

Федеральное государственное унитарное предприятие
Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации
(ФГУП ГосНИИ ГА)

На правах рукописи

ГОРБУНОВ ВЛАДИМИР ПАВЛОВИЧ

**МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ
АВИАТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ КРАЙНЕГО СЕВЕРА,
АРКТИКИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

Специальность 2.9.6 – Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники
(технические науки)

Диссертация
на соискание ученой степени доктора технических наук

Научный консультант:
доктор технических наук, профессор
Кузнецов С. В.

Москва – 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	9
Глава 1. Состояние авиатранспортной системы и региональной авиации в контексте организации авиатранспортной доступности на Крайнем Севере, в Арктике и на Дальнем Востоке.....	28
1.1. Современное состояние региональной авиации Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока и выдвижение гипотезы исследования	28
1.1.1. Формирование и выдвижение гипотезы исследования	32
1.1.2. Факторный анализ гипотезы исследования	34
1.2. Состояние парка воздушных судов и перспективы ускорения производства современных отечественных ВС	38
1.3. Основные факторы и проблемы развития региональной авиации Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока – системный, организационный, географический, инфраструктурный, экономический, технический и промышленный.....	44
1.3.1. Авиационная подвижность населения, как критерий транспортной доступности в мировой и отечественной авиатранспортных системах	47
1.3.2. Анализ проблематики обеспечения транспортной доступности и авиационной подвижности населения	50
1.3.3. Анализ понятия транспортная доступность с позиций предпосылок моделирования авиатранспортных систем.....	53
1.3.4. Влияние природных и антропогенных факторов на современное состояние авиатранспортной системы и региональной авиации Крайнего Севера и Арктики.....	59
1.4. Перспективы развития Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока до 2030 и далее	61
Выводы по главе 1.....	63

Глава 2. Природно-климатические факторы, технические ограничения и методы решения проблемы эксплуатации современных ВС в условиях Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока	65
2.1. Погодно-климатические факторы и технические ограничения при эксплуатации современных ВС в условиях Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока	65
2.2. Методы решения проблемы эксплуатации современных ВС с цифровым бортовым комплексом авионики в условиях низких и экстремально низких температур	67
2.3. Организационные мероприятия по реализации методов поддержания летной годности современных ВС в условиях Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока	68
2.3.1. Методологические аспекты низкотемпературной надежности авионики при эксплуатации современных воздушных судов в условиях Крайнего Севера и Арктики.....	68
2.3.2. Теоретические аспекты исследования надежности современных ВС с цифровым бортовым комплексом авионики	71
2.3.3. Метод определения соотношения количества неявных отказов авионики.....	73
2.3.4. Обоснование разработки метода тепловой компенсации на основе теплофизического моделирования и экспериментальной работы.....	78
2.3.5. Оценка параметров охлаждения и надежности ВС в условиях экстремально низких температур с использованием метода теплофизического моделирования	80
2.3.6. Разработка и экспериментальная отработка метода тепловой компенсации на основе схемы рециркуляции воздушного потока штатной системы обдува бортового цифрового комплекса авионики	83
Выводы по главе 2.....	85

Глава 3. Комплексная оценка эффективности функционирования основных составляющих авиатранспортной системы: аэропорт — самолет — топливо.....	88
3.1. Формирование стратегии построения авиатранспортной системы на основе факторного анализа основных ее составляющих.....	88
3.1.1. Инфраструктурный фактор. Фактор топлива. Математический критерий топливной эффективности авиатранспортной системы	90
3.1.2. Оценка факторов оптимизации завоза авиатоплива в районы Крайнего Севера и Арктики путем оптимизации логистической схемы топливообеспечения на основе применения метода корреляционно-регрессионного анализа.....	97
3.1.3. Особенности обеспечения авиатопливом в аэропортах арктической зоны	99
3.1.4. Проблема качества. Потеря удельной электропроводности авиационного топлива	103
3.1.5. Факторный анализ проблемы завоза авиатоплива путем оптимизации логистической схемы	103
3.2. Метод танк-контейнерной перевозки как альтернативное решение проблемы транспортировки авиатоплива в труднодоступные аэродромы арктических районов Якутии и Крайнего Севера	110
3.3. Использование факторного анализа в логистической схеме доставки топлива в Арктическую зону Дальневосточного региона	112
3.4. Инфраструктурный фактор. Фактор аэропорта Крайнего Севера, Арктики и Дальневосточного региона.....	115
3.4.1. Общая характеристика состояния вопроса влияния фактора аэропорта в авиатранспортной системе Крайнего Севера и Арктики	115
3.4.2. Внутренние ограничения в работе аэропортовой инфраструктуры Дальневосточного федерального округа	118
3.4.3. Общая характеристика маршрутной сети и состав флота ДФО	119
3.4.4. Резервы и методы оптимизации работы аэропортовой сети.....	123

3.5. Фактор аэропорта в авиатранспортной системе Дальнего Востока	125
3.5.1. Определение основных подходов к построению авиатранспортной сети ДФО.....	125
3.5.2. Определение и анализ релевантных факторов в деятельности аэропортов на основании принципа декомпозиции операционных моделей	126
3.5.3. Факторный анализ аэропорта	128
3.5.4. Методы моделирования на основании принципа декомпозиции операционных моделей	131
3.6. Фактор воздушного судна в авиатранспортной системе Дальнего Востока	132
3.6.1. Оценка перспектив эксплуатации ВС RRJ-95B/LR и ИЛ-114–300 на ограниченной аэродромной сети Якутии и Дальнего Востока с учетом технического уровня ВС	133
3.6.2. Исследование влияния взлетно-посадочных характеристик ВС RRJ-95B/LR на перспективы расширения его эксплуатации в авиатранспортной системе Дальневосточного региона.....	134
3.6.3. Сравнительный анализ летно-технических характеристик ВС Ил-114–300 и оценка важности его летно-технических и эксплуатационных параметров в авиатранспортной системе Арктики, Якутии и Дальнего Востока	138
3.6.4. Оценка эксплуатационно-экономической модели выполнения программы полетов Ил-114 на маршрутной сети Республики Саха (Якутия).....	141
3.6.5. Опыт эксплуатации самолетов Ил-114–100 в Узбекских авиалиниях..	143
Выводы по главе 3.....	147
Глава 4. Принципы и методология низкобюджетных авиакомпаний при решении проблемы построения авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока	149
4.1. Принципы и методология низкобюджетных авиакомпаний.....	149

4.2. Современные методы бизнес-моделирования низкобюджетного сегмента воздушного транспорта	150
4.3. Географический и инфраструктурные факторы низкобюджетных авиакомпаний	153
4.4. Географические и инфраструктурные факторы низкобюджетных авиакомпаний – фактор аэропорта	155
4.5. Методика обеспечения авиатранспортной доступности и построения авиатранспортной системы Дальнего Востока Российской Федерации путем трансформации низкобюджетной бизнес-модели авиаперевозок в дальнемагистральный сегмент	160
4.5.1. Цели и задачи предлагаемого решения как метода обеспечения авиатранспортной доступности Дальнего Востока	160
4.5.2. Предпосылки и перспективы дальнемагистрального low-cost в современной российской авиатранспортной структуре	161
4.5.3. Определение оптимальной линейки воздушных судов для дальневосточных маршрутов методом сравнения характеристик и оценки преимуществ	161
4.5.4. Анализ полученных результатов по трансформации отечественной низкобюджетной практики в дальнемагистральный сегмент	165
Выводы по главе 4	167
Глава 5. Математическое моделирование развития ключевых составляющих авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока	169
5.1. Математическая модель оптимизации модельного ряда ВС для эксплуатации в условиях Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока	169
5.1.1. Метод формирования оптимальной линейки (модельного ряда) воздушных судов для построения парка авиапредприятий регионов Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока на основе исследования параметрических моделей ВС	174
5.1.2. Оценка стоимости жизненного цикла воздушных судов на основе сравнительного анализа	187

5.1.3. Методика формирования системы формализованных критериев рациональности программы развития авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока на долгосрочную перспективу	190
5.2. Формирование стратегии построения сети маршрутов в условиях аэропортов Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока на основе топливно-экономического критерия	197
Выводы по главе 5.....	213
Глава 6. Практическое применение разработанной методологии для построения эффективной авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока путем создания единой дальневосточной авиакомпаний.....	216
6.1. Механизмы и эффективность государственно-частного партнерства при решении проблемы построения авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока	216
6.2. Анализ существующих представлений о рисках проектов ГЧП	220
6.3. Отечественная практика реализации проектов ГЧП.....	224
6.4. Создание единой дальневосточной авиакомпании через развитие единой маршрутной сети, парка и летно-технической эксплуатационной инфраструктуры Дальневосточного региона	226
6.4.1. Концепция создания единой дальневосточной авиакомпании	226
6.4.2. Определение основных параметров и формирование финансовой модели организации местных и региональных авиаперевозок.....	227
6.4.3. Основные положения создания единой дальневосточной авиакомпании	228
6.4.4. Целевая концепция создания единой дальневосточной авиакомпании	230
6.4.5. Участники процесса построения единой системы авиаперевозок	231
6.4.6. Этапы создания	234
6.4.7. Реестр социально-значимых маршрутов	238

6.4.8. Оценка аэродромной инфраструктуры	242
6.4.9. Пассажиропотоки	242
6.4.10. Формирование программы полетов	244
6.4.11. Консолидированная маршрутная сеть ДФО	245
6.4.12. Парк воздушных судов: поставки и вывод	246
6.4.13. Тарифы	248
6.4.14. Расчет расходов	249
6.4.15. Расчет потребной субсидии	251
Выводы по главе 6	263
Заключение	265
Список сокращений, терминов и условных обозначений	272
Литература	275

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы диссертационного исследования. Авиационный транспорт является одной из важнейших отраслей, обеспечивающей успешное развитие экономики страны. Авиатранспортная отрасль является жизненно важным фактором интеграции регионов РФ, обеспечивающей авиатранспортную доступность и авиационную подвижность населения, играет важную роль в решении социально-экономических задач [254, 255]. В то же время отдаленные регионы Крайнего Севера и Арктики остаются труднодоступными и в настоящее время. На воздушный транспорт приходится всего лишь 7,7% в структуре транспортной системы Арктической зоны Российской Федерации. В 2021 г. воздушным транспортом было перевезено около 1 млн пассажиров в условиях Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока, что в современных экономических и политических условиях составляет чуть более одного процента от общего объема перевозок и является явно недостаточным, учитывая новые геополитические реалии и значение этого стратегически важнейшего региона страны [119, 120, 261].

Задачи эффективного функционирования и создания перспектив развития транспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока формируются из приоритетных задач развития экономики и направлены на увеличение стратегического и экономического преимущества в этом важнейшем для страны регионе [72, 81]. Устойчивое социально-экономическое развитие как отдельных территорий, так и страны в целом в долгосрочной перспективе невозможно обеспечить без развитой авиатранспортной системы. Вот почему разработка методологии построения эффективной авиатранспортной системы регионов Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока является актуальной и способствует решению важных государственных задач [160].

В современных геополитических условиях и поменявшегося вектора международного сотрудничества в Азиатско-Тихоокеанском регионе (АТР)

значительно возросло значение развития авиатранспортной системы дальневосточного региона и Арктики и особенно в обеспечении дальнейшего развития Северного морского пути (СМП) [18, 79, 246].

В связи с возросшим значением Дальнего Востока требуются новые модели формализации стратегического государственного планирования, развития научных основ и методов обеспечения исследований, в первую очередь эффективного функционирования и развития авиатранспортной системы. Новые геополитические приоритеты способствуют активному развитию науки о транспорте и транспортных системах, которые являются, по выводам Всемирного экономического форума (ВЭФ), ключевыми факторами успешных, социально ориентированных экономик. Важность реализации транспортной стратегии в отношении Дальнего Востока была еще раз подчеркнута Президентом Российской Федерации В. В. Путиным на прошедшем в сентябре 2023 года ВЭФ во Владивостоке. Примером целенаправленной поддержки науки по вопросам эффективного функционирования транспортных систем является политика Правительства Российской Федерации. Так, Транспортная стратегия Российской Федерации, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р «Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 г. с прогнозом на период до 2035 года», предусматривает вложение значительных финансовых средств в реализацию приоритетных исследовательских проектов развития авиатранспортной системы [224]. Данные приоритетные направления взяты за основу при формировании единой дальневосточной авиакомпания через создание альянса с консолидированной маршрутной сетью, расписанием полетов, парка воздушных судов с приоритетным использованием воздушных судов отечественного производства, сетью организаций по техническому обслуживанию и ремонту авиационной техники альянса и системой его материально-технического обеспечения, что соответствует поручению Президента Российской Федерации от 14.01.2020 г. № Пр-36 («Внести предложение по созданию авиационной компании, эксплуатирующей воздушные суда российского производства, основной деятельностью которой будет осуществление перевозок пассажиров и грузов в Дальневосточном федеральном округе и в

труднодоступных районах, определив потребность в воздушных судах с указанием их типов и пассажироместимости») выполнение которого, позволит решить задачи развития отечественного авиапрома, создания высококвалифицированных рабочих мест и линейки современных отечественных судов для работы в условиях Крайнего Севера и Арктики [204].

Реализация проекта создания единой дальневосточной авиакомпании по поручению Президента и Правительства РФ должна обеспечить рост коэффициента авиационной подвижности населения в сегменте местных и региональных авиаперевозок с нынешнего 0,35 до уровня среднероссийского 0,72, а включая все сегменты авиаперевозок, средние и дальнемагистральный, до общестранового показателя в 1,8. При этом, увеличение количества перевезенных пассажиров дальневосточников должно вырасти с 1 038 тыс. чел. в 2019 году до 2 030 тыс. чел. в 2025 году, с целевым показателем достижения ежегодной перевозки 4 000 тыс. чел. к 2030 году и до 158 миллионов в целом по стране [209, 223, 234].

В процессе поиска путей решения вышеуказанных задач и разработки методологии эффективного развития авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока автором была выдвинута гипотеза исследования, в основе которой были определены три важнейших проблемных составляющих авиатранспортной системы: «аэропорт-самолет-топливо», в совокупности формирующих около 75% финансовых затрат авиапредприятий, от эффективности функционирования которых напрямую зависит функционирование авиатранспортной системы. В то же время современное состояние аэропортовой сети, процессов модернизации парков воздушных судов, создание и запуск в серийное производство новых образцов авиатехники для региональной и местной авиации Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока в значительной степени не соответствует вызовам сегодняшнего дня.

В основе интенсивного развития и эффективной деятельности авиационного транспорта в регионах Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока в советский период была ярко выраженная востребованность в работе авиации для экономики

беспрецедентной по размерам страны в целом. Путем правильно выбранной государственной стратегии в первую очередь была выстроена авиатранспортная система (АТС) всего государства основу которой составляли три важнейших компонента: аэропортовая сеть, насчитывающая 1450 аэродромов и посадочных площадок, широкая номенклатура авиационной техники около 15000 единиц самолетного и вертолетного парка, из них 7700 для местных авиалиний класса Ан-2, а также развитая система топливообеспечения, обеспечивающая бесперебойное снабжение авиационным топливом даже самых удаленных районов Арктики и Крайнего Севера в целом [160, 193]. Но за прошедшие три десятилетия авиатранспортная система страны значительно изменилась. Аэропортовая сеть страны сократилась до 228 действующих аэропортов. Наибольшее количество закрытых аэродромов и посадочных площадок пришлось на Арктические районы Крайнего Севера. Так, в крупнейшей административной единице мира Республике Саха (Якутия) площадью 3 миллиона 100 тысяч квадратных километров количество аэропортов едва превышает 30. Для сравнения – только в одном штате Аляска в США со схожими как в Якутии климатическими условиями и удаленностью действует порядка 280 аэродромов [196, 200, 202]. Природный фактор сложных климатических условий и экстремально низкие температуры, ограниченность транспортной доступности, неразвитость энергетической инфраструктуры стали источником высоких производственных издержек и стоимости жизни районов Крайнего Севера. Доля транспортных издержек в стоимости конечного продукта доходит до 60% (в среднем по стране 10%). В крупнейшем государственном объединении «Аэропорты Севера» насчитывающем 32 аэропорта Крайнего Севера, в том числе и Арктической зоны Якутии и Чукотки тарифы за взлет посадку выше до 10–11 раз по сравнению с аналогичными услугами в аэропортах европейской части страны. При этом, регламенты работы аэропортов не позволяют использовать их круглые сутки, ограничиваясь максимум двенадцатью часами в сутки или пятью восьмичасовыми рабочими днями в неделю, что значительно снижает эффективность использования самолетно-

вертолетного парка немногочисленных местных авиакомпаний [181, 195, 197, 198, 199, 228].

Критически важной для эффективного функционирования авиатранспортной системы Крайнего Севера и Арктики является процесс топливообеспечения. Сложная логистика Северного завоза с многократными (до восьми-девяти раз) перевалками топлива, сопровождаемая сменой видов транспорта значительно повышает стоимость доставленного в аэропорты Арктической зоны авиационного топлива, до двух раз по сравнению с центральной и европейской частью страны. В этой связи поиск решений оптимизации через экономико-математического моделирование факторов, формирующих стоимость завоза авиатоплива представляется методом решения сложной задачи топливообеспечения. В работе автора обоснована эффективность использования танк-контейнеров в качестве альтернативного метода поставки топлива в удаленные аэропорты Арктической зоны.

Современное состояние процессов модернизации парков воздушных судов, создание и запуск в серийное производство новых образцов авиатехники для региональной и местной авиации Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока значительно отстает от реальной потребности в обновлении и не соответствует требованиям, вызовам сегодняшнего дня, тормозит комплексное развитие авиатранспортной системы как Крайнего Севера, так и транспортной системы страны в целом.

Решение этих насущных проблем, предполагает использование научных, методических, технологических, экспериментальных и системных исследований, направленных на разработку методов и практических решений по восстановлению и развитию инфраструктуры аэропортов, топливозаправочных комплексов, обеспечения эксплуатации и поддержания летной годности и надежности современных ВС в условиях экстремально низких температур Крайнего Севера и Арктики [57, 59, 61, 67].

Степень разработанности темы исследования. Глубокие теоретические и практические исследования общей проблематики влияния эксплуатационных факторов на состояние парка ВС выполнены научно-исследовательскими

институтами ГосНИИГА, ГосНИИАС, ЛИИ им. М. М. Громова и НИЦ им. Жуковского, под руководством, В. С. Шапкина, Р. В. Сакача, С. Ю. Желтова и А. В. Дутова. Решению задач поддержания летной годности, эксплуатационной технологичности, совершенствования процессов и процедур технической эксплуатации ЛА (летательных аппаратов) посвящена значительная часть работ ученых МГТУ ГА: В. Г. Воробьева, Е. Ю. Барзиловича, А. А. Ицковича, Н. Н. Смирнова, Ю. М. Чинючина, С. В. Кузнецова, С. П. Халютина и др.

Широко известны работы в части решения проблем, связанных с обеспечением безопасной эксплуатации ВС, сокращением влияния человеческого фактора в области безопасности полетов гражданской авиации в целом – труды Б. П. Елисеева, В. В. Воробьева, Б. В. Зубкова, В. Д. Кофмана, В. С. Красовского, Е. А. Куклева, Н. А. Махутова, Г. Н. Гипича, А. Г. Гузия.

Основы научно-практических подходов к решению проблемы влияния экстремальных условий и низких температур на эксплуатацию воздушных судов на Крайнем Севере, Сибири и в Арктике были заложены отечественными учеными, такими как А. Б. Круглов, К. М. Шпилев, В. М. Рухлинский и другие, представляющие ВВА им. профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина и МГТУ ГА.

В работах ученых, в частности, Б. С. Алешина, А. В. Дутова, Т. А. Акимова, А. А. Фридлянда, Н. С. Столярова и др. указано, что развитие авиатранспортной отрасли связано прежде всего с возможностями российской авиационной промышленности обеспечить рост производства современных воздушных судов [58, 124, 126, 211, 238, 243, 267].

Несмотря на значительное количество исследований в области транспортных систем, есть необходимость в разработке научно обоснованных стратегий и методологий развития и эффективного функционирования авиатранспортной системы в целом.

Таким образом, учитывая кардинальные изменения в последние годы в функционировании и взаимосвязях авиапредприятий в условиях Крайнего Севера, Арктики, Дальнего Востока и современные направления исследований отечественных и зарубежных ученых, можно с уверенностью утверждать, что

установление научно обоснованных принципов, закономерностей развития, а также разработка методологии построения и обеспечения эффективного функционирования авиатранспортных систем с позиции авиатранспортной доступности является актуальной проблемой.

Цель работы. Целью диссертационной работы является решение научной проблемы построения эффективной авиатранспортной системы Дальнего Востока на основе разработанной методологии, охватывающей методы решения проблемы поддержания летной годности современных ВС в условиях низких и экстремально низких температур, формирования состава и структуры парка воздушных судов, аэродромной и маршрутной сети, повышения эффективности деятельности авиапредприятий, систем их материально-технического и топливного обеспечения.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели в работе определены следующие основные задачи:

- оценка состояния региональной авиации, аэродромной и маршрутной сети, флота дальневосточных авиакомпаний и перспектив их развития;
- изучение роли природных и антропогенных факторов в современном состоянии региональной авиации Арктики и Крайнего Севера;
- выполнение анализа авиатранспортной доступности на Крайнем Севере, Арктике и Дальнем Востоке с позиций предпосылок моделирования транспортных систем;
- моделирование развития ключевых составляющих авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока;
- определение оптимального типоразмерного ряда ВС с использованием принципов параметрического моделирования и построения алгоритмов его оптимизации для условий эксплуатации в районах Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока;
- разработка модели оптимизации парка ВС с определением потребного количества ВС, которые могут быть использованы как оптимальная линейка ВС

при построении сценариев развития парка единой дальневосточной авиакомпания и центров ТОиР российской авиатехники в дальневосточном регионе;

- разработка методики формирования системы формализованных критериев рациональности программы развития авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока;

- выполнение задачи оптимизации логистической схемы топливообеспечения на основе использования экономико-математического моделирования и корреляционно-регрессионного анализа, с обоснованием альтернативного метода;

- обоснование использования принципа декомпозиции операционных моделей аэропортов для анализа релевантных факторов их деятельности;

- формирование концепции стратегического развития и функционирования сети аэропортов Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока с формированием стратегии построения сети маршрутов в условиях аэропортов Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока на основе топливо-экономического критерия;

- обоснование метода трансформации низкобюджетной бизнес-модели в дальнемагистральный сегмент авиаперевозок при решении проблемы авиатранспортной доступности Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока;

- выполнение анализа эффективности направлений государственно-частного партнерства и определение перспективных подходов по привлечению механизмов государственно-частного партнерства при решении проблемы обеспечения эффективности авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока;

- разработка и реализация методологии построения единой дальневосточной авиакомпании как комплексное решение проблемы построения эффективной авиатранспортной системы в условиях Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока.

