2008. №1, С. 12-25.

67. Искандеров, Ю. М. Технология создания базы знаний для автоматизированной системы управления корпоративной сетью связи морского порта : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.13 / Искандеров Юрий Марсович. - СПб., 2005 – 243 с.

68. Карзанов, А. А. Нахождение максимального потока в сети методом предпотоков // Доклады АН СССР. – 1974. Т.215. - №1. С.49-53.

69. Карпов, Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 400 с.

70. Каталевский, Д. Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении. – М.: Московский университет, 2011. 304 с.

71. Кобзарь, А. И. Прикладная математическая статистика. — М.: Физматлит, 2006. — С. 626-628.
72. Ковалев, М. Н. Сетевая модель цепей поставок // Логистика и управление цепями поставок. - 2014. - № 2 (61). С. 22-27.
73. Козлов, Л. Н., Циклис, Б. Е., Урличич, Ю. М. О концептуальных подходах формирования и развития интеллектуальных транспортных систем в России // Транспорт Российской Федерации, №3-4 (22-23), 2009. С. 30-35.
74. Козлов, П. А., Осокин, О. В., Тушин, Н. А. Интеллектуальная информационная среда – основа для создания современных технологий / П. А. Козлов, О. В. Осокин, Н. А. Тушин // Транспорт: наука, техника, управление. – № 11. – 2011. – С. 11-14.
75. Кокаев, О. Г., Лукомская, О. Ю., Селиверстов, С. А. О технологии анализа транспортных процессов в современных условиях хозяйствования // Транспорт Российской Федерации. – 2012. – № 2 (39). С. 32-36.
76. Комаристый, Е. Н. Информационно-модельный комплекс для исследования рынка гражданских авиаперевозок/ Отв. ред. М. В. Лычагин. □ Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2006. – 144 с.
77. Комаров, К. Л. Маркетинговые информационные системы в транспортно-логистических центрах / К. Л. Комаров, Л. К. Комаров // Железнодорожный транспорт. – М.: – 2012. – № 2. – С. 64-67.
78. Комашинский, В. И., Комашинский, Д. В., Михалев, О. А., Юдаев, В. В. Когнитивные кибер-физические системы транспортной безопасности // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2016 материалы международной научно-практической конференции. 2016. – С. 148-152.
79. Коникова, Е. В. Совершенствование методов принятия решений в интерактивном режиме диспетчером системы комплексного оперативного управления наземным обслуживанием воздушных судов : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / Коникова Елена Викторовна. - СПб., 2009 – 252 с.
80. Коновалова, Т. В. Система оценки эффективности функционирования транспортно-логистического центра [Текст] / Т. В. Коновалова, М. А. Науменко //

Транспорт: наука, техника, управление: научный информационный сборник. – М.: ВИНТИ РАН. – 2012. – № 3. – С. 62-65.

81. Корбут, А. А. Дискретное программирование / А.А. Корбут, Ю.Ю. Финкельштейн. – М.: «Наука». Главная редакция физико-математической литературы. 1969. – 368 с.

82. Кочеткова, А. А. Системный анализ основных проблем и тенденций грузовых авиационных перевозок / А. А. Кочеткова, Е. К. Полозова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2015. — № 9 (89). — С. 633-636. — URL: <https://moluch.ru/archive/89/18258/> (дата обращения: 20.09.2020).

83. Корчагин, В. А. Математическая модель управления грузовыми транспортно-логистическими системами с переменной структурой / В. А. Корчагин, С. А. Ляпин, Ю. Н. Ризаева, Е. А. Лебедев // Транспорт: наука, техника, управление: научный информационный сборник. – М.: ВИНТИ РАН. – 2012. – № 3. – С. 30-32.

84. Кофман, А. Введение в прикладную комбинаторику. – Пер. с франц. – М.: Наука, 1975. – 480 с.

85. Кофман, А. Введение в теорию нечетких множеств: Пер. с франц. — М.: Радио и связь, 1982. — 432 с.

86. Кофман, А. Сетевые методы планирования и их применение / Кофман А., Г. Дебазей. – М.: Прогресс, 1969. – 182 с.

87. Кристофидес, Н. Теория графов. Алгоритмический подход. Издательство: Мир Год: 1978. – 432 с.

88. Крыжановский, Г. А. Моделирование транспортных процессов: Учебное пособие / Университет ГА. С-Петербург, 2014. – 262 с.

89. Крыжановский, Г. А. Управление транспортными системами / Г. А. Крыжановский, В. В. Шашкин. – СПб.: Международная Академия транспорта, 1998. – 163 с.

90. Крыжановский, Г. А. Управление транспортными системами. Часть 2 / Г. А. Крыжановский, В. В. Шашкин. – СПб.: СПГУВК, 1999. – 271 с.

91. Крыжановский, Г. А. Управление транспортными системами. Часть 3 /

Г. А. Крыжановский, В. В. Шашкин. – С.-Пб.: «Северная звезда», Издательство Санкт-Петербургского общественного «Фонда культуры и образования», 2001. – 224 с.

92. Кудряшов, С. В. Оптимальная маршрутизация информационных потоков в беспроводных сенсорных сетях / С. В. Кудряшов // Изв. РАН «Теория и системы управления». 2008. №2. С. 126-140.

93. Кузовлев, Д. И., Тизик, А. П., Тресков, Ю. П. Итеративный алгоритм для задачи о назначении // Технические науки: теория и практика: материалы междунар. заоч. науч. конф. (г. Чита, апрель 2012 г.). - Чита: Издательство Молодой ученый, 2012. С. 41-43.

94. Кузовлев, Д. И. Метод последовательных изменений параметров функционала при решении задачи о назначении [Текст] / Д. И. Кузовлев, А. П. Тизик, Ю. П. Тресков // Изв. РАН «Теория и системы управления». 2011. № 6. С. 67–78.

95. Кузовлев, Д. И., Тизик, А. П., Тресков, Ю. П. Декомпозиционный алгоритм для решения транспортной задачи с ограниченными пропускными способностями / Д. И. Кузовлев, А. П. Тизик, Ю. П. Тресков // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2012, № 1, С. 45-48.