Объект исследования. Объектом исследования является авиатранспортная система Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока.

Предметом исследования выступают методики, методы, теоритические и практические подходы к поддержанию летной годности, формированию состава и структуры парка ВС, аэродромной и маршрутной сети, систем материально-технического обеспечения авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока.

Методология и методы диссертационного исследования. В качестве методологической основы диссертационного исследования взяты фундаментальные научные труды отечественных и иностранных ученых в самых широких областях науки, в области теории и практики транспортных систем, проектирования, обеспечения надежности и поддержания летной годности воздушных судов, решения логистических задач материально-технического обеспечения. Для решения поставленных задач были использованы методы нечетких множеств, теория сложных систем, корреляционно-регрессионный анализ, системный и многофакторные анализы, положения теории сложных сетей, математическое и параметрическое моделирование, имитационное моделирование, принятия решений в условиях неопределенности.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

1. Впервые разработана методология построения эффективной авиатранспортной системы, позволяющей решать проблемы обеспечения авиатранспортной доступности в условиях Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока на основе определения оптимальных соотношений между основными составляющими системы: парком воздушных судов, аэропортами, технико-технологическими ресурсами, экономико-организационными механизмами и логистикой материально-технического обеспечения.

2. Впервые, с помощью метода теплофизического моделирования, найдено решение проблемы эксплуатации и поддержания летной годности современных ВС с цифровым бортовым комплексом авионики в условиях экстремально низких температур.

3. С использованием принципов параметрического моделирования обоснован оптимальный типоразмерный ряд ВС в авиакомпаниях, который вносит

согласованность в государственные и региональные программы стратегического планирования.

4. Получена модель оптимизации парка ВС, позволяющая определить требуемое количество ВС, которые могут быть использованы как оптимальная линейка ВС при построении сценариев развития парка единой дальневосточной авиакомпании и центров ТОиР российской авиатехники в дальневосточном регионе.

5. Разработана методика формирования системы формализованных критериев рациональности программы развития авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока.

6. Используя математические методы, выполнено моделирование развития ключевых составляющих авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока как научная основа методологии создания единой дальневосточной авиакомпании.

7. Разработаны математические модели оценки эффективности авиатранспортной системы (АТС) Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока на основе теории сложных сетей.

8. Впервые, с применением метода корреляционно-регрессионного анализа проведена оценка наиболее значимых факторов в решении задачи оптимизации транспортной схемы топливообеспечения в аэропорты Арктической зоны Крайнего Севера.

9. Предложен и обоснован альтернативный метод транспортировки авиационного топлива в удаленные аэропорты Крайнего Севера и Арктики с помощью танк-контейнеров.

10. Предложен стратифицированный подход к построению метода многоуровневого анализа, синтеза целей и функций каждой отрасли АТС, который, в отличие от существующих общих теоретических концепций, содержит параметры решения проблемы организации авиатранспортной доступности в условиях Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока.

11. Предложен усовершенствованный подход к классификации аэропортов для формирования концепции стратегического развития и функционирования сети аэропортов Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока с формированием стратегии построения сети маршрутов в условиях аэропортов Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока на основе топливно-экономического критерия.

Положения, выносимые на защиту:

1. Алгоритмы оптимизации модельного ряда ВС для эксплуатации в условиях Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока.

2. Метод формирования оптимальной линейки (модельного ряда) воздушных судов для построения парка авиапредприятий регионов Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока на основе исследования параметрических моделей ВС.

3. Методика формирования системы формализованных критериев рациональности программы развития авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока.

4. Метод корреляционно-регрессионного анализа как основа процесса оптимизации транспортной схемы топливообеспечения в аэропорты Арктической зоны Крайнего Севера.

5. Обоснование альтернативного метода транспортировки авиационного топлива в удаленные аэропорты Крайнего Севера и Арктики с помощью танк-контейнеров.

6. Методология формирования единой дальневосточной авиакомпании, методов и принципов формирования маршрутной сети, парка воздушных судов, учебных центров и организаций по ТОиР.

Достоверность и обоснованность полученных результатов исследования обеспечивается принятой методологией исследования на основе известных законов физического и математического моделирования, корректным применением современного математического аппарата, теории надежности и теории сложных систем, теории вероятности, теплофизики, системного анализа и экспертных оценок и подтверждается удовлетворительным уровнем сходимости прогнозных значений с реальными ключевыми показателями дальневосточной

авиатранспортной системы региона Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока.

Исследовательская работа основана на 20 летнем опыте работы автора в авиатранспортной системе Крайнего Севера и на 40 летнем опыте работы в гражданской авиации в целом. Автором разработаны стратегии создания и развития 4-х авиакомпаний в качестве генерального директора, «Авианова», «Добролет» («Победа») и в том числе 2-х авиакомпаний Крайнего Севера: «Нордавиа-региональные авиалинии» (г. Архангельск) и «Якутия» (г. Якутск), где автором выполнены значительные преобразования и совершенствование, бизнес-моделей, стратегий развития парков, маршрутных сетей, материально-технического обеспечения, что обеспечило повышение эффективности деятельности вышеперечисленных авиапредприятий, их значительный рост и успешное развитие.

Апробация результатов исследовательской работы. Основные положения диссертационного исследования докладывались автором и обсуждались на следующих научных-технических и отраслевых конференциях: XXI научно-техническая конференция «Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н. Е. Жуковского», Москва, 2024; XIV Международная научно-техническая конференция «Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества», посвященная 100-летию отечественной гражданской авиации, Москва, 2023; XII Международная научно-техническая конференция «Современное состояние и перспективы развития систем связи и радиотехнического обеспечения в управлении авиации. Научные чтения имени А. С. Попова», «Военно-Воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, 2023; Международная научно-практическая конференция «Воздушный транспорт – основа логистических коммуникаций» («Авиатранс 2022»), МГТУГА Ростовский филиал, Ростов-на-Дону, 2022; XI Международная научно-практическая конференция «Транспортная инфраструктура Сибирского региона», Иркутск, 2022; XIII Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации», посвященная празднованию 100-летия конструкторского бюро

«Туполев», 55-летия Иркутского филиала МГТУГА, 75-летия Иркутского авиационного технического колледжа, Иркутск, 2022; Всероссийская (с международным участием) научно-практическая конференция «Инфраструктура и транспортно-логистические системы России: технологии, материалы, безопасность» Барнаул, 2022; XVIII научно-техническая конференция «Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н. Е. Жуковского», Москва, 2022; Международная научно-практическая конференция «Арктика: инновационные технологии, кадры, туризм», ВГЛТУ, Воронеж, 2021; Международная научно-практическая конференция «Транспортная доступность Арктики: сети и системы», СПбГАСУ, Санкт-Петербург, 2021; Международная научно-техническая конференция «Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества», посвященная 50-летию МГТУ ГА, Москва, 2021; Научно-практическая конференция «Технологическое развитие авиастроения: глобальные тенденции и национальные интересы России», Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, Москва, 2021; Научно-техническая конференция, XVII Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н. Е. Жуковского (вошел в тройку лучших докладов, вручена грамота), Москва, 2020; Научно-методическая и научно-исследовательская конференция «Инновационные подходы комплексного развития аэропортов в условиях Арктической зоны и северных регионов России», МАДИ, Москва, 2019; III Международная научно-практическая конференция УО «Белорусская государственная академия авиации», Минск, 2019; 12 Международная научно-техническая конференция «Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества», посвященная 95-летию Гражданской авиации России, МГТУ ГА, Москва, 2018.

На отраслевых конференциях и международных форумах: «Общественный транспорт 2024» – форум, Москва, 2024; «NAIS» – 12 Национальная выставка и форум инфраструктуры гражданской авиации, Москва, 2024; Международная конференция и выставка MRO Russia & CIS, ATO events, Москва, 2020, 2023; 5 Международная конференция «Арктика-2020» – «Комплексное развитие автомобильных дорог, дорожных сооружений и аэродромов в условиях Арктической зоны и северных регионов России», ТПП РФ, Москва, 2020; Научно-образовательный центр «Север:

территория устойчивого развития», РАНХиГС, Москва, 2020; 8 заседание подкомиссии по международному сотрудничеству Российско-Японской Межправительственной комиссии по торгово-экономическим вопросам, Цукуба, Япония, 2019; 17 Международный авиационный форум «Крылья Будущего», АТО events, Москва 2019; «NETWORK» – Форум по развитию Евразийских маршрутов, Красноярск, 2019.

Публикации. Основные положения диссертации и полученные результаты опубликованы в 38 научных работах, в том числе 23 статьи в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК при Минобрнауки РФ (177 с.), из них 14 – в изданиях по транспорту; три публикации в изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus, Web of Science и IEEE (38 с.); 9 публикаций в трудах международных и всероссийских конференций (36 с.). Изданы: одна монография и одна коллективная монография. Получен один патент на изобретение.

Личный вклад соискателя заключается:

- в формулировании научной проблемы и выдвижении гипотезы исследования, постановке цели и задач работы;
- выполнении теоретических исследований, разработке методов с последующим выполнением экспериментальной работы;
- решении аналитических и расчетных задач;
- разработке принципов и методов по обеспечению летной годности и надежности эксплуатации современных воздушных судов в условиях экстремально низких температур Крайнего Севера, Сибири и Арктики;
- обосновании применимости и выполнении метода параметрического моделирования для формирования линейки ВС для эксплуатации в условиях Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока;
- формировании модели оптимизации парка ВС, которые могут быть использованы как оптимальная линейка ВС при построении сценариев развития парка единой дальневосточной авиакомпании и центров ТОиР российской авиатехники в регионе Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока;

- разработке методики формирования системы формализованных критериев рациональности программы развития авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока;

- разработке модели определения граничных условий целесообразности использования ВС малой пассажировместимости и большой дальности полета для сетей с перегруженными опорными аэропортами;

- формировании стратегии построения сети маршрутов в условиях аэропортов Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока на основе топливно-экономического критерия;

- выполнении оценки факторов оптимизации завоза авиатоплива в районы Крайнего Севера и Арктики на основе методики применения корреляционно-регрессионного анализа; обосновании альтернативного решения по оптимизации логистики поставляемого в удаленные аэропорты авиационного топлива методом транспортировки с помощью танк-контейнеров.

Сформулированные в диссертации научные положения, выводы и рекомендации получены автором лично и являются его самостоятельно полученным научным результатом с широкой апробацией и практической реализацией в процессе создания единой дальневосточной авиакомпания Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока.

Практическая значимость результатов проведенных исследований определяется следующим:

1. Благодаря применению метода теплофизического моделирования при проведении экспериментальной работы, выполнено научное обоснование метода тепловой компенсации и разработаны организационные мероприятия по реализации методов поддержания летной годности современных ВС в условиях Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока.

2. Автором выдвинута гипотеза, определяющая главное направление научного поиска, где с целью решения поставленной научной проблемы выполнено системное моделирование на основе факторного взаимодействия основных элементов и моделей воздушного транспорта «аэропорт — самолет — топливо»,

позволившее впервые разработать методический комплекс необходимый для формирования методологии построения эффективной авиатранспортной системы.

3. Выполнена оценка факторов оптимизации завоза авиатоплива в районы Крайнего Севера и Арктики на основе методики применения корреляционно-регрессионного анализа, что позволило оптимизировать логистическую схему с сокращением количество перевалок топлива, снижения стоимости его транспортировки и сохранении качества авиатоплива.

4. В качестве альтернативного решения по оптимизации логистики поставляемого в удаленные аэропорты авиационного топлива предложен метод и технологические преимущества транспортировки с помощью танк-контейнеров.

5. Предложен метод исследования моделей ВС через параметрическое моделирование для эксплуатации в условиях Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока, который позволяет выполнение задачи моделирования оптимальной линейки ВС даже в условиях текущей неопределенности. Получена модель оптимизации парка ВС, позволяющая определить требуемое количество ВС, которые могут быть использованы как оптимальная линейка ВС при построении сценариев развития парка единой дальневосточной авиакомпания и центров ТОиР российской авиатехники в регионе Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока.

6. Предложена модель определения граничных условий целесообразности использования ВС малой пассажироместимости и большой дальности полета для сетей с перегруженными опорными аэропортами, в которой, в отличие от существующих моделей, учитывается дополнительный параметр в виде стоимости топлива.

7. Сформирована стратегия построения сети маршрутов в условиях аэропортов Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока на основе топливно-экономического критерия.

8. Предложен и обоснован метод повышения авиатранспортной доступности Дальневосточного региона через трансформацию авиакомпаний низкобюджетной бизнес-модели в дальнемагистральный сегмент на основе системно-интегральной методологии.

9. Предложена концепция создания и развития единой дальневосточной авиакомпания в качестве принципиально нового подхода в построении эффективной авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока, путем формирования состава и структуры парка воздушных судов, развития аэродромной и маршрутной сети, повышения эффективности деятельности авиапредприятий, систем их материально-технического и топливного обеспечения.

Ценность научных работ заключается в том, что в них соискатель развивает теоретико-методические и методологические положения по исследуемым вопросам диссертации. Основные положения исследования, изложенные в работах автора, послужили развитию научных основ построения эффективной авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока благодаря разработки комплекса математических методов и научно-обоснованных решений проблем надежности и поддержания летной годности современных воздушных судов в условиях экстремально низких температур, формирования состава и структуры парка воздушных судов, развития аэродромной и маршрутной сети, повышения эффективности деятельности авиапредприятий, систем их материально-технического обеспечения как комплексных решений, обеспечивающих достижение долгосрочных стратегических целей развития авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока страны в новых геополитических условиях.

Использование и практическое внедрение результатов. Использование и практическое внедрение результатов исследования заключается:

- в личном руководстве созданием двух низкобюджетных авиакомпаний как старт-ап проектов – «Авианова» (2008) и «Добролет» («Победа», 2014);
- личном руководстве и эффективном развитии с преобразованием бизнес-модели традиционного авиапредприятия «Нордавиа – региональные авиалинии» в низкобюджетную авиакомпанию с выходом на рентабельность за 5 месяцев (2016) путем разработки и внедрения новой структуры сети авиалиний, повышения эффективности существующего парка и разработке долгосрочной стратегии

развития авиакомпании с новой структурой перспективного парка воздушных судов;

– личном руководстве республиканской авиакомпанией «Якутия» с выводением авиапредприятия из критического состояния путем значительного улучшения эффективности деятельности с восстановлением финансово-экономического результата авиапредприятия через оптимизацию состава и структуры парка, оптимизацию затрат, расширения возможностей центра ТОиР и оптимизацию логистических путей поставки топлива, разработке и внедрения новой маршрутной сети на Дальнем Востоке.

Научные положения и результаты исследования внедрены при создании единой дальневосточной авиакомпании путем:

– личного участия в разработке проекта и создании единой дальневосточной авиакомпании с лидирующей ролью авиакомпании «Аврора»;

– разработки методологии решения проблемы обеспечения авиатранспортной доступности в условиях Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока, базирующейся на теории сложных сетей с обоснованием количественных показателей эффективности функционирования АТС региона;

– разработки комплекса рекомендаций по долгосрочному прогнозированию объемов авиаперевозок и авиационного парка;

– разработки методики определения оптимальной частоты рейсов в условиях функционирования авиакомпаний регионов Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока за счет оптимизации сети авиамаршрутов и перераспределения соответствующих ресурсов при экономии расхода топлива;

– выбора метода и научно обоснованной концепции объединения, консолидированного развития парка, маршрутной сети, бренда и обоснования экономически эффективной стратегии совместной работы авиапредприятий региона.

Результаты диссертационной работы нашли свое применение в деятельности низкобюджетных авиакомпаний «Авианова», «Добролет» («Победа»), «Нордавиа – региональные авиалинии», АО «Авиакомпания «Якутия», АО «Авиакомпания

«Полярные авиалинии», а также в реализации проекта создания единой дальневосточной авиакомпания с лидирующей ролью авиакомпании «Аврора».

Апробация основных научных и практических результатов диссертации на указанных авиапредприятиях подтверждается фактом успешного функционирования единой дальневосточной авиакомпании на основе разработанного проекта, создания долгосрочной стратегии, договорной базы и всех необходимых многосторонних соглашений.

Структура работы. Диссертационное исследование состоит из введения, шести глав, заключения, списка сокращений, терминов и условных обозначений, а также списка литературы из 341 наименования. Основной текст изложен на 271 странице, содержит 71 рисунок и 33 таблицы.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ АВИАТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ И РЕГИОНАЛЬНОЙ АВИАЦИИ В КОНТЕКСТЕ ОРГАНИЗАЦИИ АВИАТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ, В АРКТИКЕ И НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

1.1. Современное состояние региональной авиации Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока и выдвижение гипотезы исследования

Региональная авиация является важнейшей и неотъемлемой частью отрасли авиационных перевозок пассажиров и всей транспортной системы страны. В совокупности с местными авиаперевозками региональная авиация в большинстве регионов Крайнего Севера и Арктики является безальтернативным видом транспорта.

Целью развития авиатранспортной системы в части региональной и местной авиации Крайнего Севера и всего Дальневосточного региона, на которую приходится около 13% количества перевозимых пассажиров, является обеспечение ее соответствия требованиям эффективного и устойчивого обслуживания текущих и перспективных потребностей населения и отраслей экономики Дальнего Востока в воздушных перевозках и авиационных работах с использованием возможностей региональной и местной авиации, повышение транспортной доступности и качества транспортных услуг для населения, ускорение роста воздушных перевозок и авиационных работ и высокой безопасности, повышение производительности труда и топливной эффективности на воздушном транспорте в соответствии с действующими в гражданской авиации требованиями и правилами и рыночными условиями [7, 9, 13, 14, 36].

На современном этапе постсоветского периода региональная и местная авиация переживают непростой период своего развития. В особенности это касается регионов Восточной Сибири и Дальнего Востока, где характерны низкая плотность населения и его низкая платежеспособность, что обуславливает, в свою

очередь, низкую интенсивность авиаперевозок и невозможность, в отличие от советского времени, формирования устойчивых пассажиропотоков. Как следствие, существующие региональные и местные авиаперевозки имеют высокую себестоимость за счет высоких удельных затрат на содержание аэродромной сети и использования воздушных судов с дорогой себестоимостью летного часа.

В исследованиях [267] показан разрыв в стоимости пассажиро-километра на местных, региональных и магистральных авиалиниях (рисунок 1.1). Подчеркивается существенная разница между сегментами авиаперевозок на российском рынке в стоимости пассажиро-километра от 6,9 до 14 раз соответственно.

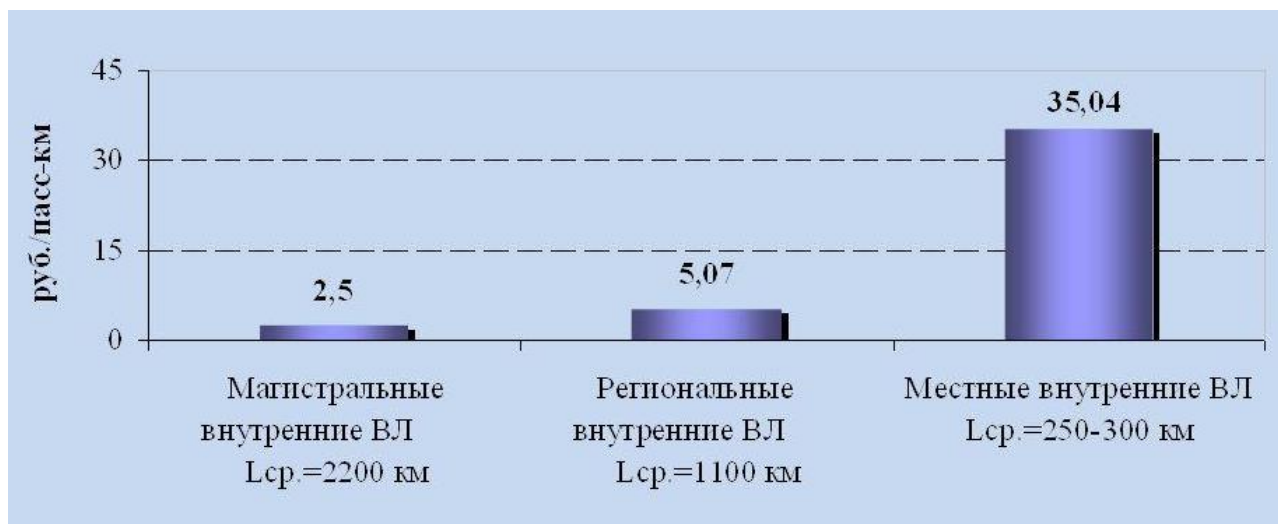


Рисунок 1.1 – Средняя себестоимость пассажиро-километров по трем сегментам авиаперевозок, руб./пасс-км

Себестоимость авиаперевозок напрямую влияет на ценообразование и тариф, конечную стоимость авиабилета. Это в большинстве случаев превышает возможности населения по оплате услуг воздушного транспорта, что определяет убыточность в целом всей деятельности авиапредприятий на рынке местных и большинства региональных авиаперевозок, в особенности районов Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока.

Именно разрыв себестоимости авиаперевозки на внутренних местных авиалиниях со средней протяженностью 250–300 километров, региональных внутренних протяженностью 1100 км и магистральными внутренними авиалиниями в 2200 километров оказывает наибольшее влияние на общее состояние авиатранспортной системы. Возникшая существенная разница от 7 до 14 раз, исходя из удельного соотношения стоимости затрат между сегментами авиаперевозок на российском рынке в стоимости пассажира-километра, составляет:

- 2,5 руб./пасс-км на местных внутренних;
- 5,07 руб./пасс-км на региональных внутренних;
- 35,04 руб./пасс-км на магистральных внутренних.

На рисунках 1.2, 1.3, 1.4 раскрыта структура затрат авиакомпаний по трем основным сегментам авиаперевозок, местных, региональных и магистральных.

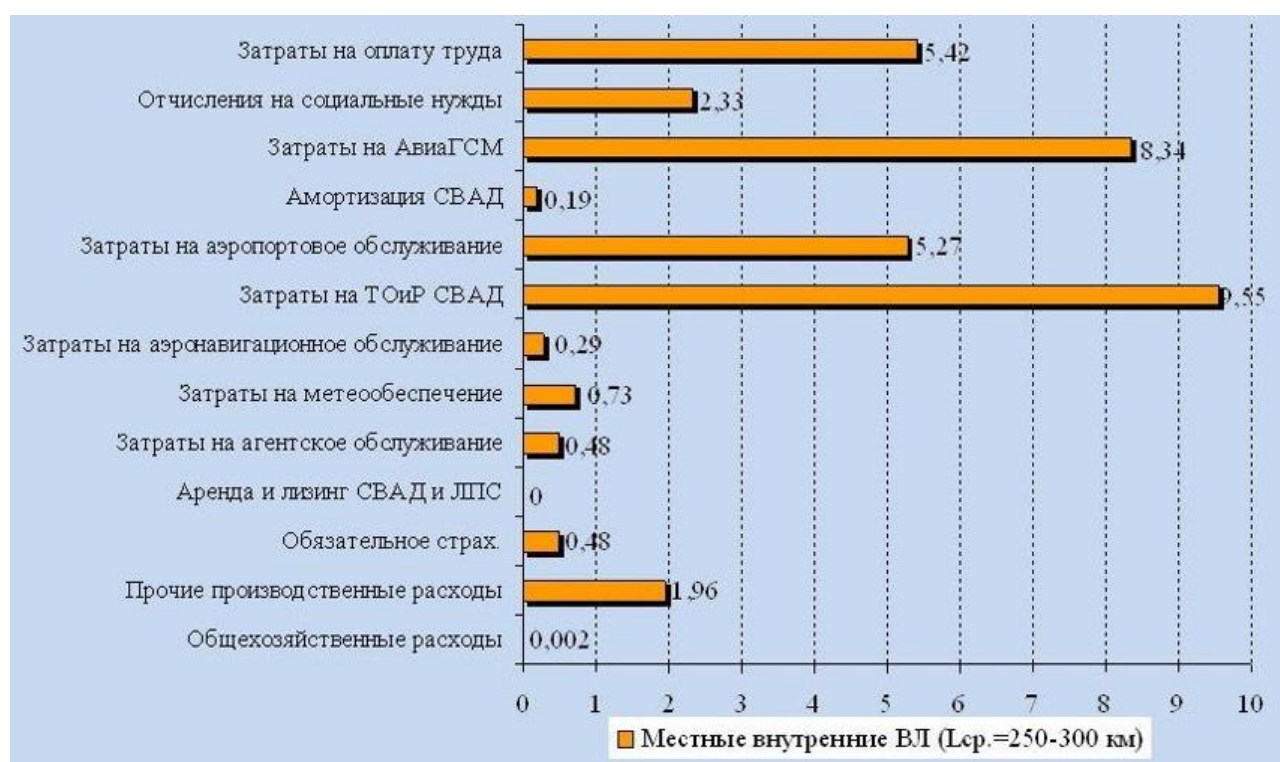


Рисунок 1.2 – Структура затрат на региональных внутренних местных авиалиниях средней протяженностью от 250 до 300 километров

Наиболее значимо данная стоимостная фрагментация наблюдается в структуре расходов авиакомпаний, оперирующих на маршрутной сети Крайнего

Севера и Арктики по вышеперечисленным причинам: высокой стоимости авиатоплива, особенно после доставки в аэропорты Арктической зоны, стоимости взлета-посадки, до 9 раз выше, чем в европейской части России и аэропортового обслуживания в целом. Более высокой является стоимость поддержания летной годности старого флота основных ВС для местных и внутрирегиональных перевозок Ан-2, Ан-24 и АН-26, а также оставшихся без конструкторской и послепродажной поддержки немногочисленных ВС зарубежного производства Л410, ATR-42/72 и Bombardier Dash8 Q300.

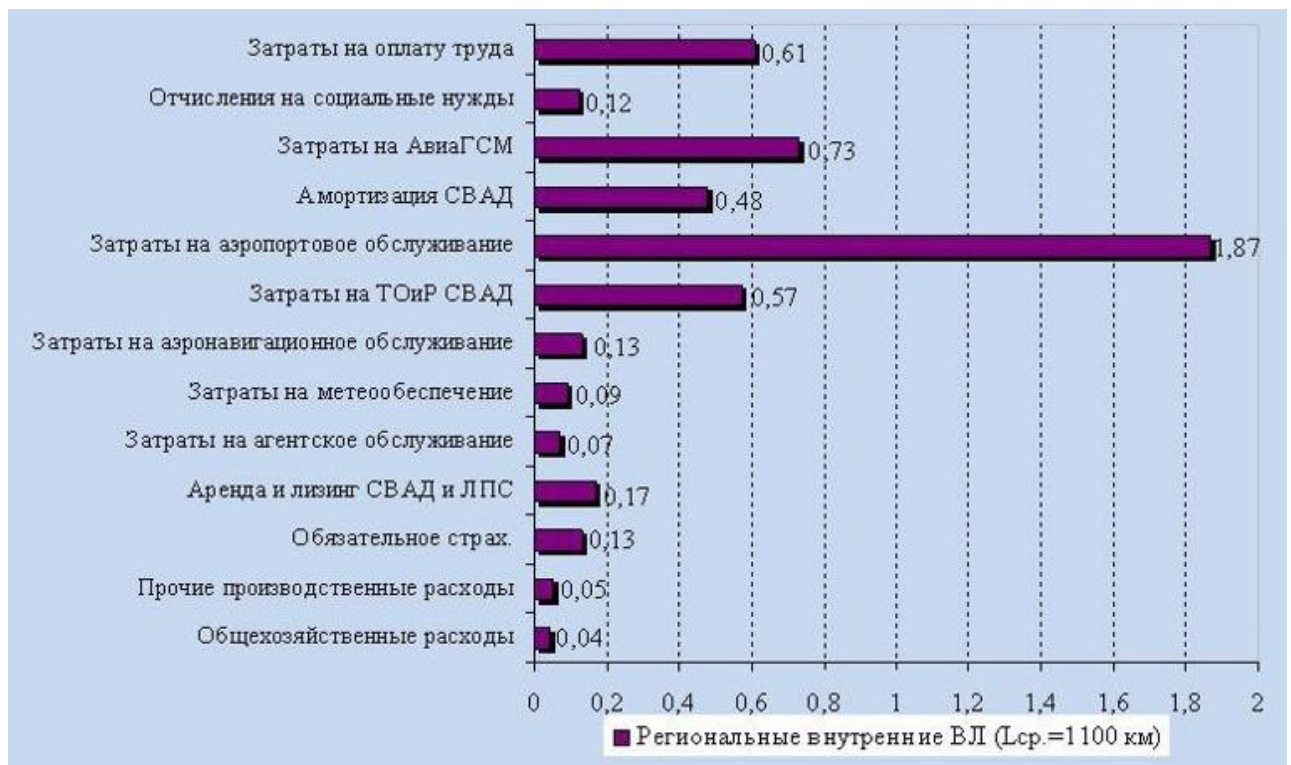


Рисунок 1.3 – Структура затрат на региональных внутренних авиалиниях средней протяженностью в 1100 километров



Рисунок 1.4 – Структура затрат на региональных магистральных внутренних авиалиниях средней протяженностью равной 2200 километров

1.1.1. Формирование и выдвижение гипотезы исследования

Принимая достоверность вышеприведенного анализа структур расходов на авиаперевозки в трех сегментах маршрутной сети авиатранспортной системы, как наиболее существенных и оказывающих в совокупности наиболее значимое воздействие на себестоимость и конечную стоимость авиаперевозки, берем сложившуюся структуру затрат за основу формирования и выдвижения гипотезы диссертационного исследования, а именно факторы стоимости:

- эксплуатации воздушных судов и поддержания их летной годности (ПЛГ);
- аэропортового обслуживания;
- авиационного топлива;

Исходя из вышеприведенных данных о структуре затрат в разных сегментах выполняемой авиатранспортной работы и их взаимном сопоставлении, автором выдвигается гипотеза, определяющая главное направление научного поиска, где с

целью решения поставленной научной проблемы предполагается выполнить системное моделирование на основе факторного взаимодействия основных элементов и моделей воздушного транспорта «аэропорт — самолет — топливо», совокупное решение проблем которых, гипотетически, по мнению автора, может позволить впервые разработать методический комплекс необходимый для формирования методологии построения эффективной авиатранспортной системы.

Исходя из выдвинутой гипотезы, автором предполагается, что деятельность и развитие авиатранспортной системы и, в частности, местной и региональной авиации Крайнего Севера и Арктики в высокой степени зависит от таких факторов, как:

1. Стареющий и неэффективный флот с высокой стоимостью поддержания летной годности в том числе нехватка квалифицированных авиационных специалистов для ее поддержания из-за общего оттока населения, в особенности с Крайнего Севера, стоимость и логистические проблемы поставки запасных частей, формируют фактор воздушного судна в структуре затрат авиакомпаний составляющий от 15% до 20%.

2. Значительный износ производственной базы аэропортовой инфраструктуры, взлетно-посадочных полос, отсутствие удобных пассажирских терминалов, современных систем инструментальной посадки, оснащения свето- и радиотехническим оборудованием формируют фактор аэропорта в структуре затрат авиакомпаний составляющий от 15% до 25%.

3. Неудовлетворительное состояние топливозаправочных комплексов и несовершенная, дорогостоящая логистика топлива, все это формирует фактор топлива в структуре затрат авиакомпаний составляющий до 30%.

Таким образом, суммарная доля всех трех ключевых факторов в совокупности формирует от 65% до 75% затрат авиакомпаний в общей структуре себестоимости авиаперевозки. Поиску научно-обоснованных решений по оптимизации процессов в каждом из вышеперечисленных трех направлений с использованием научных подходов и методов, сформированы цели и задачи исследования от достижения которых зависит успешность разработки методологии построения эффективной авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока.

1.1.2. Факторный анализ гипотезы исследования

Итак, первым значительным фактором, усугубляющим и без того низкоэффективную эксплуатацию флота региональных воздушных судов в районах Крайнего Севера и Арктики, являются регламенты работы аэропортов, в подавляющем своем большинстве работающих только светлое время суток. Регламенты работы большинства региональных аэропортов ограничены восемью или максимум двенадцатичасовыми сменами и обычно с двумя выходными днями в неделю, что в результате существенно «сужает» расписание полетов для авиакомпаний. При этом эффективность коммерческого использования воздушных судов снижается в среднем на 30–40% в отличие от их эксплуатации в регионах страны с круглосуточной работой аэропортовой сети. В то же время по условиям договоров аренды авиакомпания обязана выполнять лизинговые платежи вне зависимости от их фактического налета и коммерческого использования в расписании. В региональной авиации Дальнего Востока воздушное судно находится в воздухе в среднем три часа в сутки, но для окупаемости стоимости владения и поддержания летной годности, этот показатель должен быть не менее девяти. По данным Росавиации, процент занятости пассажирских кресел у дальневосточных перевозчиков сейчас ниже среднеотраслевого показателя и за 7 месяцев 2021 года составил – 80,1%. В частности, у «Полярных авиалиний» и «Авроры» он составляет 62%, Камчатского авиапредприятия – 63,2%, «Якутии» – 72,4%. Для сравнения, процент занятости кресел у авиакомпаний, оперирующих в западной и центральной части страны составляет: «Россия» – 81,5%, «S7» – 84,7%, «Победа» – 93,5%.

В исследованиях [199, 201, 266] авторы увязывают вопросы авиационной подвижности населения с покупательской способностью населения и проводят анализ с прогнозом уровня бедности населения в Арктической зоне Республики Саха, вырабатывают рекомендации по поддержке и развитию региональной авиации в Арктике.

В крупнейшем по территории административно-территориальном регионе Российской Федерации – Республике Саха (Якутия) площадью более 3 миллионов квадратных километров в зоне круглогодичного наземного транспортного сообщения проживает всего 15% населения, более 90% территории имеет лишь сезонную транспортную доступность. Для большинства населенных пунктов республики гражданская авиация – единственный вид транспорта круглогодичного действия, выполняет более 82% транспортного внутриреспубликанского пассажирооборота. Внутрирегиональные и местные авиаперевозки (внутриулусные) играют важнейшую роль в обеспечении транспортной доступности отдаленных районов Республики Саха (Якутия), в особенности в ее Арктической зоне [197, 199].

Низкая плотность населения и суровые климатические условия Республики Саха (Якутия) диктуют высокую стоимость реализации мер по необходимому увеличению авиационной подвижности населения районов республики в соответствии с действующими социальными требованиями. Кроме того, установился экономически дискриминационный порядок регулирования стоимости авиационных услуг в аэропортах Арктической зоны Российской Федерации для авиаперевозчиков, что напрямую влияет на формирование тарифа на авиаперелеты для жителей Заполярья. Так, при среднем уровне заработной платы в сельской местности Арктической зоны в 62 248 рублей (по итогам 2023 года), средняя стоимость билета, например, по маршруту Черский-Якутск-Черский составляет 82 704 рубля, что является ограничивающим фактором в улучшении показателя авиационной подвижности населения Арктики.

Основной проблемой авиатранспортной системы в текущем ее состоянии – это отсутствие поступления новых типов воздушных судов для региональных и местных воздушных перевозок, высокая стоимость эксплуатации морально устаревшего авиапарка, в основном незаменимых Ан-2, Л410, Ан-24, Ан-26 и единичных экземпляров еще советских Ан-38, а также оставшихся без поддержки нескольких типов немногочисленных зарубежных ВС ATR-42/72 и Bombardier Dash8 Q200/300/400. Это обстоятельство является сегодня для большинства маршрутов

Крайнего Севера и аэропортов Арктической зоны серьезнейшим ограничивающим фактором в обеспечении свободы перемещения населения и решении жизненно важных социально-экономических задач [63, 64].

Отсутствие платежеспособного спроса на авиаперевозки приводит к существенному, по сравнению со временами СССР, сокращению частотности выполнения рейсов или даже полному закрытию некоторых авиамаршрутов в арктических районах с уходом авиаперевозчиков, неспособных выстоять в сложившихся рыночных условиях, сокращению выстроенных в советское время развитой аэродромной сети и других объектов наземной инфраструктуры.

Данное обстоятельство, а именно регламентное ограничение в работе аэропортовой сети ставит авиакомпании Дальневосточного региона в неравное положение относительно авиакомпаний европейской части страны и делает эксплуатацию региональных воздушных судов в условиях Крайнего Севера и Дальнего Востока не эффективной или даже убыточной.

Поэтому основные тенденции развития отечественной отрасли региональных авиаперевозок пассажиров в известной степени касаются и самого регионального аспекта, хотя в силу ряда географических особенностей, погодных, климатических и иных факторов региональные авиаперевозки имеют значительные отличительные признаки, обусловленные современным состоянием аэропортовой инфраструктуры, наличием или полным отсутствием базовых авиаперевозчиков, специализирующихся на выполнении региональных и местных авиаперевозок [1, 12, 34].

Здесь следует отметить, что для кардинального изменения ситуации необходимы государственные решения, в совокупности касающиеся решения непосредственно самой проблемы развития региональной авиации. Так, например, «Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года» (далее Транспортная стратегия) имеет скорее принципиальное, а не конкретное значение для решения указанной проблемы [224, 238]. Использованные в указанном документе термины и понятия: «транспортное пространство», «эффективная транспортная инфраструктура»,

«доступность транспортных услуг» и другие входят в круг базовых научных терминов обсуждаемой проблемы.

Являясь основным документом, в котором выявлены проблемы и намечены пути их решения в области развития транспорта, в том числе воздушного, Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года направлена на решение нескольких важнейших задач и определение основных путей развития транспортного комплекса Российской Федерации [224].

Согласно Стратегии, целью развития транспортной системы является удовлетворение потребностей инновационного социально ориентированного развития экономики и общества в конкурентоспособных качественных транспортных услугах. Одной из задач, решение которой необходимо для достижения указанной цели, является формирование единого транспортного пространства России на базе сбалансированного опережающего развития эффективной транспортной инфраструктуры. Для ее решения, в частности на воздушном транспорте, указывается на необходимость реконструкции существующих взлетно-посадочных полос и строительство новых, реконструкции и развития аэродромов и аэропортовых комплексов, модернизации аэронавигационной системы, развития инфраструктуры аэропортов регионального и местного значения, особенно в труднодоступных районах Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока.

До сих пор критически сказывается влияние валютного рынка, а именно курса основных валют, доллара США и евро, является существенным в доле расходов авиакомпаний на продолжение эксплуатации зарубежной авиационной техники, поставки запасных частей, выполнения технического обслуживания, ремонта двигателей и шасси. В сложившихся санкционных условиях продолжение авиаперевозок пассажиров находится в высокой степени зависимости авиаперевозчиков от качества решений правительства в части необходимого форсирования производства всей необходимой линейки воздушных судов отечественного производства и скорейшего ухода от зависимости западных

производителей авиационной техники для Крайнего Севера и Дальнего Востока в целях придания качественного импульса в развитии авиатранспортной системы, транспортной доступности и авиационной подвижности населения этого стратегически важного региона страны.

Современное состояние региональной авиации Крайнего Севера оформилось под воздействием укоренившихся негативных тенденций и характеризуется наличием глубоких принципиальных изъянов, препятствующих возрождению региональной авиации Крайнего Севера. Сегмент региональной авиации Крайнего Севера в сравнении с отечественной отраслью авиаперевозок пассажиров находится в существенно более сложном положении и нуждается в научно обоснованных, радикальных решениях [13, 64].

Таким образом, с уверенностью можно считать, что региональная авиация Крайнего Севера находится в поле влияния двух глобальных факторов – природного и антропогенного характера, при этом опыт последних десятилетий показывает, что в процессе решения задачи полноценного возрождения региональной авиации Крайнего Севера и в особенности для ее устойчивой деятельности в Арктических районах, ключевыми являются государственные меры и комплексные механизмы поддержки [53].

Проблема возрождения региональной авиации Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока может быть описана как трансформация организационно-технической транспортной системы, сложившейся за период с 1991 года по настоящее время и нуждающейся в качественной смене устоявшихся негативных тенденций и параметров, отвечающих стратегическим задачам развития регионов на обозримый период в 20 и более лет [238].

1.2. Состояние парка воздушных судов и перспективы ускорения производства современных отечественных ВС

В настоящее время в арктических территориях РФ начинается восстановление аэропортовой инфраструктуры, но пополнение самолетного парка

приостановилось. Поставок новых разработок отечественных ВС, которые могли бы серийно строиться сегодня для работы на Крайнем Севере и в Арктике, к великому сожалению, нет. Альтернативы полярной авиации по номенклатуре выполнения Арктических работ в виде беспилотников, аэросаней, амфибий, дирижаблей также нет. В Арктике времен СССР массово и успешно работали грузовые Ан-26, Ан-12, пассажирские Ил-12, Ил-14, Ли-2 и Ан-24, а также незаменимые Ан-2 [4]. В 80-х годах небольшое количество Ан-74, Ан-3, Ан-38 и Ан-140 дополнило флот полярной авиации. Так же, как и турбовинтовые ВС европейского производства ATR42 и ATR 72, оставшиеся единичные экземпляры канадских Bombardier Dash8 Q300 являются высоко экономичными и, в отличие от европейских, более приспособлены для условий Крайнего Севера. Имея сертифицированный диапазон отрицательных эксплуатационных температур до -54°C , что значительно расширяет его эксплуатационные возможности в Якутии и Арктике, больше 10 лет выполняют регулярные рейсы по маршрутной сети Арктической зоны и Заполярья [64, 67]. Но введенные западные санкции значительно усложнили эксплуатацию данных типов ВС, из которых более половины флота уже находится не в летной годности из-за невозможности выполнения капитальных ремонтов двигателей, и дальнейшая судьба этих типов предрешена. К сожалению, выпущенные небольшой серией Ан-28/38 и Ан-140 также не имеют перспективы по тем же причинам, ввиду полного разрыва и прекращения поддержки разработчика ОКБ Антонова.

При ближайшем рассмотрении оказалось, что заменить Ан-24, Ан-26, календарный срок эксплуатации которых продлен до 60 (50) лет, на сегодняшний день практически нечем [4]. Единичные экземпляры Ан-74 или Ан-72А (Арктический), сертифицированные до -52°C остаются в небольшом количестве – около 20 экземпляров типа и не могут решить весь спектр Арктических задач.

Дефицит авиапарка полярной авиации колоссальный. Задача его восполнения, например, модернизированным Ан-2, получившим новый двигатель, авионику и новое обозначение ТВС-2МС вполне реальна. В самолете ТВС-2ДТС прежде всего заинтересованы дальневосточные авиакомпании, работающие в Заполярье,

Чукотке и Якутии, например, АО Авиакомпания «Полярные авиалинии», имеющие стареющий парк Ан-2, Ан-3 и требующий их скорой замены.

Но ситуация с ТВС-2МС и ДТС кардинально изменилась после ввода санкций, так как обе модификации имеют иностранные комплектующие. Кроме этого, на будущее 14 местного ТВС-2ДТС повлияло новое ограничение максимальной перевозки 9 пассажиров, действующее для однодвигательных самолетов. Данное ограничение сыграло в пользу более легкого 9-местного самолета ЛМС-901 «Байкал». Несмотря на то, что на начальном этапе ТВС-2ДТС проигрывал «Байкалу» по экономическим параметрам, то сегодня ситуация меняется. Так, базовая стоимость будущего самолета для местных авиалиний «Байкал» с изначально заявленных 120 млн рублей на сегодняшний день выросла и составляет 455 млн рублей с ежемесячной лизинговой ставкой в 5,4 млн рублей при поставке в 2025 году.

При этом, кроме ЛМС-901 «Байкал» основная ставка в Дальневосточном регионе делается на скорейший приход ТВРС-44 «Ладога» и Ил-114–300.

Темпы производства отечественных гражданских ВС по годам с 1940 до 2022 года в СССР и Российской Федерации (рисунок 1.5), несмотря на значительное снижение с начала 90-х годов и достижения нулевой отметки к 2023 году, показывают, что Российская авиационная промышленность обладает значительным потенциалом и возможностями наращивания темпов производства всей необходимой региональной и магистральной линейки авиационной техники, необходимой для эффективной работы авиатранспортной системы страны и в особенности Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока [65].

Первостепенной задачей является реализация таких проектов, как создание импортозамещенных МС-21 и SJ100 с установкой новейших отечественных двигателей ПД-14 и ПД-8, а также замена импортных комплектующих в системах авионики, гидравлики и др. Полным ходом идет подготовка к серийному производству ЛМС-901 «Байкал» на 9 мест и сорокаместного ТВРС-44 «Ладога». Но под большим вопросом появление сразу двух машин – Ил-114–300 и Л410. Проблемой Ил-114–300 стал двигатель ТВ7–117СТ-01, который так и не доведен до требуемого уровня надежности. Сложная проблема с продолжением недавно

локализованного производства на УЗГА в Екатеринбурге Л410 из-за санкций Чешского партнера и прекращения сотрудничества. Оставшиеся самолёты постепенно выводятся из эксплуатации по причине нехватки запасных частей. По этой причине в начале 2023 года прекратили полёты все Л410 компаний «Комиавиатранс» из Республики Коми и «Камчатское авиапредприятие».



Рисунок 1.5 – Темпы производства отечественных гражданских ВС по годам с 1940 до 2022 года в СССР и Российской Федерации

Турбовинтовой Ил-114–300, предназначенный для перевозок до 1,5 тыс. км, еще в прошлом веке должен был заменить выбывающие из эксплуатации Ан-24 и Ан-26. Одно из достоинств нового самолета – возможность взлета и посадки с коротких ВПП, в том числе в условиях Крайнего Севера. Серийное производство Ил-114–300 планировалось начать с 2023 года, тогда как прежде ожидалось, что это произойдет в 2022-м [126].