96. Куклев, Е. А., Смуров, М. Ю., Байрамов, А. Б. Моделирование систем и процессов: Методы разработки математических и комбинированных моделей систем и процессов в гражданской авиации. Учебное пособие / Под общ. ред. проф. Е.А. Куклева. – СПб: СПбГУГА. – 2015. – 166 с.

97. Куклев, Е. А. Использование минимаксной концепции риска при оценке безопасности транспортных систем / Е. А. Куклев // Актуальные проблемы транспорта. Российская академия транспорта. Санкт-Петербург. СПГУВК. Т.2. 2001. С. 197-206.

98. Ларичев, О. И. Теория и методы принятия решений. / Ларичев О.И. // 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Логос, 2002. — 392 с.

99. Левилов, Г. А. Логистика и транспорт / Г. А. Левилов // Транспорт: наука, техника, управление: научный информационный сборник. – М.: ВИНТИ

РАН. – 2012. – № 4. С. 31-35.

100. Леонов, В. Ю. Декомпозиционный метод решения транспортной задачи с квадратичной целевой функцией [Текст] / В. Ю. Леонов, А. П. Тизик, Э. В. Торчинская // Проблемы и перспективы экономики и управления: материалы VI Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, декабрь 2017 г.). – СПб: Свое издательство, 2017. – С. 219-222.

101. Леонтьев, Р. Г., Орлов, А. Л. Программные цели и реалии развития транспорта и транзитного потенциала / Р. Г. Леонтьев, А. Л. Орлов // Таможенная политика России на Дальнем Востоке. – 2015. № 3(72). С. 71-79.

102. Леонтьев, Р. Г., Орлов, А. Л., Сергеев, С. И. Анализ государственных документов по развитию транспортного потенциала РФ / Р. Г. Леонтьев, А. Л. Орлов, С. И. Сергеев // Вестник транспорта. 2012. № 1. С. 12-15.

103. Лившиц, В. Н. Оптимизация планирования и управления транспортными системами / В. Н. Лившиц, Е. М. Васильева, Р. В. Игудин. – М.: Транспорт. 1987. – 208с.

104. Литвинцева, Л. В. Виртуальная реальность - качественно новый шаг в технологии человеко-машинного взаимодействия: концепция и использование / Л. В. Литвинцева // Изв. РАН «Теория и системы управления». 1995. № 5. С. 173-183.

105. Лукинский, В. В., Каткова, Е. В. Анализ методов выбора логистических посредников / В. В. Лукинский, Е. В. Каткова // Логистика и управление цепями поставок. - 2014. - № 2 (61). С. 49-56.

106. Лукинский, В. В., Шульженко, Т. Г. Интегральная оценка эффективности логистической деятельности с использованием ключевых показателей / В. В. Лукинский, Т. Г. Шульженко // Логистика и управление цепями поставок. – 2011. – № 6 (47). С. 61-68.

107. Лукинский, В. С. К вопросу о классификации логистических потоков [Текст] / В. С. Лукинский, Т. Н. Одинцова // Интегрированная логистика. Научный информационный журнал. – 2011. – № 6. С. 2-3.

108. Лукинский, В. С. Логистика и управление цепями поставок : учебник и

практикум для академического бакалавриата / В. С. Лукинский, В. В. Лукинский, Н. Г. Плетнева. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 359 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-00208-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/432172> (дата обращения: 20.11.2020).

109. Лычкина, Н. Н., Имитационные модели в процедурах и системах поддержки принятия стратегических решений на предприятиях // Бизнес-информатика. 2007. № 1. С. 29–35.

110. Мадера, А. Г. Риски и шансы: Неопределенность, прогнозирование и оценка [монография] / А. Г. Мадера // Изд. стереотип. URSS. 2020. 448 с. ISBN 978-5-396-00952-3.

111. Макарова, И. В. Система поддержки принятия решений как средство управления транспортной системой города [Текст] / И. В. Макарова, Р. Г. Хабибуллин, К. А. Шубенкова // Транспорт: наука, техника, управление: научный информационный сборник. — М.: ВИНТИ РАН. — 2011. — № 9. — С.57-60.

112. Малыгин, И. Г., Асаул, А. Н., Комашинский, В. И. Интеллектуальная мультимодальная транспортная система Российской Федерации // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2016 материалы Международной научно-практической конференции. 2016. С. 8-15.

113. Малыгин, И. Г., Комашинский, В. И. Информационные технологии и искусственный интеллект - основные двигатели четвертой индустриальной революции (Industrie 4.0) // Информационные технологии. 2016. Т. 22. № 12. С. 899-904.

114. Малыгин, И. Г., Комашинский, В. И., Афонин, П. Н. Системный подход к построению когнитивных транспортных систем и сетей // Научно-аналитический журнал Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2015. № 4. С. 68-73.

115. Разработка методологических основ пространственного развития транспортной системы Российской Федерации : отчет о НИР № 0076-2014-0005 от 26.12.2016 / И. Г. Малыгин, Н. В. Шаталова, В. И. Комашинский, И. М. Кокурин, В. В. Захаров, Ю. Л. Сиек, Д. В. Козьмовский, А. Ю. Крылатов, В. С. Тимченко, Т.

С. Бахарев, А. Н. Борисов, А. В. Суторовский, Д. И. Хомич – М.: ФАНО России, 2016. – 735 с.

116. Мальцев, Ю. А. Экономико-математические методы в транспортном строительстве : учебное пособие / Ю. А. Мальцев. – М.: Балашиха, ВТУ, 2006. – 245 с.

117. Мальцев, Ю. А. Прогнозирование и учет рисков в дорожном строительстве / Ю. А. Мальцев, И. Н. Захаренков // Транспорт: наука, техника, управление: научный информационный сборник. – М.: ВИНТИ РАН. – 2007. – № 1. – С. 26-31.

118. Мамаев, Э. А. Управление региональными транспортными системами в условиях изменений: проблемы и модели [Текст] / Э. А. Мамаев. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2005. – 195 с.