На апрель 2022 года (рисунок 1.6) в гражданской авиации Российской Федерации эксплуатировалось 1287 воздушных судов, из них 1101 воздушное судно осуществляло коммерческие воздушные перевозки пассажиров.

Группы воздушных судов	Апрель 2022 г.	2022 год	2023 год	2024 год	2025 год	2026 год	2027 год	2028 год	2029 год	2030 год
Целевой (базовый) сценарий										
Отечественные воздушные суда										
Дальнемагистральные	-	-	-	-	2	3	5	7	10	12
Среднемагистральные	-	-	3	16	38	75	131	201	293	385
Ближнемагистральные	170	170	172	192	212	232	252	272	292	312
Региональные	105	105	105	107	115	127	139	151	163	175
Самолеты местных воздушных линий	84	84	84	89	119	169	259	355	451	556
Итого*	359	359	364	404	486	606	786	986	1209	1440
Иностранные воздушные суда										
Дальнемагистральные	120	112	111	109	106	101	93	83	72	52
Среднемагистральные	472	439	438	427	415	399	368	325	283	205
Ближнемагистральные	23	21	21	21	20	19	18	16	14	10
Региональные	84	78	78	76	74	71	65	58	50	36
Самолеты местных воздушных линий	39	36	36	35	34	33	30	27	23	16
Итого	738	686	684	668	649	623	574	509	442	319
Всего воздушных судов*	1097	1045	1048	1072	1135	1229	1360	1495	1651	1759

Рисунок 1.6 – Прогнозная динамика и потребность парка воздушных судов российских авиакомпаний в разбивке по группам и типам

При этом существует перечень воздушных судов по типам, востребованных отечественными авиакомпаниями для удовлетворения спроса на пассажирские перевозки по сегментам маршрутной сети авиатранспортной системы страны:

- дальнемагистральные ВС: Ил-96-300, Airbus A330-200, A330-300, A350-941, Boeing B747-400, B767-300, B767-300, B777-200, B777-300;
- среднемагистральные ВС: Ту-204-100, Ту-214, MC-21-210, MC-21-310, семейство Airbus A319, A320, A321, A320NEO, A321NEO, семейство Boeing B737-500, B737-700, B737-800, B737-900;

- региональные ВС: Як-40, Ан-24, Ан-26, Ан-38, Ил-114-300, Embraer EMB135, Bombardier CRJ-100, CRJ-200, Dash8-200/300/400, ATR-42, ATR72;
- воздушные суда местных воздушных линий: Ан-2, Ан-3, ТВС-2МС, Ан-38, Л-410, ЛМС-901 «Байкал», ТВРС-44 «Ладоба», С-208В, РС-12, РС-6, Cessna-172, Cessna-172S, Cessna-182, Diamond DA-40/42.

Кроме того, в Государственном реестре гражданских воздушных судов Российской Федерации находится 42 единицы самолетов бизнес-авиации и 84 грузовых самолетов разных типов (рисунок 1.7).

Основываясь на выше представленных данных, можно констатировать, что современное состояние региональной авиации Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока сформировалось под воздействием негативных процессов 90-х годов. Современное состояние дел характеризуется наличием глубоких системных проблем в авиастроительной отрасли, связанное с прекращением серийного производства прежде всего двигателей для современных региональных ВС, закрытием нескольких флагманов авиастроения (Авиакор, Смоленский завод, Саратовский завод и др.), засильем западной авиатехники, не в полной мере, отвечающей требованиям к региональной авиации Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока и особенно Арктики.

Тип воздушного судна	Вместимость, человек	2022 год	2023 год	2024 год	2025 год	2026 год	2027 год	2028 год	2029 год	2030 год	Всего, единиц
Самолеты:											
SSJ-NEW	98 - 103	-	2	20	20	20	20	20	20	20	142
МС-21-310	181 - 211	-	-	6	12	22	36	50	72	72	270
Ил-114-300	64 - 68	-	-	2	8	12	12	12	12	12	70
Ту-214	150 - 215	-	3	7	10	15	20	20	20	20	115
Ил-96-300	237 - 300	-	-	-	2	1	2	2	3	2	12
ТВРС-44 "Ладоба"	44	-	-	-	15	25	25	25	25	25	140
Л-410	15 - 19	-	-	-	-	-	40	46	46	46	178
"Байкал" (ЛМС-901)	9	-	-	5	15	25	25	25	25	34	154
Итого		-	5	40	82	120	180	200	223	231	1081

Рисунок 1.7 – Прогнозные показатели поставок авиационной техники по годам

С точки зрения ближайшей перспективы правомерно ставить проблему не столько обеспечения транспортной доступности и авиационной подвижности, сколько возрождения региональной авиации этого мегарегиона, так как одно исходит из другого. Однако при этом в рамках указанной выше задачи сохраняется значимость многофункционального понятия транспортной доступности как основы моделирования авиатранспортной системы.

1.3. Основные факторы и проблемы развития региональной авиации Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока – системный, организационный, географический, инфраструктурный, экономический, технический и промышленный

Для выполнения задачи исследования с оценкой макроэкономических, геополитических и социальных эффектов и определения основных факторов, влияющих на темпы развития авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока в качестве объекта исследования выбрана Арктическая зона Крайнего Севера, относящаяся к Дальнему Востоку. В ходе исследования проанализировано состояние авиатранспортной системы на рассматриваемой территории и выявлены факторы, препятствующие ее развитию, системный, организационный, географический, инфраструктурный, экономический, технический и промышленный.

Дана оценка состояния авиатранспортной сети и ее соответствие потребностям региона по четырем аспектам: состояние существующей сети аэропортов и их географическое положение; существующая маршрутная сеть и частота полетов авиакомпаний, обслуживающих арктические регионы; авиационная подвижность населения, пассажирские и грузопотоки воздушного транспорта в арктических регионах; структура парка воздушных судов авиакомпаний, работающих в арктических регионах. Состояние существующей аэропортовой сети оценивалось на основании расчета количества действующих аэропортов на 1000 кв. км и 1000 жителей. Существующая сеть маршрутов оценивалась в соответствии с методикой

оценки бинарных и взвешенных связей аэропортов [197, 199]. Авиационная подвижность населения Арктической зоны представлено как отношение количества пассажиров, вылетающих из аэропортов, расположенных в Арктической зоне Российской Федерации, к численности населения Арктической зоны Российской Федерации. Использовались первичные данные, предоставленные руководством авиакомпании «Якутия», ФГУП «Аэропорты Севера», ФГУП «Аэропорты Красноярья», ФГУП «Аэропорты Чукотки» и вторичные статистические данные, предоставленные Росавиацией [195, 198, 201, 202].

Для подавляющего количества районов Арктики авиационный транспорт является единственным видом транспорта круглогодичного сообщения. В авиатранспортной системе аэропорты являются важнейшей составляющей в связке аэропорт-самолет-топливо. На момент распада Советского Союза в единой системе Аэрофлота насчитывалось около 1450 аэропортов и аэродромов. В настоящий момент, это количество сократилось до 228, с учетом недавно введенных в строй аэропортов Утренний на полуострове Гыдан и Эльга в Якутии [196]. В таблице 1.1 представлены площадь территорий, численность населения и количество аэропортов в Арктической зоне Восточной Сибири [198].

Таблица 1.1 – Площадь территорий, население и количество аэропортов
в Арктической зоне Восточной Сибири

Область, край	Площадь арктической зоны, тыс. кв. км	Население Арктической зоны, чел.	Количество населенных пунктов, ед.	Количество аэропортов в Арктической зоне, ед.	Количество аэропортов на 1000 кв. км, ед.	Количество аэропортов на 1000 жителей, ед.
Красноярский край	1,11	237 247	72	9	8,09	0,15
Республика Саха (Якутия)	1625,62	67 652	130	14	0,01	0,21
Чукотский автономный Площадь	723,50	49 300	43	9	0,01	0,18
Всего	2350,23	354 99,00	245,00	32,00	0,01	0,18

Основной проблемой препятствующей планомерному развитию Арктических районов остается аэропортовая сеть с не пропорциональным количеством аэропортов и аэродромов относительно располагаемой площади заполярных районов Якутии (Республика Саха) и Чукотки, где на площадь в 1000 кв. км приходится всего 0,01 аэропорта, в сравнении, например, с Аляской, где на территории в 1 718 000 кв. км и с населением 731 454 человека аэродромная сеть располагает 459 аэропортами, аэродромов и посадочных площадок с соотношением 0,26 аэропорта на 1000 кв. км [201]. Аэродромная сеть крупнейшей в мире административной единицы – Республики Саха (Якутия), с населением около одного миллиона человек и территорией в 3 миллиона 100 тысяч километров сократилась после распада Советского Союза и единого Аэрофлота в 4 раза и располагает сейчас сетью только из 33 аэропортов и 2-х посадочных площадок, из которых 17 аэропортов находятся за Полярным кругом. Существенное снижение количества аэропортов привело к не менее резкому снижению авиационной мобильности населения в региональном секторе перевозок до 5 раз и в первую очередь в Арктической зоне [202].

Авиационные перевозки в Арктической зоне выполняются из улусов (в Якутии) или малых населенных пунктов, в районные центры и далее через узловые аэропорты: Якутск, Магадан, Анадырь и ключевые авиатранспортные центры Восточной Сибири и Дальнего Востока: Хабаровск, Владивосток, Иркутск, Красноярск, Новосибирск. Откуда, в свою очередь, магистральными авиакомпаниями в центральные города РФ: Москву, Санкт-Петербург и крупные города Центрального и Южного федеральных округов. На современном этапе, региональная авиация и дальнейшие перспективы ее развития критически зависят организационного и географического факторов, определяемых высокой стоимостью авиационного топлива в удаленных и труднодоступных аэропортах Арктической зоны из-за наличия сложных логистических схем транспортировки и в сложнейших климатических условиях. Промышленный фактор определяется низкой топливной эффективностью стареющего парка ВС и отсутствием поставок современной отечественной техники. Возросшие затраты на поддержание летной

годности, усложнившаяся логистика и стоимость поставки запасных частей из-за санкций, нехватка квалифицированных авиационных специалистов из-за оттока населения, особенно с Крайнего Севера, подчёркивают влияние экономического фактора. Усугубляют возможности авиатранспортной системы состояние аэропортовой инфраструктуры, устаревшее навигационное радиотехническое и светотехническое оборудование для облегчения круглосуточной эксплуатации аэропортов, неудовлетворительное состояние большинства топливозаправочных комплексов [60, 65]. Регламентные ограничения работы большинства аэропортов, подчеркивают отсутствие системного подхода в организации круглосуточной работы аэропортовой сети, что значительно снижает эффективность авиатранспортной системы Крайнего Севера и Арктики в целом. Сокращенное фактически почти на 40% от круглосуточного, время работы аэродромной сети на столько же снижает суточный и месячный налет парка воздушных судов, сокращая тем самым возможности местных авиапредприятий обеспечивать транспортную доступность и авиационную подвижность огромного региона Крайнего Севера и Арктической зоны.

1.3.1. Авиационная подвижность населения, как критерий транспортной доступности в мировой и отечественной авиатранспортных системах

С позиции задач настоящей работы имеет принципиальное значение изучение мирового и отечественного опыта развития отраслей авиаперевозок пассажиров.

Отрасль авиаперевозок пассажиров представляет собой высокотехнологичный сектор современной цивилизации – один из драйверов мировой экономики с такими темпами развития, которые превосходят показатели роста мирового ВВП. Эта отрасль сочетает в себе достижения в научно-технической и конструкторской областях с мощным производственным комплексом и одновременно передовыми решениями в таких сферах, как

финансово-экономическая, предоставление услуг, маркетинг, управление бизнес-процессами, бизнес-моделирование и др.

За период с конца прошлого и на начало нынешнего века темпы развития авиаперевозок пассажиров составляли 9–11% в год при росте мирового ВВП на 3,5% в год. В структуре перевозок пассажиров доминирующее положение занимают пассажирские перевозки, на долю которых приходится около 70% всех перевозок, тогда как на грузовые перевозки – 30%.

Динамика отечественной отрасли авиаперевозок пассажиров хотя и имеет схожие черты с динамикой мирового рынка, тем не менее, в силу ряда объективных исторических обстоятельств, обнаруживает и существенные отличия в природе указанной динамики.

Россия по объему авиаперевозок пассажиров значительно уступает Германии, население и территория которой существенно ниже. Сравнение с США и странами Евросоюза, население которых много выше, чем в России, не столь показательно, поскольку в этом случае целесообразно использовать удельные показатели, такие как коэффициент авиационной подвижности, который характеризует среднее количество авиаперелетов, совершаемых одним жителем страны и определяется как отношение количества отправленных пассажиров из аэропортов страны к численности населения. На 2017 г. коэффициент авиационной подвижности составил: США – 2,61; Германии – 1,5 и России – 0,61. Таким образом, на 2017 г. РФ еще существенно отставала от США и Германии.

Необходимо отметить, что еще в 1990 г. наша страна и США имели сопоставимые показатели авиационной подвижности – 0,5 и 0,8, соответственно. Распад Советской авиатранспортной системы, как результат исчезновения единого Аэрофлота и образование на его базе около 370 независимых авиакомпаний разной размерности и степени эффективности, начиная с начала 90-х годов привел к постепенной деградации мощной Советской авиатранспортной системы, парка отечественных ВС и как следствие авиационной промышленности, что в совокупности, значительно ухудшило транспортную доступность и авиационную

подвижность населения в несколько раз, особенно на Крайнем Севере и в Арктической зоне.

Достаточно распространено мнение, что имеется зависимость авиационной подвижности населения от степени развития государств (рисунок 1.8) [3].

Хотя такая зависимость в каком-то виде должна иметь место, однако в отношении способа определения ВВП существуют разные мнения, например, в последнее время все большее распространение получает определение ВВП по ППС (паритету покупательной способности). При этом последний показатель может значительно отличаться от прежнего ВВП.

В целом можно сказать, что мировая авиатранспортная отрасль за последние десятилетия утвердилась в мировом транспортном пространстве как глобальный игрок и лидер с хорошими шансами сохранения своего устойчивого положения, прежде всего за счет интенсивного развития мировой аэропортовой сети, современных авиатранспортных узлов, количества взлетно-посадочных полос и терминалов.

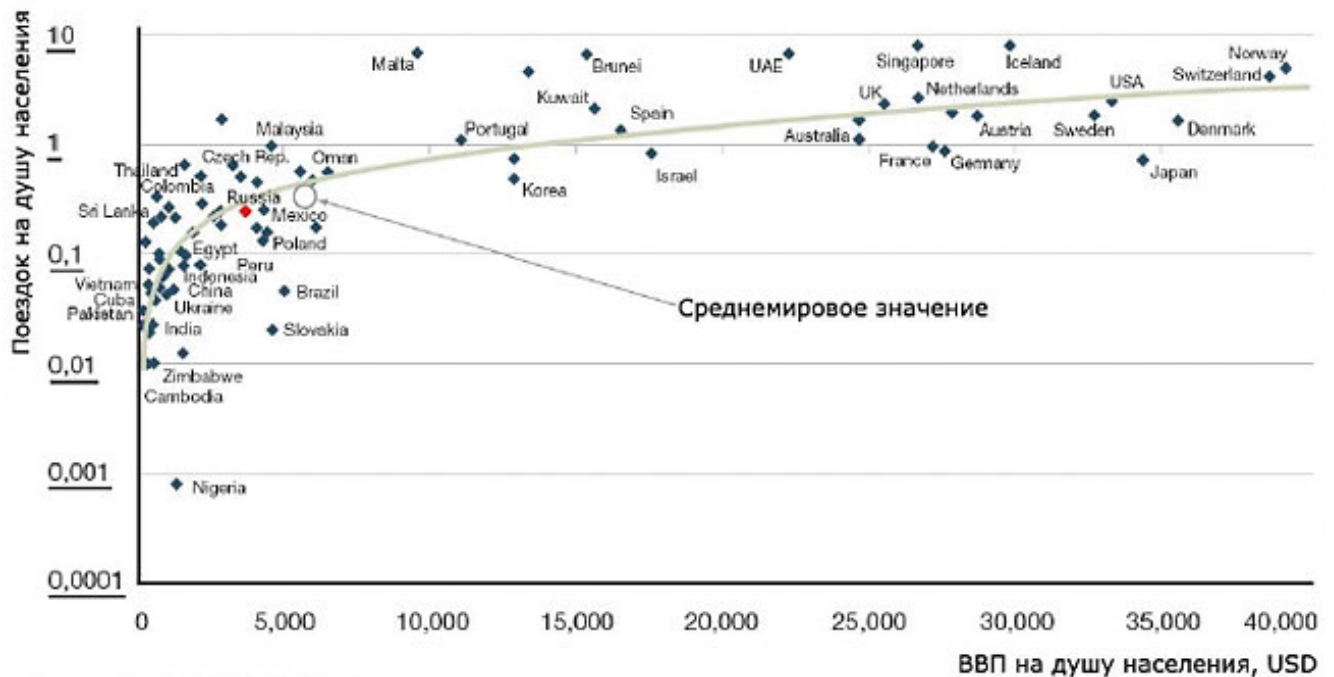


Рисунок 1.8 – Зависимость авиационной подвижности от ВВП страны

Безусловно, развитию мировой авиатранспортной системы способствуют беспрецедентно высокие темпы производства гигантами мировой авиастроительной отрасли новых самолетов разного класса и типов. Так, темпы производства семейства Airbus A320NEO в ближайшие месяцы достигнут 65 самолетов в месяц на четырех сборочных линиях, а к 2026 году для выполнения полученных твердых заказов на 7000 самолетов данного семейства до 2030 года должно достигнуть 75 самолетов в месяц. Мировой флот насчитывает почти 27,4 тыс. воздушных судов, а к 2033 году парк коммерческой авиации увеличится на 33% и достигнет 36 тыс. воздушных судов с темпом ежегодного роста в 2,9%.

1.3.2. Анализ проблематики обеспечения транспортной доступности и авиационной подвижности населения

Одним из ключевых показателей, находящимся в прямой зависимости от покупательской способности населения, является коэффициент авиационной подвижности населения.

Коэффициент авиационной подвижности характеризует среднее количество авиаперелетов, совершаемых одним жителем страны, и определяется как отношение количества отправленных пассажиров из аэропортов страны к численности населения [114, 119].

В свою очередь, авиационная подвижность населения на региональных и местных авиалиниях в году t (АПН t) определяется по формуле:

$$\text{АПН}t = \text{П}t / \text{Ч}t,$$

где: $\text{П}t$ – перевозки пассажиров гражданской авиацией на региональных и местных авиалиниях в году t , тыс. человек, определяется по формуле:

$$\text{П}t = (\text{П}pt + \text{П}mt),$$

где: $\text{П}pt$ – перевозки пассажиров гражданской авиацией на региональных авиалиниях в году t , тыс. человек; $\text{П}mt$ – перевозки пассажиров гражданской авиацией на местных авиалиниях в году t , тыс. человек; $\text{Ч}t$ – численность населения в году t , тыс. человек [64].

Для регионов Крайнего Севера характерен очень высокий разброс значений авиационной подвижности (рисунок 1.9), когда ряд регионов имеют крайне малую величину этого параметра, что подтверждает ранее сделанные выводы о необходимости введения стандартов транспортной доступности [120, 133, 188].



Рисунок 1.9 – Сравнительные показатели авиационной подвижности на региональных маршрутах Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера (2010 г.)

Как видно из таблицы 1.2, показатели авиационной подвижности региональных авиаперевозок в разы ниже, чем общие отраслевые показатели [13].

В последнее время в отечественной авиатранспортной системе наблюдается устойчивая динамика роста величины авиационной подвижности населения, постепенно снижается разрыв с авиатранспортными системами Китая, Северной Америки, Западной Европы и Японии (рисунок 1.10).

Таблица 1.2 – Показатели авиационной подвижности региональных авиаперевозок (усредненные по стране)

Наименование показателя	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Коэффициент авиационной подвижности населения по региональным перевозкам	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	0,13	0,14
Количество региональных воздушных линий (шт.)	1049	1200	1350	1470	1550	1610	1670	1730
Объем региональных авиаперевозок, млн чел. в год	8,45	9,12	10,19	11,55	13,35	15,45	17,11	18,54
Количество воздушных судов от 10 до 110 мест в эксплуатации, ед.	508	573	663	778	933	1112	1254	1373

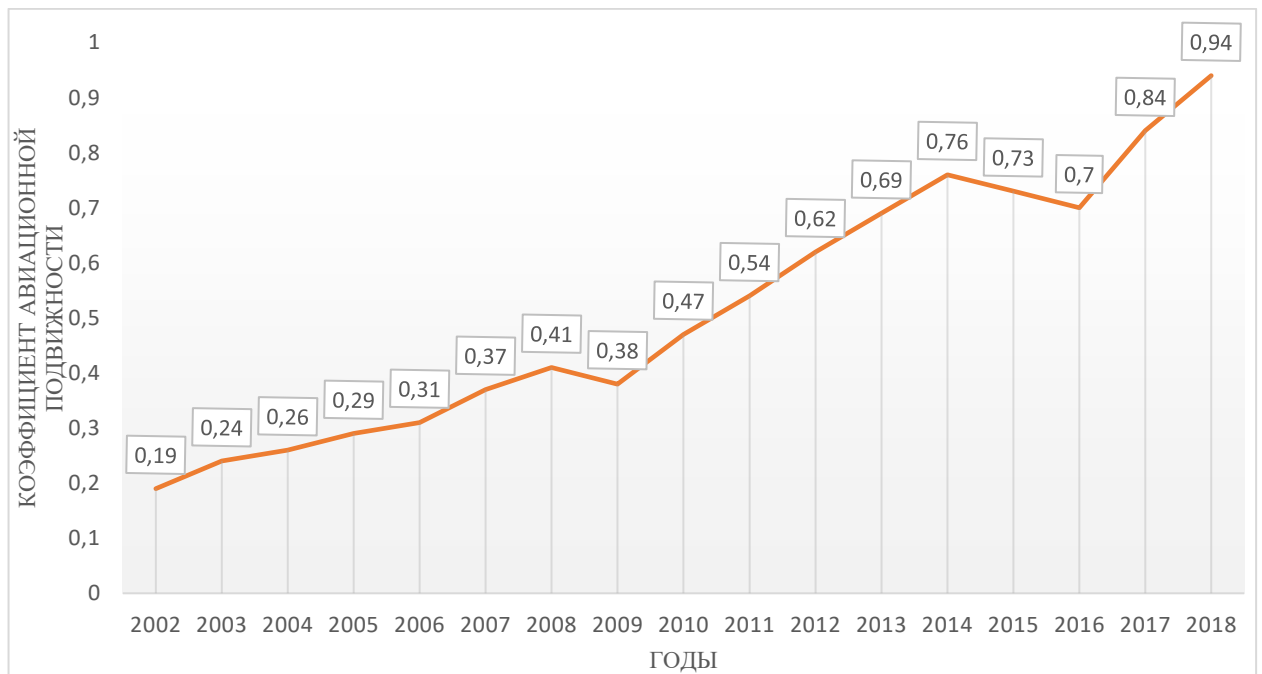


Рисунок 1.10 – Рост показателя авиационной подвижности населения в отечественной авиатранспортной системе в 2002–2018 гг.

В то же время сохраняется низкий уровень транспортной мобильности жителей Крайнего Севера и в особенности Арктических районов Якутии и Чукотки, где с 1989 года произошло самое существенное падение на местных и межрайонных авиалиниях в пять раз, а между небольшими населенными пунктами (улусами) – в 25 раз. Общий показатель транспортной мобильности населения, например, в Республике Саха (Якутия) в три раза ниже, чем в среднем по Российской Федерации. В качестве поиска оптимального решения и в связи с крайне низкими показателями авиационной подвижности населения в парламенте Ил Тумен Республики Саха (Якутия) было проведено несколько совещаний, где в том числе обсуждалось сравнение Якутии с Аляской, т. к. регионы сопоставимы по территории, климату и количеством проживающего населения. В схожей по климатическим условиям и географической удаленности от основных индустриальных центров авиатранспортной системы Аляски работает 271 авиакомпания, большинство из которых небольшие частные операторы нескольких ВС малой вместимости [250, 258].

1.3.3. Анализ понятия транспортная доступность с позиций предпосылок моделирования авиатранспортных систем

Авиатранспортная доступность как один из базовых терминов, используемых в настоящей работе, может трактоваться как элемент более общей системы – транспортной доступности (ТД). Транспортная доступность, в отличие от авиационной доступности, достаточно полно изучена в специальной литературе и представляет анализ различных подходов к уяснению содержания понятия ТД [58, 142].

Существующие подходы к толкованию понятия транспортной доступности в теории транспортных систем отражают теоретическую разрозненность и одновременно ограниченность отдельных определений. Выяснено, что показатель транспортной доступности насчитывает множество измерений, позволяющих толковать это понятие с позиции разных наук и отраслей знаний [139]. Однако

наработки в этом направлении исследователей по географии, экономике, землепользованию и градостроительству, устойчивого развития городов и регионов отражают другие теоретические аспекты реализации концепции и т. д. Следует систематизировать наработки представителей других наук и отраслей знаний, а также выделить положения, имеющие потенциальное применение для исследования функционирования транспортных систем. [202] Как результат, необходимо выяснить суть транспортной доступности и сформулировать актуальное толкование этого понятия.

Особенностью транспортной системы Российской Федерации является ее неравномерная концентрация, где центрами притяжения выступают промышленные центры и транссибирская магистраль и БАМ (рисунок 1.11). В тоже время районы Крайнего Севера и тем более Арктики, ввиду сложных географических условий и климата испытывают транспортную дискриминацию. В результате неравномерности развития транспортной системы субъектов РФ полученная диспропорция привела к высочайшей зависимости большинства районов Крайнего Севера и Арктики от воздушного транспорта, что в современных условиях отсутствия поставок отечественной промышленностью современных воздушных судов имеет тенденцию к существенному дефициту провозных мощностей в региональном и местном сегменте авиационных перевозок.

Подвижность показывает способность транспортной системы обеспечить выполнение транспортной работы средствами транспорта, а транспортная доступность характеризует возможности удовлетворить спрос на конкретное перемещение выбранным видом/видами транспорта [49].

Российскими исследователями подтверждена необходимость перенесения акцента современных научных исследований и транспортно-инженерных проектов по подвижности населения на транспортную доступность [171]. Также предлагается понимать транспортную доступность как «возможность добраться до желаемых товаров, услуг, видов деятельности и мест назначения (которые совокупно называются возможностями)», определяемого подвижностью населения, альтернативами подвижности населения и возможностями.



Рисунок 1.11 – Неравномерность развития транспортной системы субъектов Российской Федерации

Население ДФО испытывает транспортную дискриминацию в местных и региональных авиаперевозках. Коэффициент подвижности в 2 раза ниже среднероссийского показателя.

В работе [54] автор определяет транспортную доступность в общем как «меру свободы личности принимать участие в деятельности ее среды». Мьер Куц уточнил, что «транспортная доступность – более эффективный критерий качества функционирования транспортной системы, показывающий возможность достичь цели поездки в пределах приемлемого периода времени и может применяться на любом уровне исследования транспортных систем».

В географических исследованиях транспортных систем определение понятия транспортной доступности дается на основе взаимного размещения населенных пунктов. В ранних исследованиях обозначалось, что ТД – это измерение способности населенного пункта быть достигнутым из других населенных

пунктов, или из него добраться до других населенных пунктов. [119, 121]. Соответственно, пропускная способность и структура транспортной инфраструктуры являются важными элементами для определения транспортной доступности.

Однако разные уровни исследования транспортных систем и задачи исследований требуют разных подходов к измерению транспортной доступности, следовательно, влияют на определение понятия ТД и выбор параметров, по которым будет обозначен уровень ТД.

Исторически сложилось, что транспортная доступность – это структурно-пространственный показатель, используемый для оценки уровня качества планирования схем расселения и размещения транспортной инфраструктуры городских территорий, их привлекательности с точки зрения экономической активности населения и инвестиций [97, 120].

Более «масштабным» по полученным результатам исследований с применением показателя ТД считаем толкование понятия транспортной доступности, сделанное исследователями в научном отчете А. А. Агасьянц. Транспортную доступность автор считает «продуктом» транспортной системы, определяющей преимущества региона на основе его места размещения по отношению к другим регионам. Показатель ТД позволяет измерить все выгоды, которыми могут воспользоваться все домохозяйства и предприятия от наличия в определенном регионе соответствующей транспортной инфраструктуры [213, 214].

Следовательно, толкование транспортной доступности, предложенное в вышеуказанной работе, не может полностью соответствовать научному поиску этой диссертационной работы.

С точки зрения теории транспортных систем проведенный анализ подходов к толкованию понятия ТД позволил выделить три основных подхода:

- 1) понимание ТД как доступа к/из места нахождения;
- 2) как степень свободы для удовлетворения потребности в перевозке пользователями (пассажирами);

3) с позиции оценки транспортной системы как показателя функционирования транспортной системы.

Разъяснение различий в понимании концепта транспортной доступности позволило предложить собственное определение этого понятия.

Следовательно, транспортная доступность – это показатель функционирования городских, региональных и национальных транспортных систем, отражающий возможность удовлетворения потребности пользователя транспорта в совершении разного вида поездок с целью выполнения ожидаемой деятельности или достижения ожидаемых услуг/товаров при воздействии сдерживающих факторов (временных, территориальных, экономических и т. п.).

Указанные понятия широко используются при исследовании и создании транспортных систем и имеют как качественное, так и количественное измерение.

В «Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года» указано, что обеспечение доступа к безопасным и качественным транспортным услугам определяет эффективность работы и развития производства, бизнеса и социальной сферы [224].

В связи с этим имеет смысл в рамках системного подхода рассматривать ТД на основе синтеза физической (технической) и рыночной парадигм.

Физическая парадигма ТД основана на предлагаемой нами гипотезе, по которой ТД рассматривается как сущность, физически связанная с транспортной системой как основой, без которой ТД не существует. Таким образом, ТД представляет собой процесс взаимодействия транспортной системы и пассажиров (некоторой совокупности физических лиц), состоящий в перемещении физических лиц по заранее обусловленным маршрутам [265].

В связи с этим имеет смысл в рамках системного подхода рассмотреть ТД как совокупность технической и рыночной парадигм.

Предлагаемая автором настоящего исследования формулировка понятия ТД: *транспортная доступность* – функциональная способность транспортной системы предоставлять услуги потребителям – физическим и юридическим

лицам (грузоперевозки) – осуществлять перемещение в пространстве по согласованным маршрутам и отвечающая требованиям: безопасности, экологичности, качеству оказываемых услуг, обоснованности тарифной политики и соблюдении правил перевозки [266].

На основе проведенного исследования можно сформулировать сферы применения показателя ТД как:

- формализация принятия решений при внедрении новых инфраструктурных проектов;
- содействие организации работы мультимодального транспорта;
- эффективный инструмент по моделированию индивидуального спроса на пассажирские перевозки.

Вышеприведенный анализ данных позволяет сделать вывод, что до настоящего времени не имеется единого подхода и не сформулировано общеупотребимого определения транспортной доступности, так как региональные подходы представляют собой комплекс современных решений, адаптированных под сравнительно большие пространства и территории.

Таким образом, обосновано понятие транспортной доступности в современных научных исследованиях и предложено собственное толкование показателя транспортной доступности с учетом различных измерений доступности и сдерживающих факторов. На основе проведенного исследования были определены сферы применения показателя транспортной доступности с точки зрения теории транспортных систем, которую следует взять за основу в процессе разработки методологии обеспечения эффективного функционирования авиатранспортной системы [63].

1.3.4. Влияние природных и антропогенных факторов на современное состояние авиатранспортной системы и региональной авиации Крайнего Севера и Арктики

В процессе изучения перспективы перехода к научно-обоснованному управлению авиатранспортной системой и авиатранспортным сообщением посредством региональной авиации на социально значимых маршрутах с учетом особенностей данных регионов выявлено, что на уровень развития региональной авиации влияет ряд факторов.

Наиболее значительное влияние из которых оказывают два глобальных фактора, во многом определяющих современное состояние и пути развития авиатранспортной системы в целом в частности:

- природный;
- антропогенный.

Влияние природного фактора является естественным процессом и не зависит от деятельности человека, а представляет собой сочетание природно-климатических характеристик того или иного региона. Географическое расположение, геологическая обстановка и природно-ресурсный потенциал также формируют общие условия в наборе условий, определяющих эффективность функционирования региональной авиации и авиатранспортной системы в целом.

С началом освоения территорий Крайнего Севера и все более активной деятельностью человека был порожден антропогенный фактор, представляющий собой совокупность признаков преобразованной человеком природной среды, что, в свою очередь, наряду с природными особенностями, на многие годы определили условия формирования группы требований к эффективной работе региональной авиации как составляющей авиатранспортной системы в целом. К типу антропогенных факторов относятся демографический, собственно формирующий спрос к услугам авиационного транспорта, промышленный, особенностью которого является наличие или отсутствие промышленных центров или производств, в значительной мере формирующих потребность в пассажирских и

грузовых перевозках. Так же, как и промышленный, существенным антропогенным фактором, влияющим на развитие авиатранспортной системы и региональной авиации, является энергетический [66].

Задача обеспечения эффективного функционирования авиатранспортной системы решается через переход к системному управлению и планированию транспортной деятельностью, принимая во внимание природно-климатические условия Арктической зоны Крайнего Севера и Сибири. Исходя из этой задачи, необходимо говорить о принципах объектно-ориентированного проектирования авиатранспортной системы, где Крайний Север Российской Федерации можно рассматривать как мегарегион и объект исследования.

Неоспоримым фактом является уникальность Крайнего Севера, его беспрецедентная масштабность, разнообразие климатических зон и часовых поясов (рисунок 1.12) [1, 52, 143, 161].

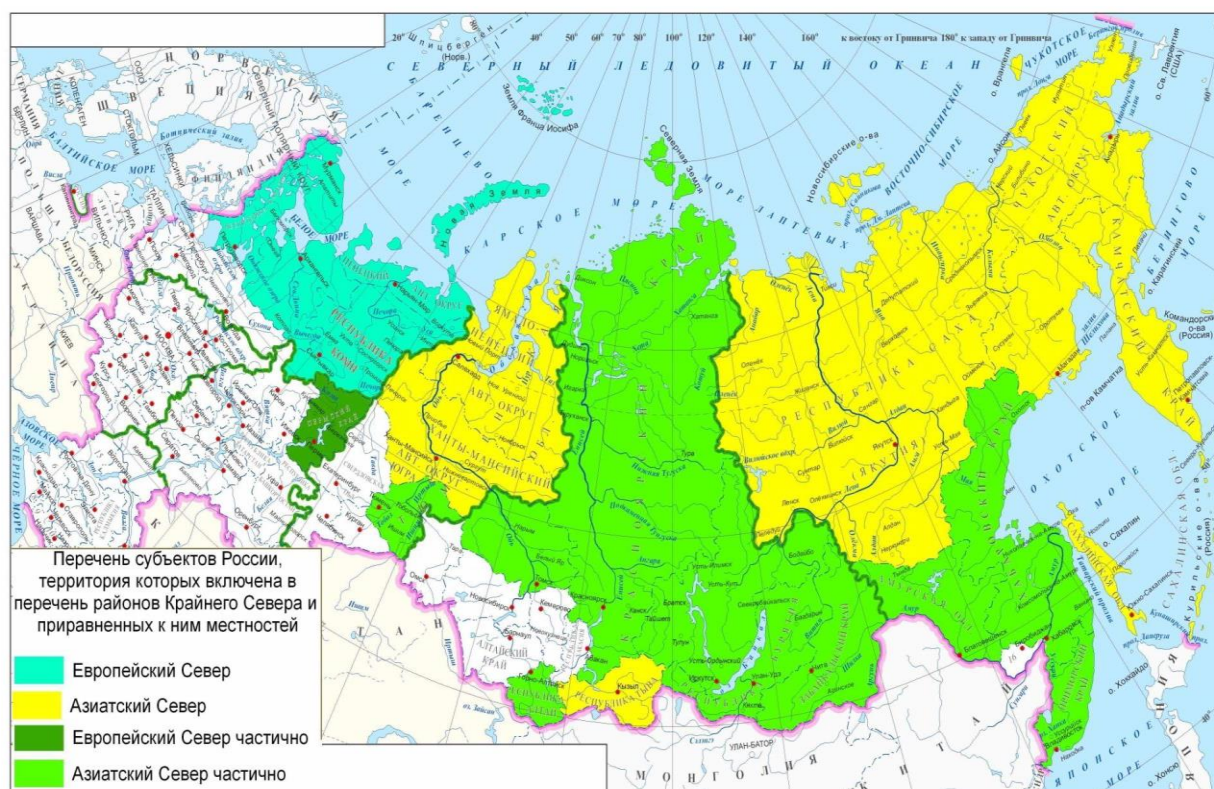


Рисунок 1.12 – Районы Крайнего Севера и местности, приравненные к ним

Территория этого Мегарегиона, в совокупности объединяющего территорию и регионы, входящие в географическое понятие Крайнего Севера, занимает площадь около 12 миллионов квадратных километров, что составляет около 70% от всей территории Российской Федерации, что превышает размеры таких крупнейших стран мира, как Китая, Канады и США. Значение Крайнего Севера в национальной экономике, в обеспечении безопасности и геополитических интересов нашей страны трудно переоценить. На недрах Крайнего Севера находится около 80% запасов всех полезных ископаемых страны, добывается 93% природного газа, 76% отечественной нефти, 95% угля, около 95% золота и практически 100% алмазов, выплавляется основная часть алюминия, никеля и меди. Крайний Север имеет стратегическое значение в обеспечении работы Северного морского пути. Исходя из совокупности всех факторов, мегарегион, коим является Крайний Север, являет собой стратегический резерв Российской Федерации [140, 141, 143].

Но наряду с позитивными факторами значения Крайнего Севера его потенциал не раскрыт даже на четверть его возможностей, и прежде всего из-за демографической проблемы: с проживанием на 11,5 квадратных километрах всего 11,5 миллионов человек, что составляет всего лишь 8% от населения страны, что объясняется сложными климатическими условиями на подавляющей территории мегарегиона, высокой стоимости строительства социальных объектов и производства из-за фактора вечной мерзлоты, высокой стоимости жизни, удаленностью от культурных и экономических центров и экологической уязвимостью [143, 148, 149, 151]. Данные обстоятельства подчеркивают объективную необходимость перехода к проектно-ориентированному подходу и необходимости мегаструктурных преобразований в авиатранспортной системе.

1.4. Перспективы развития Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока до 2030 и далее

Современное состояние авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока может рассматриваться как исходная точка при

выстраивании стратегии возрождения региональной авиации в указанных географических пространствах. Понятно, что уже на стадии постановки задачи выработки стратегии возрождения региональной авиации необходимо иметь ясные представления о перспективах развития территорий Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока на доступный для прогнозирования период [63, 64].

21 мая 2012 года в структуре Правительства Российской Федерации для управления Арктической зоной было создано Министерство по развитию Дальнего Востока и Арктики. 1 декабря 2015 года в составе Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации создан Совет по Арктике и Антарктике. 5 марта 2020 г. Президент Российской Федерации В. В. Путин подписал Указ «Об основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 г.», на основании которого 26 октября 2020 г. разработана Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года. Основной целью Стратегии является повышение качества жизни людей, проживающих в Арктике. Его основное отличие заключается в разработке специального регионального раздела, определяющего приоритетные направления социально-экономического развития каждой отдельной территории в пределах Арктической зоны Российской Федерации. Экономическое развитие Арктической зоны базируется на добыче природных ресурсов и использовании транспортно-логистического потенциала Северного морского пути как национального транспортного коридора мирового значения. Эти цели могут быть достигнуты только при создании хороших социально-экономических условий жизни и нормальной транспортной доступности территорий. Для реализации этих направлений 31 марта 2020 года принята Государственная программа «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации», приоритетным направлением которой является развитие транспортных коммуникаций и инфраструктуры, в частности Северного морского пути и арктической авиации [18, 79, 224, 246].

В преимущественной степени от перспектив промышленного развития как антропогенного фактора, рассмотренного выше, будет зависеть стратегия

реформирования авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока.

Новый этап развития Севера и Арктики необходимо рассматривать как социальное и экологическое обустройство территориально-хозяйственных комплексов, промышленных и в особенности с опорой на современные научно-технические решения.

Выводы по главе 1

1. На основе сформулированной гипотезы, определено главное направление научного поиска, где с целью решения поставленной научной проблемы предполагается выполнить системное моделирование на основе факторного взаимодействия основных элементов и моделей воздушного транспорта «аэропорт — самолет — топливо», совокупное решение проблем которых, позволит впервые разработать методический комплекс необходимый для формирования методологии построения эффективной авиатранспортной системы.

2. Обосновано собственное определение транспортной доступности с учетом различных измерений доступности и сдерживающих факторов как функциональная способность транспортной системы предоставлять услуги потребителям — физическим и юридическим лицам (грузоперевозки) — осуществлять перемещение в пространстве по согласованным маршрутам и отвечающая требованиям: безопасности, экологичности, качества оказываемых услуг, обоснованности тарифной политики и соблюдения правил перевозки. Определены области применения показателя транспортной доступности с точки зрения теории транспортных систем.

3. На основе анализа состояния вопроса по проблеме организации транспортной доступности Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока показано, что существуют системные ограничения, препятствующие решению проблемы региональной авиации и обеспечения эффективного функционирования авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока.

4. Установлено, что существующее положение дел и обозримые перспективы указывают на базовые инфраструктурные проблемы – масштабную деградацию системы северных аэродромов и аэропортов, топливозаправочной инфраструктуры и воздушного парка; не имеют в настоящее время системных решений, поэтому исходить следует из сегодняшнего уровня авиатранспортной инфраструктуры, с постепенным наращиванием системных преобразований.

5. Показано, что существуют два глобальных фактора, определяющие современное состояние региональной авиации Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока – природный (естественный) и антропогенный (порожденный деятельностью человека).

6. Результаты исследования показывают, что современное состояние региональной авиации и авиатранспортной системы Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока в целом, сформировалось под воздействием негативных процессов 90-х годов. Современное состояние региональной авиации можно охарактеризовать как системный кризис, прежде всего из-за проблем в авиастроительной отрасли, связанное с отсутствием поставок современных воздушных судов российского производства и двигателей, а также интенсивным старением имеющегося парка западной авиатехники и проблемами поддержания летной годности в связи с прекращением поставок запасных частей, летно-технической документации и конструкторского сопровождения.

7. Методом сопоставления типа признака и его описания охарактеризовано современное состояние авиатранспортной системы районов Крайнего Севера. Получено, что особую значимость для темпов развития региональной авиации и авиатранспортной системы имеют государственные меры и механизмы поддержки.

ГЛАВА 2. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ И МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ВС В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА, АРКТИКИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Погодно-климатические факторы Крайнего Севера, Арктики, Сибири и Дальнего Востока оказывают значительное влияние на эффективное функционирование авиатранспортной системы и в особенности на инфраструктуру аэропортовой сети, поддержание регулярности расписания авиакомпаниями, материально-технического обеспечения полетов, своевременного подвоза всего необходимого, топлива, запасных частей и др. Особенно важное значение погодно-климатические условия имеют для обеспечения эксплуатации и поддержания летной годности современных воздушных судов в условиях экстремально низких температур.

2.1. Погодно-климатические факторы и технические ограничения при эксплуатации современных ВС в условиях Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока

Как было показано выше, в формулировке понятия «транспортная доступность» принципиальное значение имеет базовый уровень – описание транспортной доступности как физической (технической) системы, включающей транспортные средства, инфраструктуру и системы управления.

Применительно к задачам построения авиатранспортной системы и региональной авиации Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока физический подход к организации ТД имеет особое значение, обусловленное погодно-климатическими факторами [92, 115].

В работе обозначены подходы и рассмотрены методы решения научной проблемы поддержания летной годности и эксплуатационной надежности современных воздушных судов в условиях низких и экстремально низких температур

Крайнего Севера и Арктики. Территории с низкими зимними температурами охватывают примерно три четверти территории страны (рисунок 2.1).