119. Маслаков, В. П. Хозяйственный механизм авиатранспортных предприятий : Учебное пособие. Часть I / Главные операторы аэропортов. Под ред. В. П. Маслакова. – СПб.: Питер, 2015. – 368 с. ISBN 978-5-496-00709-2.

120. Маслаков, В. П. Хозяйственный механизм авиатранспортных предприятий : Учебное пособие. Часть II / Главные операторы аэропортов. Под ред. В. П. Маслакова. – СПб.: Питер, 2021. – 384 с. ISBN 978-5-4461-1790-1.

121. Мельникова, А. Ю. Методологические основы оптимизации маршрутной схемы городского пассажирского транспорта / А. Ю. Мельникова // Бюллетень транспортной информации. 2016. № 10 (256). С. 10-14.

122. Мирецкий, И. Ю. Моделирование сети транспортных парков на территории региона Российской Федерации [Текст] / П. В. Попов, И. Ю. Мирецкий, Е. В. Логинова // Логистика. 2016. №7. С. 14–16.

123. Миротин, Л. Б. Распределение грузовых потоков в интегрированной транспортной системе [Текст] / Л. Б. Миротин, Е. А. Лебедев, В.А. Грановский, Б.В. Голованов // Интегрированная логистика. Научный информационный журнал. – 2008. – №2. С. 20-27.

124. Миротин, Л. Б. и др. Инженерная логистика: логистически-ориентированное управление жизненным циклом продукции. Учебник для вузов.

Под редакцией Л. Б. Миротина и И. Н. Омельченко. – М.: Горячая линия – Телеком. – 2011. – 644 с.

125. Миротин, Л. Б. О постановке курса логистика для технических специальностей инженерных вузов [Текст] / Л. Б. Миротин // Интегрированная логистика. Научный информационный журнал. – 2012. – № 3. С. 36-38.

126. Михайлов, Г.А. Численное статистическое моделирование. Методы Монте-Карло / Г. А. Михайлов, А. В. Войтишек. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 368 с.

127. Москвичев, О. В., Никонов, Ю. С. Оценка потенциала и перспектив развития контейнерной транспортной системы / О. В. Москвичев, Ю. С. Никонов // Железнодорожный транспорт. – М.: 2013. №4. С. 37-39

128. Негомедзянов, Ю. А. Формирование системы оценочных показателей управления интегрированными производственно-транспортными процессами в корпоративных структурах / Ю. А. Негомедзянов, Г. Ю. Негомедзянов // Транспорт: наука, техника, управление: научный информационный сборник. – М.: ВИНТИ РАН. – 2013. – № 6. С. 14-16.

129. Окулов, В. М. Политика России в сфере грузовых авиаперевозок: Развитие мультимодальной логистики / В. М. Окулов // Конференция «Грузовые авиаперевозки – главный тренд глобальной логистики» МАТФ. – 2012.

130. Палагин, Ю. И., Глинский, В. А., Мочалов, А. И. Интермодальные транспортно-логистические процессы. Экспедирование, технологии, оптимизация. Учебное пособие для вузов. – СПб: Политехника. – 2019. – 367 с.

131. Палагин, Ю. И. Оптимальное планирование маршрутов доставки грузов в цепи «Поставщик-Потребитель» при ограничении времени доставки [Текст] / Ю. И. Палагин // Транспорт: наука, техника, управление: научный информационный сборник. – М.: ВИНТИ РАН. – 2016. – № 2. - С. 21-28.

132. Палагин, Ю. И. Транспортная логистика и мультимодальные перевозки. Технологии, оптимизация, управление [Текст]: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Ю. И. Палагин. – СПб: Политехника. – 2017. – 265 с.

133. Палагин, Ю. И., Мочалов, А. И. Оптимизация маршрутов доставки грузов в мультимодальных транспортно-терминальных сетях / Ю. И. Палагин, А. И. Мочалов // Транспорт: наука, техника, управление: научный информационный сборник. – М.: ВИНТИ РАН. - 2012. - № 6. - С.13-18.

134. Пенязь, И. М. Современные формы и возможности интермодальных перевозок в Европе [Текст] / И. М. Пенязь // Интегрированная логистика. Научный информационный журнал. - 2012. - № 3. - С. 25-26.

135. Петрунин, С. В. Решение транспортных задач ПС-методом при ограничениях на переменные / С. В. Петрунин // Научный вестник МГТУ ГА. 2014. №202. С. 53-57.

136. Петрунин, С. В., Кренева, Г. В. Метод решения открытых транспортных задач / С. В. Петрунин, Г. В. Кренева // Научный вестник МГТУ ГА. 2014. №202. С. 58-60.

137. Поспелов, Д. А. Ситуационное управление. Теория и практика. – М.: Наука, 1986. – 228 с.

138. Поспелов, Г. С., Баришполец, В. А., Новиков, Л. С. Программно-целевое планирование и управление созданием комплексов военной техники. – М.: Информтехника, 1990. – 408 с.

139. Прокофьева, Т. А. Кластерный подход к управлению развитием логистической инфраструктуры национальных и международных транспортных коридоров / Т. А. Прокофьева // Перспективы развития логистики и управления цепями поставок: сб.науч.тр. VII Международной научной конференция (18 апреля 2017 г.) : в 2 частях/ науч.ред. В.И. Сергеев; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. «Эс-Си-Эм Консалтинг». – 2017. – Ч.1. – С. 196-222

140. Прокофьева, Т. А., Сергеев, В. И., Гончаренко, С. С. Роль России в формировании северной зоны евроазиатских международных транспортных коридоров [Текст] / Т. А. Прокофьева, В. И. Сергеев, С. С. Гончаренко // Вестник транспорта. 2011. № 10. С. 2-10.

141. Резер, С. М. Единые мультимодальные логистические процессы - основа эффективного взаимодействия ОАО «РЖД» и портов [Текст] / С. М. Резер

// Интегрированная логистика. Научный информационный журнал. – 2012. – № 1. – С. 9 -13.

142. Резер, С. М. Зарубежный опыт перевозки мелких отправок различными видами наземного транспорта [Текст] / С. М. Резер, А. М. Акулов // Транспорт: наука, техника, управление: научный информационный сборник. – М.: ВИНТИ РАН. – 2011. – №11. – С. 3-7.

143. Резер, С. М. Кластерный подход к решению проблем транспорта [Текст] / С. М. Резер // Транспорт: наука, техника, управление: научный информационный сборник. – М.: ВИНТИ РАН. – 2010. – №2. – С. 2-6.

144. Резер, С. М. О создании терминально-логистических центров на территории Российской Федерации [Текст] / С. М. Резер // Транспорт: наука, техника, управление: научный информационный сборник. – М.: ВИНТИ РАН. – 2012. – № 6. – С. 3-6.

145. Резер, С. М., Балтаг, М. Н. Логистика взаимодействия железнодорожного и морского транспорта на основе «сухих портов» / С. М. Резер, М. Н. Балтаг / Транспорт: наука, техника, управление: научный информационный сборник. – М.: ВИНТИ РАН. – 2009. – № 9. – С. 3-6.

146. Романенко, В. А. Имитационная модель технологических процессов наземного обслуживания перевозок в аэропорту / В. А. Романенко // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. Выпуск № 1 (17). – 2011. – С. 79-95.

147. Ротштейн, А. П., Штовба, С. Д. Влияние методов дефаззификации на скорость настройки нечёткой модели // Кибернетика и системный анализ. – 2002. - № 5. – С. 169-176.

148. Рыбников, К. А. Очерки методологии математики. М.: Знание, 1982. – 64 с.

149. Саати, Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. — М.: Радио и связь, 1989. – 316 с.

150. Саати, Т. Л. Об измерении неосязаемого. Подход к относительным измерениям на основе главного собственного вектора матрицы парных сравнений

/ Т. Л. Саати // Журнал "Cloud Of Science". 2015. Т. 2. № 1. С. 5-39.

151. Савиных, В. Н. Математическое моделирование производственного и финансового менеджмента : учебное пособие / В.Н. Савиных. — М. : КНОРУС, 2016. – 192 с.

152. Сафонов, А. А., Ляхов, А. И., Юргенсон, А. Н., Соколова, О. Д. Многоадресная маршрутизация с возможностью выбора метода передачи в канале / А. А. Сафонов, А. И. Ляхов, А. Н. Юргенсон, О. Д. Соколова // Автоматика и телемеханика. – 2016. – №11. – С. 96–117.

153. Сергеев, В. И. Цифровая логистика и управление цепями поставок: перспективы развития / В. И. Сергеев, В. В. Дыбская // Логистика: современные тенденции развития Материалы XVII Международной научно-практической конференции. – СПб. : Изд-во ГУМРФ. – 2018. – С. 5-11.

154. Сидоров, К. Е. Методика проведения экспертных оценок для решения задач управления безопасностью полетов // Проблемы безопасности полетов – 2010. – № 3. С. 19-26.

155. Сингх, Р. Системы моделирования, планирования и управления транспортом [Текст] / Р. Сингх // Интегрированная логистика. Научный информационный журнал. – 2008. – № 2. – С. 20-27.

156. Сингх, Р. Классификация транспортных задач / Р. Сингх // Логинфо. Журнал о логистике в бизнесе. – 2008. – №10 (116). – С. 64-67.

157. Скалозуб, В. В. Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта (основы инновационных технологий) [Текст]: пособие / В. В. Скалозуб, В. П. Соловьев, И. В. Жуковицкий, К. В. Гончаров. – Д. : Изд-во Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2013. – 207 с.

158. Скороходов, Д. А., Маринов, М. Л., Комашинский, В. И. Метод диагностики профессиональной деятельности персонала транспортных систем с учетом ее аксиометрических характеристик / Д. А. Скороходов, М. Л. Маринов, В. И. Комашинский // Морские интеллектуальные технологии. – 2017. Т. 1. – № 1 (35). – С. 73-80.

159. Соколов, Б. В., Юсупов, Р. М. Концептуальные основы оценивания и

анализа качества моделей и полимодельных комплексов // Теория и системы управления. – 2004. – №6. – С. 5-16.

160. Стариченков, А. Л. Особенности построения системы городского транспортно-логистического мониторинга / Я. А. Селиверстов, С. А. Селиверстов, А. Л. Стариченков // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ» – 2015. – № 1. – С. 29-36.

161. Староселец, В. Г. Основы теории управления транспортными системами. – СПб.:СПбГУГА. 2008. – 218с.

162. Терентьев, П. А. Метод определения оптимального месторасположения склада с учетом качественных и количественных факторов / П. А. Терентьев // Логистика и управление цепями поставок. – 2011. – № 4 (45). С. 47-56.

163. Тиверовский, В. И. Зарубежные инновации в складской логистике [Текст] / В. И. Тиверовский // Транспорт: наука, техника, управление. – 2019. – № 10. – С. 44-49.

164. Тиверовский, В. И. Инновации в складской логистике за рубежом [Текст] / В. И. Тиверовский // Транспорт: наука, техника, управление. – 2019. – № 4. – С. 42-46.

165. Тиверовский, В. И. Концепция 4-й промышленной революции и складская логистика [Текст] / В. И. Тиверовский // Транспорт: наука, техника, управление. – 2019. – № 6. – С. 42-46.

166. Тиверовский, В. И. Складская логистика на пути в цифровое будущее [Текст] / В. И. Тиверовский // Транспорт: наука, техника, управление. – 2019. – № 2. – С. 23-27.

167. Тиверовский, В. И. Современный этап в развитии логистики за рубежом / В. И. Тиверовский // Транспорт: наука, техника, управление: научный информационный сборник. – М.: ВИНТИ РАН. – 2013. – №6. – С. 22-27.

168. Тизик, А. П., Цурков, В. И. Метод последовательной модификации функционала для решения транспортной задачи / А. П. Тизик, В. И. Цурков // Автоматика и телемеханика. – 2012. – № 1. – С. 148-158.

169. Толуев, Ю. И., Планковский, С. И. Моделирование и симуляция логистических систем. Киев: Міленіум, 2009. – 86 с.

170. Триус, Е. Б. Задачи математического программирования транспортного типа. М.: «Сов. радио», 1967. – 208 с.