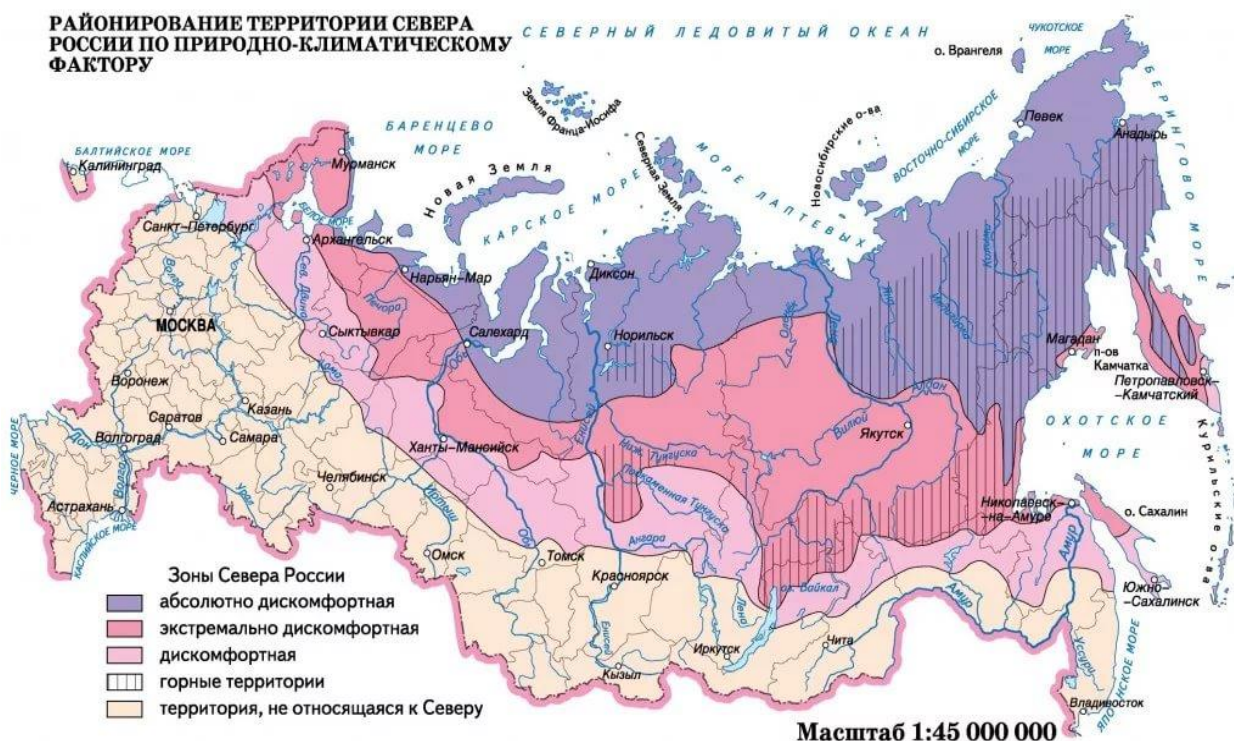


Рисунок 2.1 – Карта районов территории Российской Федерации с распределением по природно-климатическому фактору

Итак, спецификой Сибирского и Дальневосточного регионов являются климатические условия. Резко континентальный климат, с большим разбросом климатических зон, с перепадами температур от $+40^{\circ}\text{C}$ летом и до -50°C в Восточной Сибири, Забайкалье, Приамурье и до -60 – -65°C в Якутии зимой. Повышенная влажность в Приморье накладывает отпечаток на работоспособность авиационной и автомобильной техники, на качество эксплуатации авиационной техники на земле и в воздухе [118].

Трудозатраты при техническом обслуживании ВС в таких условиях значительно превосходят затраты на такие же работы в Южных и Западных регионах нашей страны [59].

В настоящее время в Арктической зоне, согласно плану реконструкции аэродромной сети, ведется восстановление аэропортов, но не происходит пополнение

парка ВС из-за отсутствия разработок авиационной техники «под Арктику». В регионах, прилегающих к Крайнему Северу, во времена СССР работали несколько сотен пассажирских Ли-2, Ил-12 и Ил-14, а также незаменимых Ан-2. Позже небольшое количество Ан-3, Ан-38, Ан-72, Ан-74 и зарубежной турбовинтовой техники дополнило флот полярной авиации. Также, как и турбовинтовые ВС европейского производства ATR42 и 72, канадские Bombardier Dash8 Q300 показали себя очень экономичными, но, в отличие от европейских, более приспособленными для условий Крайнего Севера. Получив в ходе климатических испытаний сертифицированный диапазон отрицательных температур до -54°C , Bombardier Dash8 Q300 показали значительные эксплуатационные возможности и охват маршрутной сети в Якутской и Чукотской Арктических зонах [67]. Но введенные западные санкции значительно усложнили эксплуатацию данных типов ВС, более половины флота уже находится не в летной годности по вышеописанным причинам.

Дальнейшее освоение Арктики сегодня без возрождения авиатранспортной системы и полярной авиации в ее широком советском понимании невозможно. Экспертное сообщество и специалисты авиакомпаний все чаще обращаются к восстановлению большего количества Ан-2 первый полет которого состоялся 31 августа 1947 года и Як-40, срок эксплуатации данного типа предлагается продлить до 60 лет, как временной мере для дальнейшего перехода к современным судам. Подтверждением этому является недавний ввод в строй восстановленного после капитального ремонта 43-летнего Як-40 Камчатских авиалиний, уже четвертого ВС данного типа во флоте авиакомпании.

2.2. Методы решения проблемы эксплуатации современных ВС с цифровым бортовым комплексом авионики в условиях низких и экстремально низких температур

Данная глава посвящена методам решения проблемы эксплуатации современных ВС с цифровым бортовым комплексом авионики в условиях низких и экстремально низких температур. Представлены организационные мероприятия

по реализации методов поддержания летной годности современных ВС в условиях Крайнего Севера Арктики и Дальнего Востока. Раскрыты методологические аспекты низкотемпературной надежности авионики при эксплуатации современных воздушных судов в условиях Крайнего Севера и Арктики. Изучены теоретические аспекты исследования надежности современных ВС с цифровым бортовым комплексом авионики, а также представлен и научно обоснован метод определения соотношения количества неявных отказов авионики. Выполнена экспериментальная апробация разработанного автором метода тепловой компенсации воздушных судов с бортовым комплексом авионики как научно обоснованное техническое решение проблемы поддержания летной годности при базировании современных воздушных судов в условиях экстремально низких температур аэропортов Арктики, Крайнего Севера и Якутии.

2.3. Организационные мероприятия по реализации методов поддержания летной годности современных ВС в условиях Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока

2.3.1. Методологические аспекты низкотемпературной надежности авионики при эксплуатации современных воздушных судов в условиях Крайнего Севера и Арктики

Авионика, являясь наиболее сложной компонентой в системе определения надежности всего воздушного судна требует наиболее глубокого исследования в части изучения методологических аспектов низкотемпературной надежности при эксплуатации систем авионики современных воздушных судов в условиях Крайнего Севера и Арктики. В процессе исследования систематизированы данные по фактическим отказам систем авионики современных воздушных судов с бортовым цифровым комплексом в условиях эксплуатации при экстремально низких температурах. Показано, что низкотемпературные отказы авионики по своему характеру в значительной части относятся к критическим, что предполагает применение радикальных мер по их предотвращению. Отмечено, что наряду с

критическими отказами имеют место дефекты авионики с неявным или скрытым характером, а также малоизученные отказы или отказы неопределенного происхождения.

Переход от аналогового к цифровому исполнению бортового радиоэлектронного оборудования воздушных судов относится к концу XX-го века. С тех пор за сравнительно короткий период авионика претерпела глубокую модернизацию и стала основой управления полетом и практически всех систем ВС. Отказы авионики могут рассматриваться в качестве одного из основных факторов надежности бортовых комплексов ВС в цифровом исполнении. Особенно важным является понимание физики неподтверждаемых и низкотемпературных отказов авионики цифровых воздушных судов с позиции задач обеспечения надежности и летной годности [61, 67].

Температурные диапазоны работы авионики ограничены как верхними, так и нижними пределами, что обусловлено условиями эксплуатации воздушного судна.

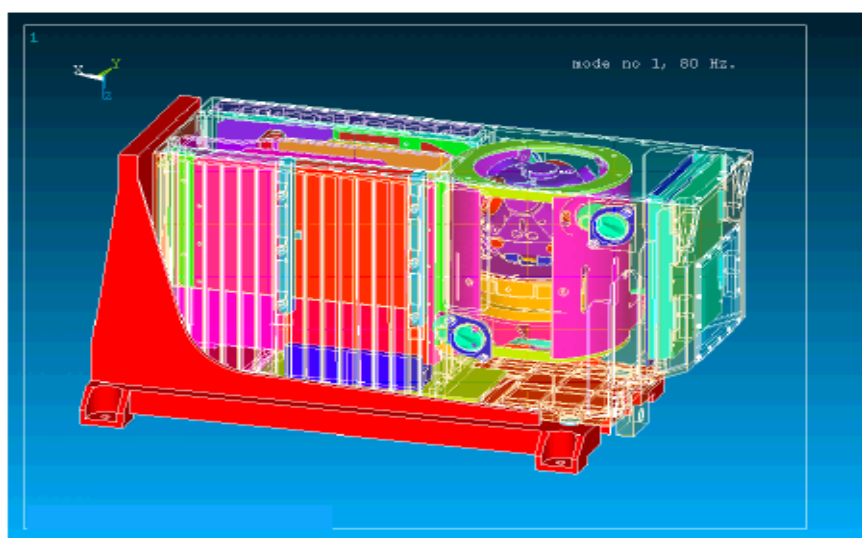


Рисунок 2.2 – Тепловое изображение лазерного гироскопа инерциальной системы *ADIRU* с установочной платформой

Существенно, что микроэлектронные приборы хотя и имеют по сравнению с аналоговыми, низкое потребление энергии, тем не менее, проблема отвода лишнего тепла от элементов системы авионики существует и требует решений разного рода, поскольку температурные воздействия являются одним из наиболее активных

дестабилизирующих факторов [67]. В составе бортового комплекса авионики насчитывается несколько десятков компьютеров с необходимостью обеспечения заданного разработчиками теплового режима и решения проблемы теплоотвода, рисунок 2.2.

Один из ведущих мировых разработчиков авионики *Thales* отмечает, что с увеличением плотности тепла согласно закона Мура появляются проблемы теплоотвода при возрастании плотности тепла компонентов авионики в диапазоне от 10 Вт/см² до 100 Вт/см² [57]. При этом становятся неэффективными ранее применяемые технические решения для охлаждения отсека авионики на базе *ARINC600* (массовый расход воздуха 220 кг/ч/кВт в принудительном режиме конвекции). Это предельная скорость воздушного потока не может справиться с проблемами горячей точки (до десяти раз потребуется стандартный расход воздуха). Необходимо использовать новые технологии, которые смогут предложить альтернативу решения и которые будут совместимы с высокоинтегрированными системами электроники. В качестве новых технических решений предлагаются теплообменники и иные методы [61].

Существенно отметить, что проблема работоспособности авионики цифровых воздушных судов в области экстремально низких температур до -40°C и ниже, проработана как в теоретическом, так и экспериментальном плане в гораздо меньшей степени, чем аналогичная задача для высоких температур. В качестве современных воздушных судов с бортовым цифровым комплексом можно указать на создаваемые отечественные *MC-21*, *SJ100*, *Ил-114* и широко используемые в нашей стране *SSJ100* и за рубежные воздушные суда, семейств *Airbus* и *Boeing* [57, 61].

Относительно поиска научно-обоснованных технико-конструкторских методов и решений для адаптации воздушных судов к экстремально низким температурам с обеспечением надежного функционирования комплексов авионики современных ВС были выполнены климатические испытания и экспериментальные исследования современных воздушных судов *Airbus* в условиях экстремально низких температур в условиях Якутии. Два комплекса

климатических испытаний были проведены в 1996 и 2004 годах производителями ВС *Airbus*, двигателей *Pratt&Whitney* и *Snecma* международной командой из Франции, Германии, США при сотрудничестве специалистов по испытаниям и сертификации из Авиарегистра МАК, ГосНИИГА, авиационных властей Российской Федерации и с непосредственным участием автора данной диссертационной работы. Особенный интерес представляют полученные данные по поведенческим характеристикам и отказам систем воздушных судов и авионики в условиях экстремально низких температур аэропорта Якутск [61, 67].

2.3.2. Теоретические аспекты исследования надежности современных ВС с цифровым бортовым комплексом авионики

Целесообразно рассмотреть понятие надежности как в общесистемном плане, так и в отношении ВС с современным бортовым комплексом авионики. Потребность в уточнении особенностей употребления таких понятий, как «надежность, отказы и летная годность ВС» обусловлена обстоятельствами, что методологические решения по проблеме надежности, а также решение задач оценки параметров надежности современных ВС с бортовым цифровым комплексом предполагает уточнения взаимосвязи используемых базовых терминов и параметров [336].

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта. Термин «надежность» имеет определение как свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в условиях применения и заданных режимах, технического обслуживания, хранения и транспортировки [22].

Понятия надежности, безопасности полетов и летной годности ВС могут рассматриваться как целостная группа понятий, к общим признакам которых относятся отказы [57].

Проблема принципиальных и практических задач эксплуатации современных воздушных судов в условиях экстремально низких температур на

Крайнем Севере может быть решена с использованием комплексной методологии, включающей в себя:

- системный анализ;
- теорию сложных систем;
- методы теории вероятностей и математической статистики;
- теорию надежности и других подходов.

Согласно теории систем, современные ВС суда с бортовым цифровым комплексом относятся к категории сложных систем, где отказы (дефекты, повреждения) сопровождают объект по протяжении всего его жизненного цикла – от проектирования до заключительной стадии эксплуатации [32]. В соответствии с этим, отказы могут быть описаны как сложная многофакторная системная группа, в которой отказы соотносятся с этапами жизненного цикла объекта. При этом можно выделить два базовых свойства отказов – временной параметр отказа (продолжительность существования) и степень опасности для объекта. Отказы таких видов, как сбой и перемежающийся, относятся к короткоживущим, тогда как полный и устойчивый отказы сами по себе не исчезают и могут существовать длительное время.

По степени опасности для работоспособности технических систем отказы могут быть разделены на группы – неопасные, опасные, критические, и при необходимости оценены количественно на основе экспертных подходов.

Следует указать на такой тип отказов, как скрытые отказы – не обнаруживаемый визуально или штатными методами и средствами контроля и диагностирования, но выявляемые при выполнении периодических форм с применением диагностического оборудования. Данного типа отказы относятся к категории опасных и критических, со сложным процессом их выявления и представляют наибольшую опасность для обеспечения должного уровня безопасности полетов.

В исследованиях [57, 336] решали задачу разработки алгоритма классификации отказов изделий авиационной промышленности на учитываемые и не учитываемые. Авторы исходили из того, что при оценке показателей надежности изделий

необходимо опираться на статистику по отказам. Исходными данными для построения алгоритма были сведения эксплуатирующих организаций и результаты исследования дефекта у изготовителя. Принцип классификации основывали на анализе причин, повлекших проявление в эксплуатации одного из видов дефекта оборудования (конструктивный, производственный, эксплуатационный). Результатом работы алгоритма стало разделение всех подтвержденных отказов на два класса: учитываемые и не учитываемые при оценке надежности при выпуске новой партии изделий и при оценке надежности изделий в эксплуатации.

Указано, что наиболее распространенным методом оценки показателей надежности изделий авионики на этапах проектирования является метод аналитического прогнозирования, состоящий в оценке влияния надежности составляющих (комплектующих) устройств и в вычислении общей (интегральной) оценки надежности изделия. С помощью такого прогнозирования на начальном этапе жизненного цикла изделия решается задача сравнительного анализа надежности вариантов схемно-конструктивного построения изделия и обоснование выбора рационального варианта [57, 336].

Необходимо отметить, что возникновение такого типа дефектов, как не учитываемые отказы является наиболее значимым фактором при оценке параметра потока отказов систем авионики при безангарной эксплуатации в условиях экстремально низких температур воздушных судов с бортовым цифровым комплексом авионики в условиях удаленных аэропортов Крайнего Севера, Арктики и Якутии. В частности, к такому роду дефектов могут быть отнесены отказы авионики с неявным или скрытым характером, а также малоизученные отказы или отказы неопределенного происхождения [57, 59, 61].

2.3.3. Метод определения соотношения количества неявных отказов авионики

В качестве метода определения соотношения количества неявных отказов авионики к реально подтвержденным, например, самолетостроительным

концерном *Airbus* предлагается применение известной политики *NFF – No Fault Found* (2.1), (2.2). Предложенный алгоритм позволяет выполнить оценку работоспособности преждевременно снятого оборудования и возвращение его в состояние летной годности как соотношение *NFF* тестов на количество всех выполненных восстановительных ремонтов в случае подтвержденных неисправностей [336]:

$$NFF = \frac{\#NFF\_Tests}{\#All\_Repairs} \quad (2.1)$$

И, соответственно, определения времени между незапланированными снятиями, как:

$$MTBUR = \frac{\sum FH * QPA}{NUR}, \quad (2.2)$$

где *MTBUR – Mean Time Between Unscheduled Removals* – наработка до незапланированного снятия;

FH – Flight Hours – наработка в летных часах;

QPA – Quality Performance Assessment;

NUR – Number of Unscheduled Removals – количество незапланированных снятий.

На практике количество неподтвержденных отказов компонентов авионики составляет 15–20%, а по некоторым цифровым устройствам достигает и 65–70%, что вынуждает авиакомпания нести дорогостоящие расходы по транспортировке и тестированию фактически исправного оборудования в специализированных лабораториях или у производителя, увеличивая тем самым и без того высокие прямые затраты по стоимости ТО, по статье расходов на ПЛГ – поддержание летной годности, где общая стоимость затрат выражается суммой счета за обслуживание единицы оборудования в авторизованном центре (*Shop visit*):

$$Shop_{Invoice} = (1 - NFF) * Repair_{Cost} + NFF * Test\_Cost. \quad (2.3)$$

И, соответственно, прямых расходов (*DMC – Direct Maintenance Cost*) на ТО одной единицы,

$$DMC\_Per\_Unit = \frac{Shop\_Invoice}{MTBUR}. \quad (2.4)$$

Показано, что основным преимуществом отказоустойчивой системы интегральной модульной авионики – ИМА, из которой синтезируется отказоустойчивый комплекс бортового оборудования летательного аппарата, является возможность достижения надежности, обеспечивающей выполнение норм летной годности и регулярности полетов без технического обслуживания в межрегламентный период [336].

Эти требования можно выполнить, если систему реализовать на платформе интегральной модульной авионики, отказоустойчивость которой достигается за счет избыточности интерфейсно вычислительных трактов. В работе [87] предложены формулы для расчетов зависимости вероятности отказа и интенсивности отказов избыточной системы от периода функционирования, где: вероятность отказов

$$Q_s(t) = \sum_k^w c_w^i (-1)^{i-k} (1 - e^{-\lambda_3 t})^i, \quad (2.5)$$

интенсивность отказов

$$\lambda_s(t) = \frac{\sum_k^w c_w^i (-1)^{i-k} (1 - e^{-\lambda_3 t})^i}{1 - Q_s(t) = \sum_k^w c_w^i (-1)^{i-k} (1 - e^{-\lambda_3 t})^i}. \quad (2.6)$$

Полученное выражение указывает на взаимозависимость вероятности возникновения отказа во время полета и дальнейшим состоянием воздушного судна, вытекающей из этого проблемы поддержания его летной годности.

Отказы как системный инструмент надежности оказываются незаменимы при решении задач разработки алгоритмов и программных средств тестирования бортовых цифровых вычислительных систем интегрированной модульной авионики, когда осуществляется возможность имитации состояния отказа отдельных компонентов авионики для проверки режима реконfigurирования вычислительной системы [87].

Необходимо отметить, что, несмотря на значимость представленных выше данных исследований по методологии надежности авионики, нет указания на

проверку достоверности предлагаемых решений, что в определенной степени снижает практическую ценность этих работ.

Возвращаясь к проблеме низкотемпературных отказов авионики воздушных судов с цифровым бортовым комплексом авионики, можно указать на данные исследования [61], где приведены фактические сведения по отказам систем авионики при экстремально низких температурах. В число упомянутых отказов систем авионики входят:

- многофункциональные индикаторы (*Multi-Functional Displays – MFD*), выполненные на базе жидкокристаллических *LCD*-индикаторов (*Liquid Cristal Display*) системы управления салонным оборудованием в варианте *Sky Interior BC Boeing 737NG*;
- компьютеры управления ВСУ – *ECB (Electronic Control Box)*;
- жидкокристаллические *LCD*-индикаторы приборной панели пилотов: *PFD (Primary Flight Display)*, *ND (Navigation Display)*;
- многофункциональные жидкокристаллические индикаторы *LCD* типа *Touch Screen* системы *CIDS* – индикации и управления системами пассажирского салона – *FAP – Flight Attendant Panel*.

На основе объединения данных по надежности микроэлектронных приборов и данных по работоспособности цифрового оборудования в области отрицательных температур выведена обобщенная зависимость надежности цифрового оборудования в широком диапазоне температур (рисунок 2.3) [4].

Как видно из рисунка 2.3, кривая надежности цифрового оборудования имеет седловидный характер – пологий минимум в районе от -15 до $+50^{\circ}\text{C}$, а в области 20°C и ниже, а также выше $100\text{--}120^{\circ}\text{C}$ ускоряется в зону отказов и потери работоспособности [61].

Перечисленные выше отказы авионики по своему характеру в значительной части относятся к критическим, что предполагает применение радикальных мер по их предотвращению (например, снятие компьютеров с борта на ночь). Вместе с тем анализ, выполненный в исследовании [61], указывает на существование, наряду с

критическими, менее опасных дефектов, порожденных воздействием низких температур.

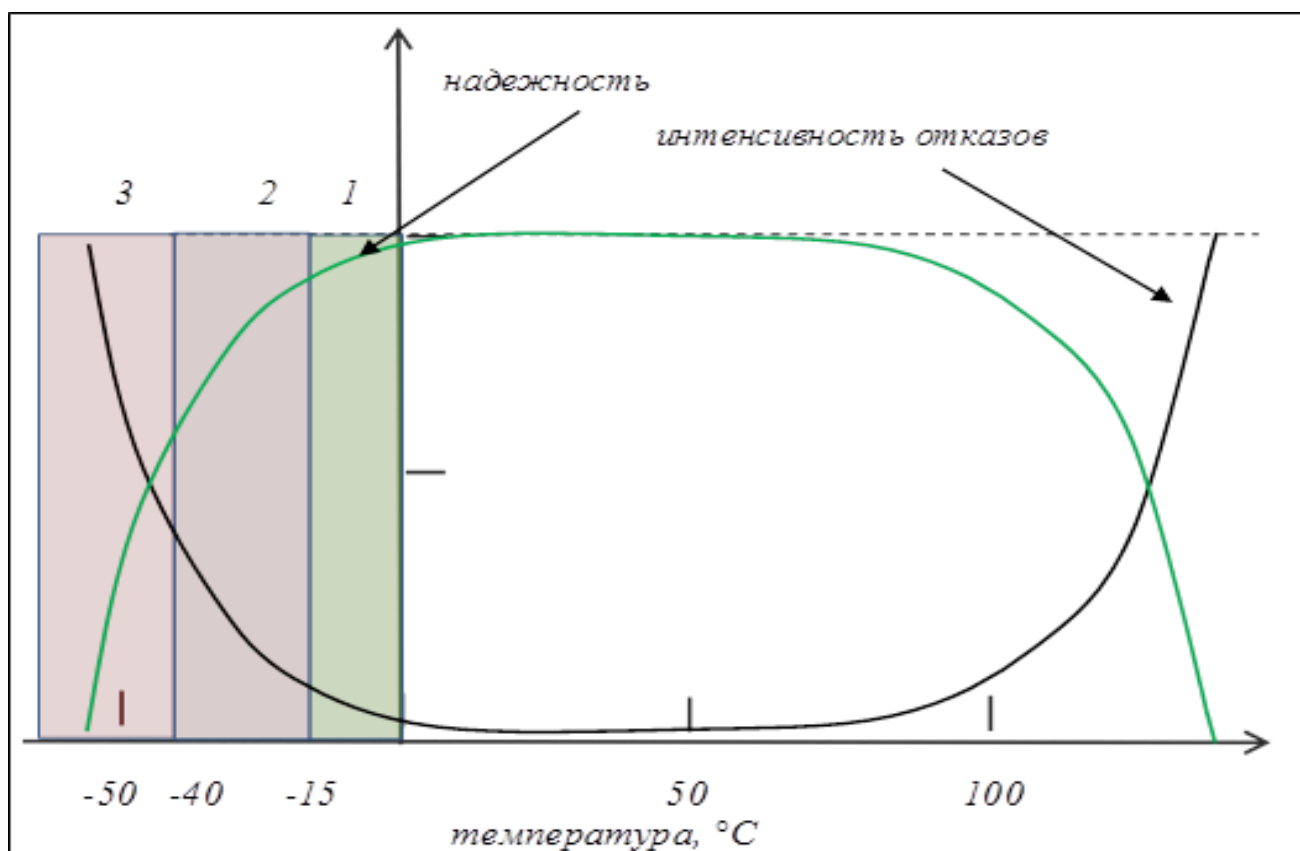


Рисунок 2.3 – Зависимость надежности цифрового оборудования в широком диапазоне температур – от экстремально низких до предельно высоких.

Зоны в области отрицательных температур:

1 – высокая надежность; 2 – пониженная надежность; 3 – надежность утрачена

Обеспечение эффективной работы авиатранспортной системы и жизненно необходимой авиационной подвижности населения Крайнего Севера, Дальнего Востока и в особенности Арктических районов ставит задачи решения проблемных вопросов круглогодичного безангарного базирования современных воздушных судов с бортовым цифровым комплексом авионики в условиях экстремально низких температур с обеспечением их безопасной и надежной эксплуатации.

2.3.4. Обоснование разработки метода тепловой компенсации на основе теплофизического моделирования и экспериментальной работы

Переход от аналоговых к цифровым воздушным судам, совершенный на границе XX–XXI веков (рисунок 2.7), решительно преобразил систему управления летательным аппаратом, открыв при этом новые ранее недоступные возможности [87].

Вместе с тем, пройдя путь совершенства систем управления воздушным судном от ручного и установки отдельных приборов, автопилота к сложным системам цифро-аналогового оборудования со стеклянной кабиной и ИМА, эксплуатанты столкнулись с проблемой обеспечения летной годности и надежной эксплуатации современных ВС в климатических условиях аэропортов Крайнего Севера с низкими и экстремально низкими температурами [59].

Полученный первый практический опыт эксплуатации современных воздушных судов западного производства в условиях экстремально низких температур показал, что в целом ряде систем могут возникать дефекты, влияющие на обеспечение исправности, а также на готовность ВС к безопасному выполнению полетов. Проведя анализ отказов и периодичность возникновения дефектов, были выявлены уязвимые зоны и системы ВС как наиболее подверженные к воздействию низких и экстремально низких температур. Экспериментально установлено, что наиболее чувствительное к воздействию отрицательных температур оборудование систем авионики конструктивно расположено в следующем порядке:

- 69 компьютеров непосредственно в отсеке авионики;
- 3 компьютера центральной части пассажирского салона;
- 2 компьютера в зоне установки вспомогательной силовой установки.

Основной проблемой обеспечения безотказного функционирования вышеуказанных компонентов является обеспечение теплового режима.

Для разработки метода, позволяющего обеспечить безотказное функционирование цифрового комплекса авионики в условиях воздействия отрицательных температур и определения безопасного диапазона его

функционирования, в рамках сертификационных испытаний в 1996 г. с ВС Airbus A310–300 и ВС семейства Airbus A320 был проведен комплекс климатических испытаний в аэропорту Якутска [61, 67] (рисунок 2.4).

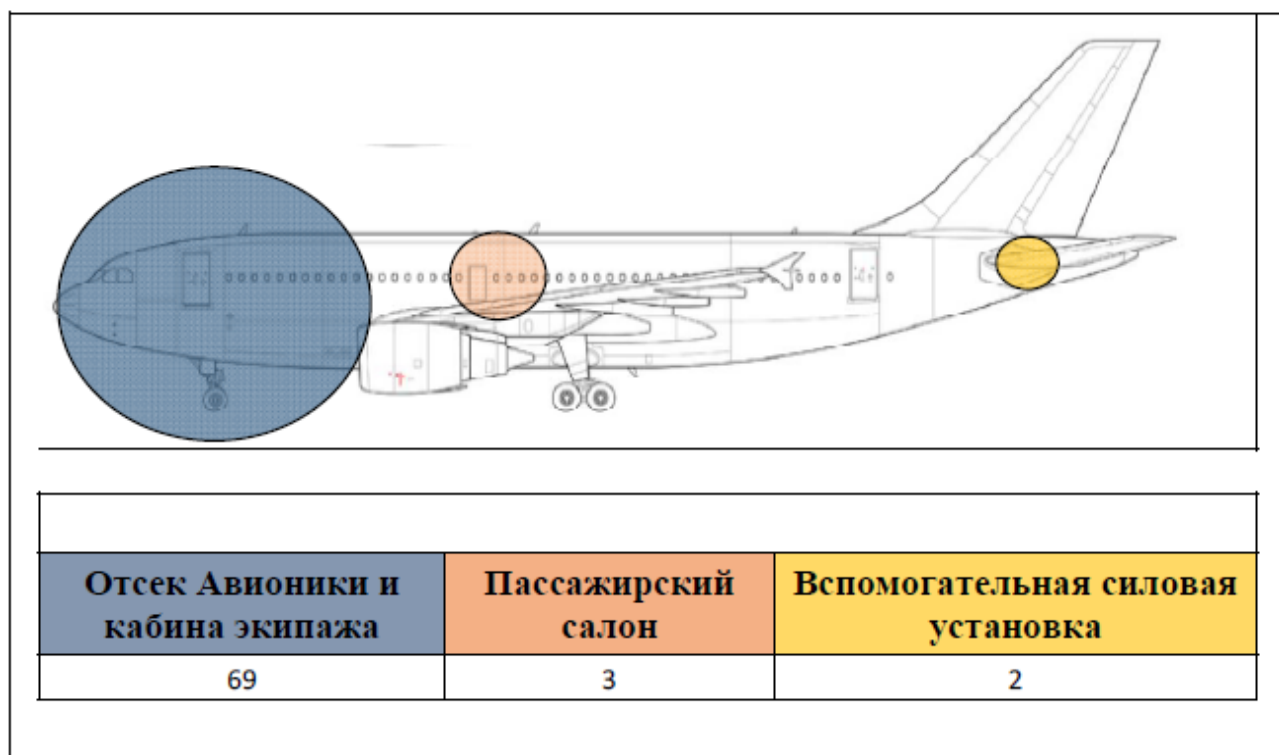


Рисунок 2.4 – Расположение зон наибольшей концентрации наиболее критически зависимых от воздействия отрицательных температур систем авионики на примере самолета Airbus A310–300

Выполненный комплекс климатических испытаний в 1996 и 2004 годах позволил выявить ряд наиболее критически зависимых систем современных самолетов, где экспериментальным путем было определено, что в значительной степени уязвимыми системами современных, кроме систем авионики, сконцентрированных в основном отсеке авионики, являются гидравлическая и топливная системы, силовые установки, системы управления шасси, управления системами грузовых и багажных дверей, пассажирские салоны. Но наиболее уязвимыми от воздействия низких температур являются системы водоснабжения кухонь, туалетов и, соответственно, сброса отходов [59, 61, 67].

2.3.5. Оценка параметров охлаждения и надежности ВС в условиях экстремально низких температур с использованием метода теплофизического моделирования

Задача *теплофизического моделирования* состояла в изучении характера изменения температуры ВС в разных зонах при остывании на открытой площадке. Рассматривалось два случая: остывание ВС на открытой площадке в условиях экстремально низких температур без принудительного поддержания теплового режима, а также случай задействования внешнего источника тепла по методу тепловой компенсации.

Согласно второму началу термодинамики, процесс передачи тепла от одной системы (ВС с температурой выше окружающей среды) к другой системе (окружающей среде) будет происходить до тех пор, пока температуры систем не выравниваются [61].

В соответствии с законом Фурье вектор теплового потока пропорционален перепаду температур:

$$\bar{q} = -\lambda \bullet \text{grad}T, \quad (2.7)$$

где λ – коэффициент теплопроводности.

Для решения задачи остывания ВС может быть использована гипотеза *Ньютона – Рихмана*, по которой интенсивность теплообмена между поверхностью тела и окружающей средой определяется соотношением:

$$q = a(T_{ct} - T_0), \quad (2.8)$$

где a – коэффициент теплоотдачи, который зависит от геометрии поверхности, скорости обтекания, теплофизических свойств теплоносителя и, вообще говоря, от температурного напора [61].

Окончательно для выражения закона охлаждения воздуха внутри ВС имеем:

$$T(t) = T_0 + [T(0) - T_0] e^{-\frac{a_1 S}{2c_v \rho V} t}. \quad (2.9)$$

Для случая задействования источника тепла для поддержания необходимой температуры предложена запись:

$$T(t) = T_0 + [T(0) - T_{0эфф}] e^{-\frac{a_1 S}{2c_v \rho V} t}, \quad (2.10)$$

где a – коэффициент теплоотдачи; V – внутренний объем ВС; S – площадь поверхности ВС; c_v – удельная теплоемкость воздуха при постоянном объеме; ρ – плотность воздуха [61].

На рисунке 2.5 показаны графики зависимости изменения температуры от времени при охлаждении воздуха внутри ВС при использовании источника тепла и при его отсутствии.

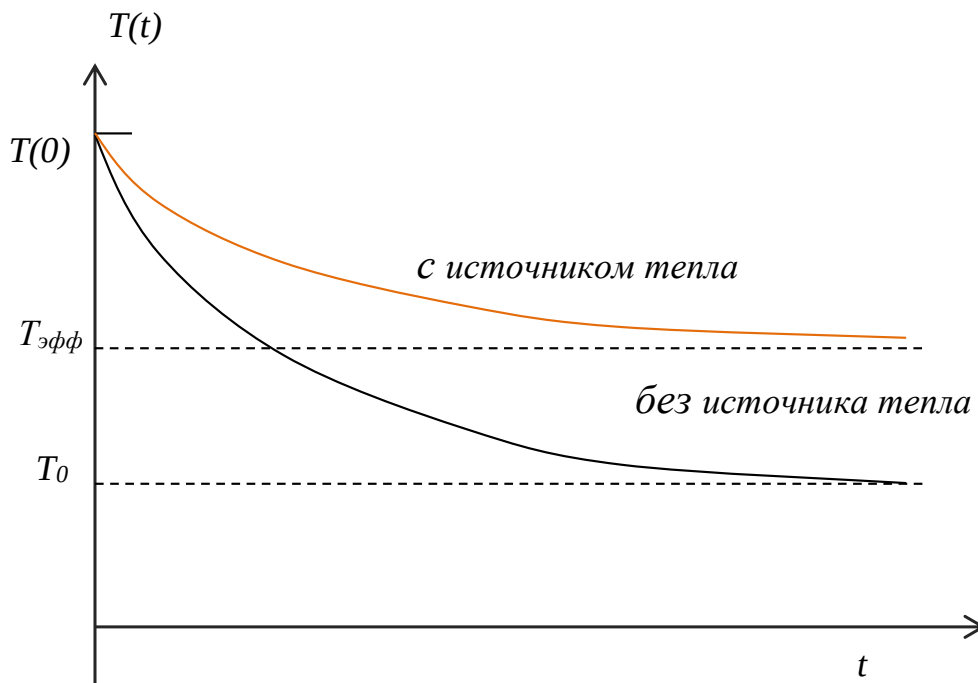


Рисунок 2.5 – Графики зависимости изменения температуры от времени при охлаждении воздуха внутри ВС при использовании источника тепла и при его отсутствии

На рисунке 2.6 представлены графики зависимостей температуры от времени остывания ВС – экспериментальные и модельные данные.

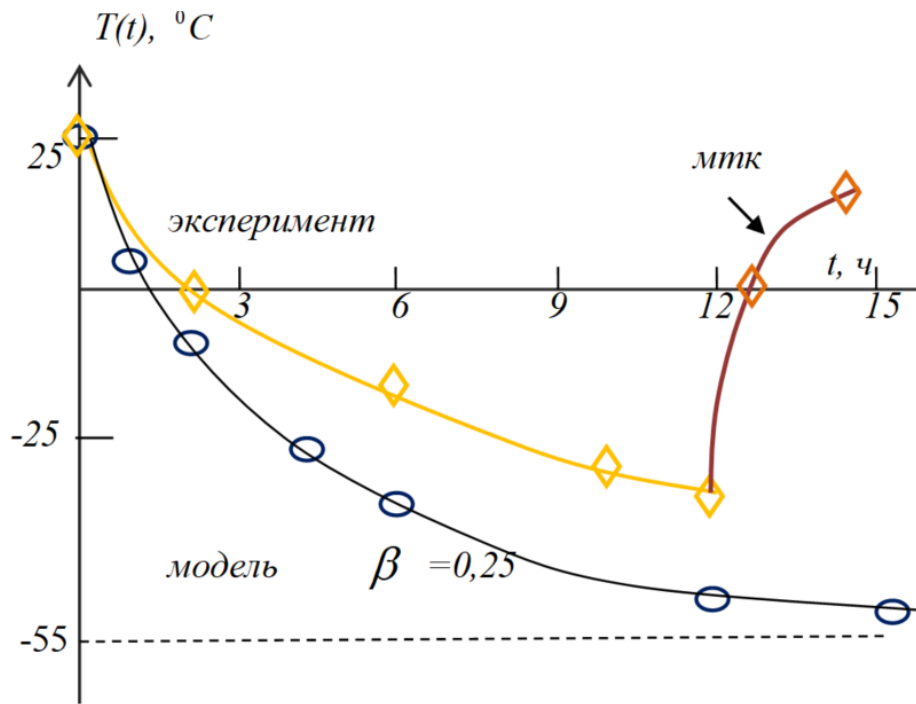


Рисунок 2.6 – Графики зависимостей температуры от времени остывания ВС – экспериментальные и модельные данные

Далее был выполнен расчет вероятности безотказной работы системы, состоящей из независимых элементов с невосстанавливаемыми отказами по соотношению:

$$P_n = p_1 p_2 \dots p_n = \prod_{i=1}^n p_i, \quad (2.11)$$

где p_i – вероятности безотказной работы i -го элемента.

Вероятность отказа системы из независимых элементов с невосстанавливаемыми отказами:

$$Q_n = 1 - P_n = 1 - \prod_{i=1}^n p_i. \quad (2.12)$$

Построена физическая модель надежности цифровых воздушных судов в условиях экстремально низких температур со смешанным соединением элементов, что, в свою очередь, позволило построить математическую модель надежности ВС [61].

В таблице 2.1 приведены расчетные параметры математической модели надежности ВС с учетом климатического фактора.

Таблица 2.1 – Расчетные параметры математической модели надежности ВС с учетом климатического фактора

Обозначение параметра	Параметры $p_i(x_n)$ при разных дисперсиях			
x_n	$\frac{\mu}{5}$	$\frac{\mu}{10}$	$\frac{\mu}{50}$	$\frac{\mu}{100}$
$p_1(x_n) (\sigma=1)$	$5.05 \bullet 10^{-15}$	$1.03 \bullet 10^{-18}$	$2.84 \bullet 10^{-22}$	$2.08 \bullet 10^{-22}$
$p_2(x_n) (\sigma=2)$	$6.7 \bullet 10^{-5}$	$8 \bullet 10^{-6}$	$1.2 \bullet 10^{-6}$	$9.5 \bullet 10^{-7}$
$p_2 : p_1$	$1.3 \bullet 10^{10}$	$7.7 \bullet 10^{12}$	$4.31 \bullet 10^{15}$	$4.58 \bullet 10^{15}$
$\ln(p_2 : p_1)$	23.3	29.7	36	36.1

2.3.6. Разработка и экспериментальная отработка метода тепловой компенсации на основе схемы рециркуляции воздушного потока штатной системы обдува бортового цифрового комплекса авионики

Опираясь на полученные расчетные данные, разработан и экспериментально апробирован *метод тепловой компенсации* (рисунок 2.7) – МТК, обеспечивающий простой и надежный способ поддержания заданного теплового режима работы бортового цифрового комплекса авионики и систем ВС с обеспечением постоянной готовности ВС к вылету и возможностью длительных стоянок в безангарных условиях экстремально низких температур аэропортов Крайнего Севера, Сибири и Арктики.

Показано, что с использованием метода натурных испытаний современных ВС в природных условиях при экстремально низких температурах может быть решена комплексная задача установления уязвимых зон и систем современных ВС с цифровым бортовым комплексом, выполнения сертификационных испытаний данных ВС и разработки методов по недопущению критических последствий (отказов) авионики на основе метода тепловой компенсации [61].

На основе полученных новых научных результатов подготовлены технические решения для внесения изменений в конструкцию, разработаны и экспериментально

отработаны стандарты эксплуатации в условиях низких и экстремально низких температур, что явилось основанием для получения Дополнения к Сертификату типа АР МАК, расширяющее диапазон эксплуатационных температур ВС А310 до -54°C , а ВС А320 до -46°C .

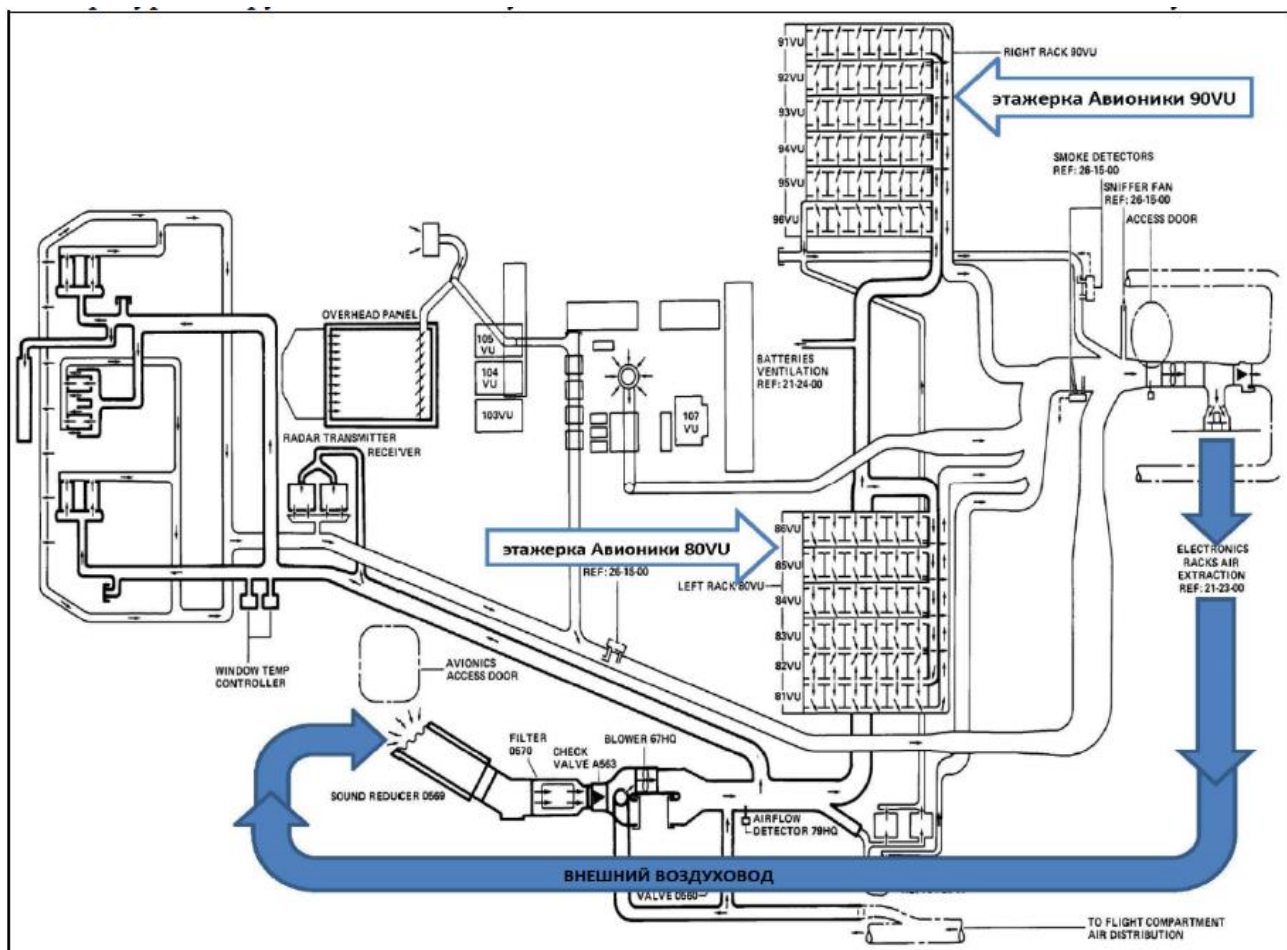


Рисунок 2.7 – Метод тепловой компенсации – схема рециркуляции воздушного потока обдува бортового цифрового комплекса авионики с созданием внешнего контура путем установки внешнего воздуховода

Таким образом, полученный результат и научно-обоснованное технологическое решение позволили решить проблему поддержания летной годности ВС с обеспечением эксплуатации в безангарных условиях удаленных аэропортов Арктики и Крайнего Севера [61].

Выводы по главе 2

1. В данной главе показано, что применительно к задачам построения авиатранспортной системы и региональной авиации Крайнего Севера, Арктики, Сибири и Дальнего Востока особое значение имеет погодно-климатический фактор, обусловленный суровостью климата, где факторы ветра и температуры являются наиболее критичными с точки зрения деятельности человека и поведенческих характеристик машин и механизмов, таких как авиационная техника. Территории с низкими зимними температурами охватывают примерно три четверти территории страны.

2. Обосновано, что при низких и экстремально низких температурах возникают проблемы с поддержанием летной годности ВС, прежде всего из-за возрастания параметра потока отказов и риска обморожения людей, снижения производительности труда технического персонала.

3. Показано, что современные ВС с цифровым бортовым комплексом авионики по показателям надежности, безопасности и летной годности не полностью пригодны для работы в условиях экстремально низких температур аэропортов Крайнего Севера, Сибири и Арктики. В связи с этим обозначены подходы и рассмотрены методы решения научной задачи поддержания летной годности и эксплуатационной надежности современных воздушных судов в условиях низких и экстремально низких температур Крайнего Севера, Сибири и Арктики.

4. На основании проведенного исследования, можно сделать вывод, что дальнейшее освоение Арктики и Крайнего Севера и развитие полярной авиации в современных условиях не отвечают тому значению, которое требуют новые геополитические реалии. Опыт и Арктическая инфраструктура советского времени, к сожалению, во многом утрачены. Развитие авиатранспортной системы Арктической зоны Крайнего Севера, обеспечение безопасного функционирования Северного Морского Пути (СМП) без полярной авиации и создания современных ВС «под Арктику» в широком советском понимании невозможно.

5. Исследование показало, что при создании современных эффективных систем интегральной модульной авионики (ИМА) отказы представляют собой базовый фактор надежности, и по мере расширения и углубления проблем создания современных эффективных систем интегральной модульной авионики имеет место детализация видов отказов и их структурирование (поле отказов).