171. Фараонов, А. В. Разработка ситуационной модели задачи маршрутизации при необходимости изменения опорного плана на основе нечёткой ситуационной сети // В кн.: XII Всероссийское совещание по проблемам управления. ВСПУ-2014. Москва, 16-19 июня 2014 г.: Труды [Электронный ресурс]. – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – 2014. – С. 5101-5113.

172. Фараонов, А. В. Ситуационные центры как инструмент подготовки специалистов транспортной логистики и эффективности принятия решения / А. В. Фараонов // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. – СПб: СПбГУГА. – 2014. – №2 (7). – С. 752-761.

173. Филатов, М. И. Многономенклатурные модели управления запасами с ограничением на объём склада [Текст] / М. И. Филатов, С. В. Булатов // Транспорт: наука, техника, управление: научный информационный сборник. – М.: ВИНТИ РАН. – 2016. – № 1. – С. 19-23.

174. Форд, Л. Р., Фалкерсон, Д. Р. Потоки в сетях. – М.: Мир, 1966. – 276 с.

175. Форрестер, Д. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика). М.: Прогресс, 1971. 340 с.

176. Фридман, Г. М., Зенкова, Н. А. Решение задачи расстановки парка воздушных судов по рейсам полетного расписания с помощью цепочек рейсов / Г. М. Фридман, Н. А. Зенкова // Научный вестник МГТУ ГА. 2011. №169. С. 56-64.

177. Харченко, М. А. Корреляционный анализ: Учебное пособие для вузов. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2008. – 31 с.

178. Хемди, А. Таха. Введение в исследование операций / Таха А. Хемди. – М.: «Вильямс», 2007. – 912 с.

179. Чарыев, Р. Р. Из истории становления гражданской авиации, как отрасли экономики / Р. Р. Чарыев // Транспорт: наука, техника, управление: научный информационный сборник. – М.: ВИНТИ РАН. – 2012. – № 4. С. 50-54.

180. Ченцов, А. Г. Григорьев, А. М. Динамическое программирование в

задаче маршрутизации: схема независимых вычислений / А. Г. Ченцов, А. М. Григорьев // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2016. Т. 17, - № 12, - С. 834-846.

181. Ченцов, А. Г. Григорьев, А. М. Динамическое программирование в задаче маршрутизации: схема независимых вычислений / А. Г. Ченцов, А. М. Григорьев // Мехатроника, автоматизация, управление. Т. 17, №12, 2016. С. 834-846.

182. Ченцов, А. Г., Ченцов, П. А. Маршрутизация в условиях ограничений: задача о посещении мегаполисов / А. Г. Ченцов, П. А. Ченцов // Автоматика и телемеханика, 2016, № 11, С. 96–117.

183. Чернышев, Ю. О., Требухин, А. В., Панасенко, П. А. Современные методы и алгоритмы решения нечетких распределительных (транспортных) задач, отображенных в зарубежной литературе / Ю. О. Чернышев, А. В. Требухин, П. А. Панасенко // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», №10. 2020 [Электронный ресурс].– Режим доступа: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_60__9_chernyshev_trebukhin_panasenko.pdf_f4c01c5bd5.pdf.

184. Черчмен, У., Акоф, Р., Арноф, Л. Введение в исследование операций. М. : Мир, 1991. – 488 с.

185. Шайдуров, И. Г. Экспертные системы поддержки принятия решений при управлении транспортно-логистическими системами / Е. Н. Зайцев, Г. А. Крыжановский, И. Г. Шайдуров // Сборник научно-практических материалов VII Международной НПК «Логистика: современные тенденции развития».– СПб.: СПб Государственный инженерно-экономический университет, 2007.

186. Шайдуров, И. Г. Комплекс взаимодействия систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД» в системе смешанных перевозок / Е. Н. Зайцев, Е. В. Коникова, И. А. Тецлав, И. Г. Шайдуров // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. 2016. № 2 (11). С. 101-117.

187. Шайдуров, И. Г. Комплексная безопасность транспортно-логистической системы смешанных перевозок / Е. Н. Зайцев, Е. В. Коникова, И. А. Тецлав, И. Г. Шайдуров // Бюллетень результатов научных исследований. 2017.

№ 4. С. 101-119.

188. Шайдуров, И. Г. Маршрутизация перевозок в экспертных системах поддержки принятия решений менеджера-оператора транспортно-логистического центра / И. Г. Шайдуров // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2012. № 180. С. 99-101.

189. Шайдуров, И. Г. Методология формирования системы коммерческой готовности воздушного судна к рейсу / Е. Н. Зайцев, Е. В. Конилова, И. А. Тецлав, И. Г. Шайдуров // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. 2016. № 2 (11). С. 118-132.

190. Шайдуров, И. Г. Обоснование создания экспертных систем поддержки принятия решений менеджера-оператора транспортно-логистической системы / Е. Н. Зайцев, Г. А. Крыжановский, Н. Н. Сухих, И. Г. Шайдуров // Межвузовский тематический сборник научных трудов Университета гражданской авиации №17. Проблемы эксплуатации и совершенствования транспортных систем. Том XI. Часть 3. – СПб.: СПбГУГА, 2007 г. С. 75-84.

191. Шайдуров, И.Г. Подсистема Data Mining для решения слабоструктурированных задач в транспортно-логистической системе / И.Г. Шайдуров // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. 2012. № 2 (4). С. 101-106.

192. Шайдуров, И. Г. Система подготовки менеджеров (операторов) по управлению взаимодействием в транспортно-логистических системах / Г. А. Крыжановский, Е. Н. Зайцев, И. Г. Шайдуров // Всероссийская НПК. Транспорт России: Проблемы и перспективы. – М.: Труды. 2007. С. 11-13.

193. Шайдуров, И. Г. Концептуальный подход к исследованию транспортно-логистической системы смешанных перевозок с учётом требований комплексной безопасности / В. В. Балясников, Ю. В. Ведерников, Г. А. Крыжановский, В. Г. Староселец, Е. Н. Зайцев, И. Г. Шайдуров // Актуальные проблемы защиты и безопасности: Труды XX Всероссийской НПК РАРАН. – 2017 г. – Т. 7. – С. 64-83.

194. Шайдуров, И. Г. Управление коммерческой подготовкой воздушного

судна в аэропорту. Методологический подход к исследованию авиационного транспортно-логистического узла / Е. Н. Зайцев, Е. В. Конилова, И. А. Тецлав, И. Г. Шайдуров // Бюллетень результатов научных исследований. 2018. № 1. С. 94-110.

195. Шайдуров, И. Г. Управление коммерческой подготовкой воздушного судна в аэропорту / Е. Н. Зайцев, Е. В. Конилова, И. А. Тецлав, И. Г. Шайдуров // Межвузовский тематический сборник научных трудов «Проблемы лётной эксплуатации и безопасность полётов». – СПб.: СПбГУГА, 2011. Выпуск № 5. – С. 146-156.

196. Шайдуров, И. Г. Формирование структуры информационно-логистического центра / Е. Н. Зайцев, Е. В. Богданов, И. Г. Шайдуров, Е. В. Пестерев // Межвузовский тематический сборник научных трудов «Проблемы лётной эксплуатации и безопасность полётов» . – СПб.: СПбГУГА, 2008. Выпуск № 2. – С. 131-139.

197. Шайдуров, И. Г. Формирование трехмерной матричной структуры информационной системы регионального транспорта / Е. Н. Зайцев, Е. В. Конилова, И. А. Тецлав, И. Г. Шайдуров // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. 2012. № 2 (4). С. 113-115.

198. Шайдуров, И. Г. Экспертная поддержка принятия решений менеджерами транспортно-логистической системы / Е. Н. Зайцев, И. Г. Шайдуров // Эффективная логистика. Сборник статей участников II Всероссийской научно-практической конференции. Челябинск. 2008. С. 109-115.

199. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем: искусство и наука. М.: Мир, 1978. – 418 с.

200. Юдин, Д. Б. Задачи и методы стохастического программирования. – М.: Сов. радио, 1979. – 391 с.

201. Юсупов, Р. М. Национальное общество имитационного моделирования России – начало пути // Интервью Р. М. Юсупова, члена-корреспондента РАН, директора СПИИРАН. CAD/CAM/CAE Observer #2 (70) / 2012.

202. Юсупова, Н. И. Многокритериальная задача доставки грузов

различным потребителям / Н. И. Юсупова, А. Ф. Валеева, Е. Ю. Рассадникова, И. М. Латыпов, И. С. Кошечев // Логистика и управление цепями поставок. 2011. Т. 05 (46). С. 60-82.

203. Ackoff, R. L., Sasieni, M. Fundamentals of Operations Research, Chapt. 13, John Will and Sons. Inc., New York, 1968. – 460 p.

204. Bharati, S. K., Singh, S. R. Transportation problem under interval-valued intuitionistic fuzzy environment. Intellectual J Fuzzy Systems 20, 2018, pp. 1511–1522.

205. Codd, E. F. «Is Your DBMS Really Relational?»; «Does Your DBMS Run By The Rules?» Computerworld (October 14th, 1985; October 21st, 1985).

206. Dumbadze, L. G., Leonov, V. Yu., Tizik, A. P., Tsurkov, I. V., «Decomposition Method For Solving a Three-Index Planar Assignment Problem», J. Comput. Syst. Sci. Int., 59:5 (2020), P. 695–698

207. Goldberg, A. V., Tarjan, R. E. Efficient Maximum Flow Algorithms // Communications of the ACM. – 2014. – V.57. – №8. – P.82-89.

208. Ivanov, D. A., Sokolov, B. V., Potryasaev, S. A. «A dynamic model and an algorithm for supply Chain scheduling problem solving» 16th International Conference on Harbor, Maritime and Multimodal Logistics Modelling and Simulation, HMS 2014

209. Ross, Sh. M. Simulation. Fourth Edition. Amsterdam: Elsevier, 2006.

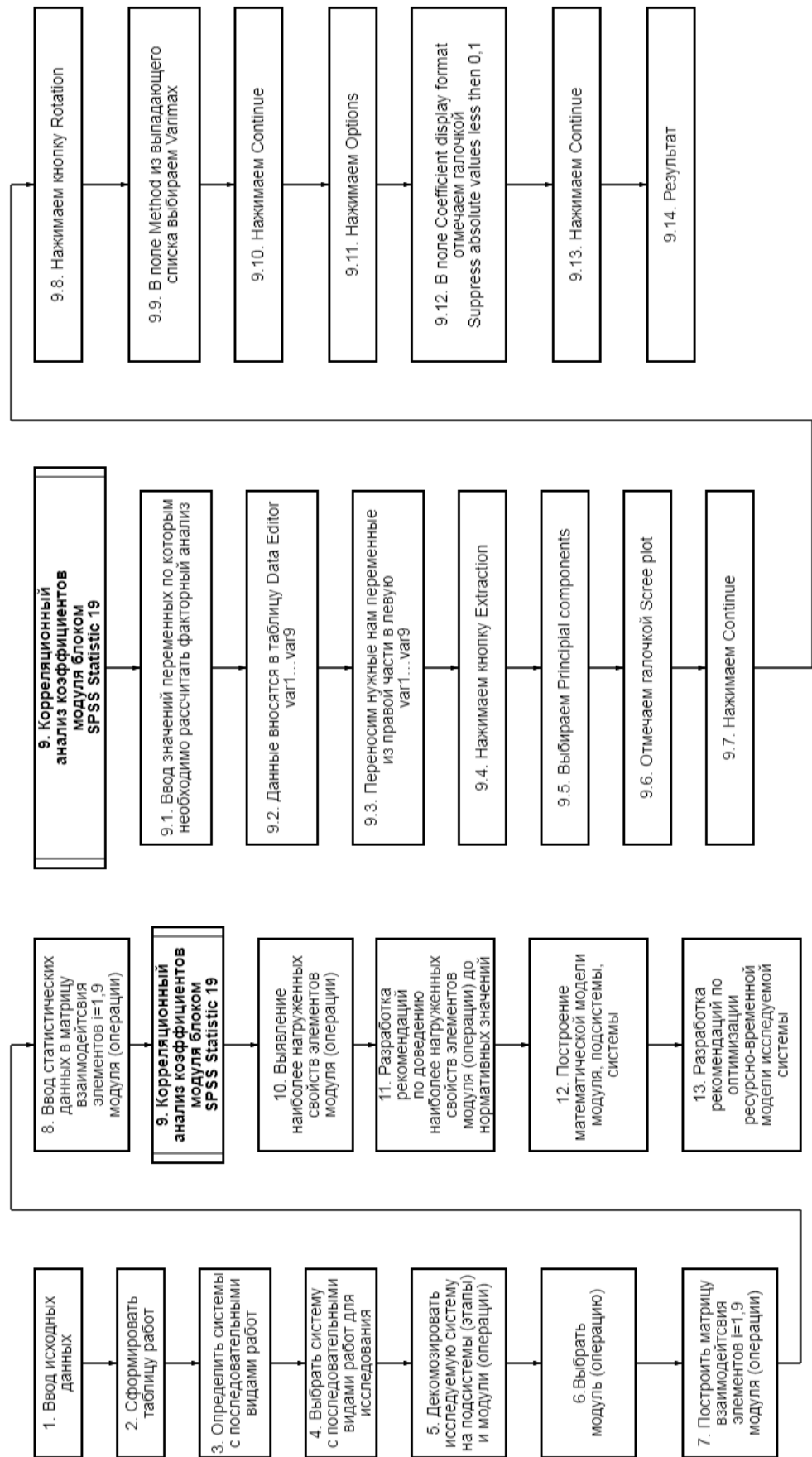
210. Singh, R., Saxena, V. A new ranking based fuzzy approach for fuzzy transportation problem. Computer modelling & new technologies 21(4), 2017. pp. 16-21.

211. Singh, S. K., Yadav, S. P. A new approach for solving intuitionistic fuzzy transportation problem of type-2, Annals of Operations Research vol. 243, 2016, pp. 349–363.

212. Leonov, V. Yu., Tizik, A. P., Torchinskaya, E. V., Tsurkov, V. I. «Decomposition method for a class of transport-type problems with a quadratic objective function», J. Comput. Syst. Sci. Int., 56:5 (2017), P. 796–802

213. Wang, L. P., Tizik, A. P., Tsurkov, V. I., «Decomposition Algorithm For the Linear Three-Index Transportation Problem», J. Comput. Syst. Sci. Int., 58:6 (2019), P. 883–888.

Последовательность действий при построении математических моделей модулей, подсистем и систем с учётом факторного анализа на базе использования статистического пакета IBM SPSS Statistics 19.





АКТ
ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ШАЙДУРОВА ИВАНА ГЕОРГИЕВИЧА НА ТЕМУ:
«МЕТОД КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ ГРУЗОВОГО ТЕРМИНАЛА АВИАЦИОННОГО ТРАНСПОРТНО-
ЛОГИСТИЧЕСКОГО УЗЛА»

11.01.2021

г. Москва

Настоящим актом подтверждается, что в нашем предприятии, имеющем базы технического обслуживания воздушных судов в Москве, Минеральных Водах и Новосибирске, а также станции линейного технического обслуживания в Иркутске, Якутске и Владивостоке, где осуществляются технические работы по обслуживанию воздушных судов западного и отечественного производства, внедрен метод комплексного исследования технологий работы технического обслуживания воздушных судов в аэропорту. Данный метод позволяет уменьшить влияние факторов в системе «Технической готовности воздушного судна к рейсу», сократить время на подготовку воздушного судна к рейсу, увеличить интенсивность и регулярность полётов авиакомпании S7 Airlines.

Разработанный автором метод позволяет оптимизировать логистические процессы по подготовке воздушного судна к рейсу, за счёт минимизации времени доставки узлов и компонентов, а также минимизации неопределённости факторов, влияющих на время проведения тяжёлых форм технического обслуживания.

В дополнение к информационной-аналитической системе «AMOS MRO Edition», на производстве внедрен модуль ресурсно-временной оптимизации процесса подготовки воздушного судна к рейсу. Данный модуль позволяет нормировать временные интервалы работ, с учетом требований предъявляемых к применяемой спецтехнике, уровню квалификации персонала выполняющего работы, рабочим зонам и энергоресурсам, в условиях требований к ресурсам по экологии и безопасности.

Генеральный директор



Перекрестов В.В.

ООО «С 7 ИНЖИНИРИНГ»

142015, Россия, Московская область,
г. Домодедово, тер. Аэропорт
Домодедово, строение 6/1
ОГРН: 1055001517405,
ИНН/КПП 5009049835/500901001

Т 8 (495) 797-46-59
Ф 8 (495) 363-30-92

E-mail: engineering@s7.ru
www.s7technics.ru

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО



ул. Ширямова, 13
г. Иркутск, 664009
Тел.: (3952) 26-68-53, 26-68-00
ТЛГ: 231132 PORT RU
Факс (3952) 26-64-55, 26-64-00
E-mail: office@iktport.ru, http://www.iktport.ru
SITA: IKTAPXH

25.12.2020 № 07/н
на № _____ от _____

АКТ ПОДГОТОВКИ ДЛЯ
ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ШАЙДУРОВА ИВАНА ГЕОРГИЕВИЧА НА ТЕМУ:
«МЕТОД КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГРУЗОВОГО ТЕРМИНАЛА
АВИАЦИОННОГО ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО УЗЛА»
25.12.2020 г. Иркутск

Настоящим актом подтверждается, что в АО «Международный Аэропорт Иркутск», планируется осуществить подготовку грузопассажирских перевозок, как внутренних, так и на международных воздушных линиях, для внедрения метода комплексного исследования технологий работы грузового терминала в аэропорту. Данный метод позволит предусмотреть появление факторов в системе «Коммерческой готовности воздушного судна к рейсу (груз)», сократить время на обслуживание груза и увеличить пропускную способность аэропорта с учетом сезонной нагрузки.

Разработанный автором метод позволяет учесть различные параметры перевозимых грузов, соответствие документов и уровень квалификации персонала участвующего на каждом этапе и операции.

В составе информационной-аналитической системы «СИНХРОН» операционного управления аэропорта на базе АО «Международный Аэропорт Иркутск» будет внедрен модуль ресурсно-временной оптимизации процесса подготовки груза к транспортировке «груз – воздушное судно». Данный модуль позволяет учесть специфику перевозки различных типов груза с учётом весогабаритных характеристик, типа груза, применяемой спецтехники, уровня квалификации персонала выполняющего работы, рабочих зон и энергоресурсов, в условиях требований к ресурсам по экологии и безопасности.

Директор по наземному обслуживанию



В.И. Прескур

Trans-Logistic
Co. Ltd.



Транс-Логистик
Общество с ограниченной ответственностью

Утверждаю
Генеральный директор
ООО «Транс-Логистик»
Рахимов Бахадыр Торебаевич

**АКТ
ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ШАЙДУРОВА ИВАНА ГЕОРГИЕВИЧА НА ТЕМУ:
«МЕТОД КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ ГРУЗОВОГО ТЕРМИНАЛА АВИАЦИОННОГО ТРАНСПОРТНО-
ЛОГИСТИЧЕСКОГО УЗЛА»**

10.11.2020

Санкт-Петербург

Настоящим актом подтверждается, что в нашей транспортной компании, которая является лидером грузовых авиаперевозок по Северо-Западному региону, как на внутри российском, так и на международном рынке, внедрен метод комплексной оценки эффективности выполняемых работ, разработанный автором, позволяющий учесть различные параметры ресурсов во времени и уменьшить вероятность появления сбоев в работе на грузовом терминале в аэропорту.

В технологию работы предприятия внедрён модуль ресурсно-временной оптимизации процесса подготовки негабаритного груза к авиационной перевозке – модуль «Груз – Воздушное судно». Модуль «Груз – Воздушное судно» позволяет учесть специфику перевозки груза с учётом ряда ограничений по технологии, по специалистам, по техническим средствам, готовности рабочей зоны к работе в условиях ограничений по экологии и безопасности.

Генеральный директор



Рахимов Б.Т.

196210, Russian Federation,
Saint-Petersburg, Shturmanskaya
str., 38/1, Liter A, office 5
VAT: 7810713450 CAT: 781001001

www.translogistic-spb.ru
E-mail: mail@translogistic-spb.ru
Phone: +7(812)337-05-55
Ticket office: +7(931)201-32-08
bilet@translogistic-spb.ru

196210, Российская Федерация,
г. Санкт-Петербург, ул.Штурманская
д.38, к.1, Литер А, офис 5
ИНН: 7810713450 КПП: 781001001



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«МЕЖДУНАРОДНЫЙ АЭРОПОРТ
«СИМФЕРОПОЛЬ»

АКТ
17.12.2020 № 22-09.27



УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «МЕЖДУНАРОДНЫЙ
АЭРОПОРТ
«СИМФЕРОПОЛЬ»

Е.В. Плаксин

АКТ
ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ШАЙДУРОВА ИВАНА ГЕОРГИЕВИЧА НА ТЕМУ:
«МЕТОД КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ ГРУЗОВОГО ТЕРМИНАЛА АВИАЦИОННОГО ТРАНСПОРТНО-
ЛОГИСТИЧЕСКОГО УЗЛА»

Настоящим актом подтверждается, что в ООО «МЕЖДУНАРОДНЫЙ АЭРОПОРТ «СИМФЕРОПОЛЬ» внедрен метод комплексного исследования технологий работы грузового терминала. Данный метод позволяет предусмотреть появление факторов в системе «Коммерческой готовности воздушного судна к рейсу (груз)», сократить время на обслуживание груза и увеличить пропускную способность аэропорта с учетом сезонной нагрузки.

Разработанный автором метод позволяет учесть различные параметры перевозимых грузов, соответствие документов и уровень квалификации персонала, участвующего на каждом этапе и в операции.

В составе информационной-аналитической системы «DECK AIR» операционного управления аэропорта на базе диспетчерского управления, внедрен модуль ресурсно-временной оптимизации процесса подготовки груза к транспортировке «груз – воздушное судно». Данный модуль позволяет учесть специфику перевозки различных типов груза с учётом весогабаритных характеристик, типа груза, применяемой спецтехники, уровня квалификации персонала выполняющего работы, рабочих зон и энергоресурсов, в условиях требований к ресурсам по экологии и безопасности.

Операционный директор

Е.В. Минин



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «АЭРОПОРТ ЯКУТСК»

Утверждаю
Генеральный директор
Международный аэропорт
«Якутск»
Игнатенко Сергей
Сергеевич

АКТ
ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ШАЙДУРОВА ИВАНА ГЕОРГИЕВИЧА НА ТЕМУ:
«МЕТОД КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГРУЗОВОГО ТЕРМИНАЛА
АВИАЦИОННОГО ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО УЗЛА»

10.11.2020

г. Якутск

Настоящим актом подтверждается, что в нашем Международном аэропорту, осуществляющим подготовку грузопассажирских перевозок, как внутренних, так и на международных воздушных линиях, внедрен метод комплексного исследования технологий работы грузового терминала в аэропорту. Данный метод позволяет предусмотреть появление факторов в системе «Коммерческой готовности воздушного судна к рейсу (груз)», сократить время на обслуживание груза и увеличить пропускную способность аэропорта с учетом сезонной нагрузки.

Разработанный автором метод позволяет учесть различные параметры перевозимых грузов, соответствие документов и уровень квалификации персонала участвующего на каждом этапе и операции.

В дополнение к автоматизированной системе «Кобра-2» при операционном управлении аэропортом на базе АО «Международный Аэропорт Якутск», внедрен модуль ресурсно-временной оптимизации процесса подготовки груза к транспортировке «груз – воздушное судно». Данный модуль позволяет учесть специфику перевозки различных типов груза с учётом габаритных характеристик, типа груза, применяемой спецтехники, уровня квалификации персонала выполняющего работы, рабочих зон и энергоресурсов, условиях требований к ресурсам по экологии и безопасности.

Генеральный директор
АО «Аэропорт Якутск»

Игнатенко С.С.