6. Показано, что понятия надежности, безопасности полетов и поддержание летной годности ВС с бортовым цифровым комплексом авионики могут рассматриваться как целостная группа понятий, к общим признакам которых относятся отказы с обоснованием теоретических аспектов исследования, а также метода определения соотношения количества неявных отказов авионики.

7. Получено, что указание на такой тип дефектов как не учитываемые отказы, имеет принципиальное значение при обсуждении сбоев авионики, наблюдаемых при климатических и сертификационных испытаниях ВС в условиях экстремально низких температур. В частности, к такому роду дефектов могут быть отнесены отказы авионики с неявным или скрытым характером, а также малоизученные отказы или отказы неопределенного происхождения, где применение политики *NFF – No Fault Found* позволяет значительно сократить затраты авиакомпаний на ПЛГ в части минимизации необоснованных замен дорогостоящих компонентов авионики и отправки их в зарубежные центры проверок и ремонтов, что в условиях базирования современных ВС в удаленных аэропортах Крайнего Севера и Арктики является наиболее разумным и экономически обоснованным.

8. Изучены методологические аспекты низкотемпературной надежности авионики при эксплуатации современных воздушных судов в условиях Крайнего Севера и Арктики низкотемпературный сегмент надежности современных ВС с бортовым цифровым комплексом авионики существенно менее проработан в научном и технологическом плане в сравнении с высокотемпературным сегментом.

9. Разработан и экспериментально апробирован метод тепловой компенсации. Предложен простой и надежный способ поддержания заданного теплового режима работы бортового цифрового комплекса авионики с помощью устройства рециркуляции воздушного потока отсека авионики.

10. С использованием методов физического моделирования и экспериментальной работы выполнено научное обоснование метода тепловой компенсации и разработаны организационные мероприятия по реализации методов поддержания летной годности современных ВС в условиях Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока.

ГЛАВА 3. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОСНОВНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ АВИАТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ: АЭРОПОРТ — САМОЛЕТ — ТОПЛИВО

3.1. Формирование стратегии построения авиатранспортной системы на основе факторного анализа основных ее составляющих

Анализ авиатранспортной системы показывает, что существует устойчивое развитие среднемагистральных перевозок, большинство перевозок осуществляется лишь через центральные регионы, прямое сообщение между региональными аэропортами почти отсутствует, хотя и наблюдаются попытки их начала и развития, соотношение внутренних и международных перевозок российских авиаперевозчиков составляет примерно 80–85% и 15–20% в пользу внутренних. Процесс развития как внутренних, так и международных перевозок сдерживается в большей степени потенциальной экономической нецелесообразностью осуществления перевозок в Крайнего Севера Российской Федерации (более высокие цены по сравнению с другими видами транспорта, низкий платежеспособный спрос) и недостаточным количеством у зарегистрированных в указанном регионе перевозчиков воздушных судов [288, 299].

Для обоснованного формирования стратегии развития АТС страны необходимо иметь прогноз развития авиатранспортной системы – системы аэропортов и соединяющих их авиалиний с экономически обоснованной моделью парка современных воздушных судов, эффективной системой их эксплуатации и поддержания летной годности, а также наличием топливозаправочных комплексов по всей маршрутной сети [63].

С инженерной точки зрения системы, продукты, события могут быть охарактеризованы с использованием коэффициента эффективности или полезного

выхода из общего входа. Вообще, эффективность – то, что мы можем иметь из любого процесса. Эффективность можно охарактеризовать с помощью разных характеристик. Легко понять, что существует слишком много разных показателей, которые могут быть использованы для оценки эффективности [63, 178].

Кажется, что эффективность может быть очень просто определена как качество или компетентность в производительности, т.е. возможность выполнения любой задачи с минимальными затратами ресурсов. Также эффективность является показателем, в какой мере система или компонент выполняет свои функции при минимально возможном потреблении ресурсов.

С другой стороны, оценить эффективность – это сложная задача, потому что этот термин имеет разные значения для разных народов, в то время как транспортная система играет определяющую роль в экономике и обществе. Эффективность зависит:

- от производительности, характеристик, выбранных для ее оценки;
- потребностей и требований, определяемых личностью, обществом и экономикой;
- имеющихся научных результатов, технологий;
- возможных альтернатив (по сравнению с другими системами) [169].

Эффективность авиатранспортных систем связана с такими вопросами, как: формирование спроса, обоснование объемов авиаперевозок и предоставляемых емкостей, бизнес-модель производства полетов, рациональное использование имеющихся у авиапредприятий ресурсов.

Комплексная оценка эффективности функционирования авиатранспортной системы должна определить наличие запроса у потенциальных пользователей, то есть должен существовать спрос на услуги данной авиатранспортной системы. Исследование эффективности развития авиатранспортной системы как сложной совокупности взаимозависимых составляющих требует четкого определения понятий, критериев и методов оценки эффективности [63].

Эффективность авиатранспортной системы (как критерий оценки ее доступности) может быть исследована на разных уровнях, то есть на уровне

заинтересованности и размера. В первом случае оценка эффективности зависит от поставленных целей и может быть определена затратами энергии, финансов, индивидуальными потребностями, потребностями общества [63] (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Области интересов в определении эффективности развития авиатранспортной системы страны

3.1.1. Инфраструктурный фактор. Фактор топлива.

Математический критерий топливной эффективности авиатранспортной системы

Критерий топливной эффективности авиатранспортной системы – это энергия, используемая для одного летного часа, транспортировка единицы коммерческой загрузки, одного пассажира или транспортная работа, выполненная путем использования одной единицы энергии. Математически данные критерии можно записать в следующем виде:

$$K_{эф1} = \frac{\text{Количество используемого топлива}}{\text{Налет часов}}, \left[\frac{\text{кг (л)}}{\text{часов}} \right]$$

$$K_{эф2} = \frac{\text{Количество используемого топлива}}{\text{Количество транспортной работы}}, \left[\frac{\text{кг}(\text{л})}{\text{ткм}} \right]$$

$$K_{эф3} = \frac{\text{Количество используемого топлива}}{\text{Пассажирооборот}}, \left[\frac{\text{кг}(\text{л})}{\text{пасс.км.}} \right]$$

$$K_{эф4} = \frac{1}{K_{эф3}}, \left[\frac{\text{пасс.км.}}{\text{т}(\text{л})} \right]$$

$$K_{эф5} = \frac{1}{K_{эф2}}, \left[\frac{\text{ткм}}{\text{т}(\text{л})} \right]$$

Производители воздушных судов и двигателей непрерывно совершенствуют топливную эффективность, добиваясь значительного сокращения потребления топлива вновь создаваемыми воздушными судами. Сегодня потребление топлива воздушным транспортом исходя из расчета на 1 пасс. км сопоставимо с автомобильным транспортом [63, 127].

Если энергетические коэффициенты определять для всей транспортной системы региона, то расчеты будут гораздо сложнее, так как необходимо принимать во внимание использование энергии в ходе создания инфраструктуры, например, строительства взлетно-посадочных полос и т. д. [181].

Критерии эффективности расходов очень похожи на коэффициенты топливной эффективности, только вместо расходуемого топлива рассматриваются израсходованные финансовые ресурсы. Конечно, расходы могут быть рассчитаны с помощью разных подходов, как показано на рисунке 3.2. С точки зрения авиакомпании, следует отдельно рассмотреть прямые и косвенные эксплуатационные расходы.

Однако для пользователей авиатранспорта общие затраты на перевозку более важны, чем расходы на отдельные операции или стадии перевозок, поскольку потенциальные пассажиры и грузовая клиентура являются пользователями услуг транспортной системы в целом [180].

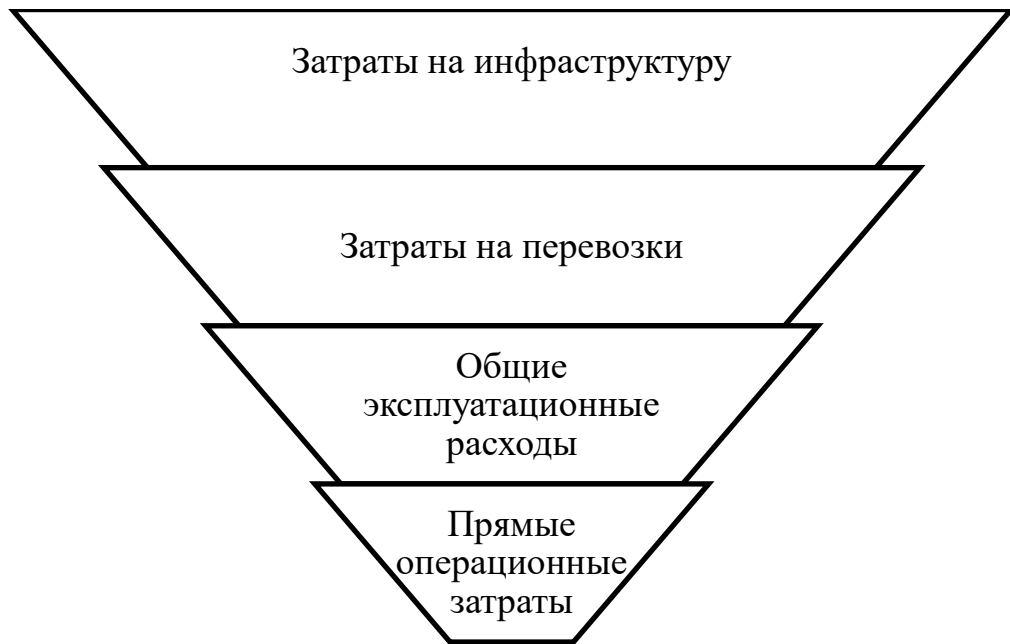


Рисунок 3.2 – Иерархия расходов на функционирование авиатранспортной системы страны

Пользователи пытаются минимизировать стоимость перевозки, объединяя разные виды транспорта. Поэтому в формировании авиатранспортной системы нужно употреблять логистические подходы. Кроме того, следует принимать во внимание все расходы, связанные с использованием природных ресурсов и развитием инфраструктуры, необходимыми для функционирования авиатранспортной системы определенного региона [63, 188].

Критерии эффективности с точки зрения индивидуальных потребностей основываются на степени удовлетворения спроса на отдельные авиалинии. Однако формулировка этих критериев и оценок является достаточно сложной проблемой. Различные группы людей имеют разные приоритеты в оценке возможностей перевозки. Решения о перевозке принимаются в зависимости от времени, стоимости, доступности, безопасности и т. д. Остановимся на временном критерии, то есть на тех потребителях авиатранспортной системы, для которых эффект экономии времени может являться важнейшим фактором.

Следовательно, личные требования могут быть охарактеризованы временем, используемым для заданной поездки, перевозки. Критерий, выраженный

временным коэффициентом, можно рассчитать, как энергетические коэффициенты с заменой энергии или топлива на время. Здесь необходимо учесть время полета, время, необходимое для поездки от аэропорта к аэропорту, время, затраченное на перевозку, то есть с учетом потраченного времени на перевозку другими видами транспорта или время, связанное с эксплуатацией транспортных систем для поддержки экономики [63, 188, 197].

Время, используемое для перевозки, зависит от дальности. С другой стороны, время полета зависит от характеристик воздушного судна, времени на доставку от аэропорта в аэропорт, который, в свою очередь, зависит от характеристик и развития соответствующей инфраструктуры и условий эксплуатации (например, погодные условия). Как правило, время перевозки зависит также от взаимодействия на межгосударственном уровне (время, используемое для адаптации транспортных систем к условиям разных стран), согласование разложения (предоставление слотов) и т. д. Наконец, регион может иметь экономические, социальные и политические приоритеты, которые могут потребовать некоторое дополнительное время в использовании новых транспортных систем, новых авиатранспортных маршрутов [64].

Предложенная базовая методология позволяет упростить задачу оценки эффективности авиатранспортной системы региона через определение концепции функционирования данной системы, классификацию критериев эффективности по уровням интересов и иерархии затрат [63].

Следующим шагом в исследовании эффективности авиатранспортной системы региона должна быть разработка конкретных методов с применением инструментария исследования эффективности разных уровней обобщения или специализации, которые позволят более формализовано и объективно оценивать соответствие функционирования и планов развития авиационной системы реальным потребностям потребителей авиатранспортных услуг и интересам региона [63].

Любая сложная система имеет некоторое множество структур, связанных между собой. При анализе отдельных предприятий выделяют, например,

производственную, организационную, финансовую, юридическую структуру. В любом подходе к изучению структуры системы главная цель исследования – это познание целостности исследуемой системы. При анализе структуры важно определить взаимосвязи между элементами, способы воздействия одного элемента на другой [261].

Обычно способ описания структур системы – это графическое изображение, хотя возможны матричная и аналитическая формы. В графе элементы, компоненты, подсистемы и другие объекты системы отображаются в виде вершин графа, связи между объектами подаются в виде дуг. Связи между элементами системы могут быть жесткими (обычно в техническом и технологическом взаимодействии) и гибкими, изменяющимися в процессе функционирования системы (в вопросах экономического взаимодействия), а также непосредственными и опосредованными [261].

Одновременно с исследованием структуры системы осуществляется функциональный анализ путем исследования процессов изменения ее состояния на основе принятых алгоритмов (принципов, методов, способов) управления. Опираясь на классическое определение понятия структуры, под структурой АТС будем понимать состав ее элементов и постоянные связи между ними. На рисунке 3.3 приведена структура АТС, определяющая концептуальные внутренние связи между определенными элементами [63].

Данную структуру можно охарактеризовать как матричную: каждый элемент выполняет свой «проект», но для эффективности системы в целом необходимо иметь большое количество системных коммуникационных каналов и центров принятия совместных решений.

Представление о структуре, функциях и важности четко организованных взаимосвязей между элементами АТС можно получить, проведя анализ этапов формирования спроса на авиаперевозки (рисунок 3.4). При условии имеющегося платежеспособного спроса и потребностей в мобильности потенциальные пассажиры и грузоотправители начинают этап поиска доступных авиакомпаний.

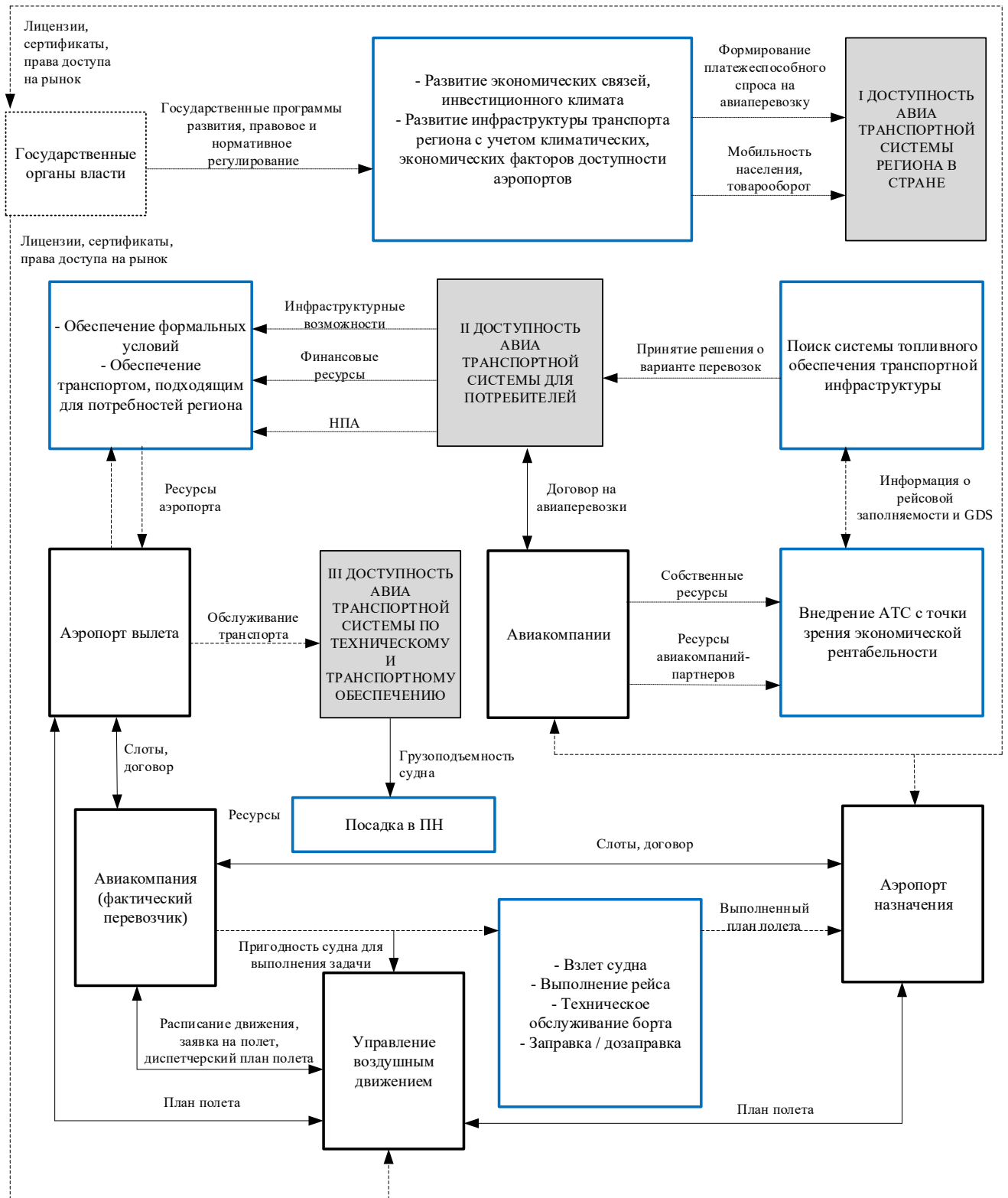


Рисунок 3.3 – Структура АТС: взаимосвязи элементов при формировании спроса на авиаперевозки

Взаимодействие аэропортов и авиакомпаний является одним из важнейших партнерств в авиационной отрасли. Сотрудничество аэропорта и авиакомпании – это пример вертикального сотрудничества, где авиакомпания является потребителем (верхний уровень), который покупает продукт инфраструктуры аэропорта (нижний уровень) (рисунок 3.4) [63].



Рисунок 3.4 – Общая структура взаимодействия аэропорта и авиакомпании

Однако авиакомпания одновременно является поставщиком потенциальных клиентов в аэропорт; таким образом, авиакомпания может также рассматриваться не ниже уровня аэропорта. Это ясно иллюстрирует сложность связей между аэропортом и авиакомпанией. Тогда как традиционно аэропорты рассматривались как провайдеры инфраструктуры для авиакомпаний, на сегодня в научных работах проблема рассматривается больше, с точки зрения АТС в целом [63]. Со временем структура потоков и сетей авиакомпаний в отдельных регионах изменилась таким образом, что конкуренция уже существует не только между отдельными авиакомпаниями, но и между их глобальными узловыми аэропортами.

В общем, основные функции аэропорта каждого региона можно охарактеризовать как предоставление авиационных и неавиационных услуг

пользователям: авиакомпаниям, пассажирам, грузоотправителям, грузополучателям и другим.

3.1.2. Оценка факторов оптимизации завоза авиатоплива в районы Крайнего Севера и Арктики путем оптимизации логистической схемы топливообеспечения на основе применения метода корреляционно-регрессионного анализа

Воздушные авиаперевозки выполняют важнейшую социально-экономическую роль, обеспечивая наиболее быструю связь с остальной территорией России и жизненно необходимую транспортную доступность населения стратегически важного региона Российской Федерации. Особую роль воздушный транспорт играет в крупнейшем регионе Российской Федерации, который остается наиболее изолированным и труднодоступным регионом страны. Как, указывалось выше, для 85% территории в Республике Саха (Якутии) авиация является единственным круглогодичным средством транспортного сообщения [60, 299].

При этом, понимая, что только 47,5% Якутии имеет круглогодичное транспортное обеспечение, важнейшим фактором, влияющим на круглогодичное обеспечение транспортной доступности для подавляющего большинства аэропортов республики и в особенности Арктической зоны, является завоз необходимого количества авиатоплива при условии сохранения его потребительских свойств. Не имеющая аналогов сложнейшая схема завоза авиатоплива в Арктические и труднодоступные районы Якутии с количеством перевалок до девяти приводит к потере некоторых важных параметров авиатоплива, таких как электропроводность, и вынуждает авиакомпании, выполняющие полеты в Арктические и труднодоступные районы Якутии, искать более оптимальные логистические пути завоза, хранения, обеспечивая сохранность свойств и параметров авиатоплива [60, 88].

Для поиска решений использована методология исследования на основе факторного анализа с использованием аппарата экономико-математического моделирования проблемы завоза авиатоплива за счет оптимизации логистической

схемы поставки в удаленные регионы Арктической зоны. Путем оценки возможностей применения корреляционно-регрессионного анализа проведена оценка факторов, влияющих на оптимизацию завоза авиатоплива через оптимизацию логистической схемы. Как результат исследования и наряду с предложенными решениями практико-технологического и экономического характеров рассмотрена применимость регрессионной модели, на основе которой могут быть выбраны наиболее оптимальные варианты развития топливного обеспечения Республики Якутия для воздушного транспорта в предстоящем периоде [132, 133].

В период последних нескольких десятилетий наблюдался значительный рост авиатранспортной отрасли в части авиаперевозок и, соответственно, увеличившимся количеством самолетовылетов и пассажиропотока в целом. Для удовлетворения возросшей операционно-финансовой деятельности авиаперевозчиков государственными и частными владельцами аэропортов и аэропортовых объединений проводились значительные капитальные вложения в реконструкцию инфраструктуры аэропортов и в развитие аэропортовой сети. Ярким примером является успешно реализуемая ФГУП «Аэропорты Севера» программа реконструкции аэропортовой сети, объединяющая в себе 32 аэропорта на территории Республика Саха (Якутии) и двух аэропортов Чукотки. Также важным условием для удовлетворения спроса растущего сегмента авиаперевозок явилось обеспечение авиатопливом, его конечная стоимость и логистическая доступность, которые могли бы в значительной степени стимулировать дальнейший рост перспективного сектора экономики.

Чтобы провести анализ и понять современное состояние дел с авиатопливообеспечением в районах Крайнего Севера и Арктики, необходимо разобраться детально во всей технологической цепочке от производства и до транспортировки авиатоплива в удаленные аэропорты, что поможет определить основные факторы ценообразования авиаперелетов, а также понять стоимостные риски при поставке авиакомпаниям топлива в рассматриваемый регион.

3.1.3. Особенности обеспечения авиатопливом в аэропортах арктической зоны

Организация завоза авиатоплива является стратегической задачей, напрямую влияющей на бесперебойное (стабильное) жизнеобеспечение регионов Арктической зоны, в том числе и Республики Саха (Якутия). При этом наиболее важным фактором формирования конечной стоимости на авиационное топливо является географический, который включает в себя степень удаленности от производителей – нефтеперерабатывающих заводов [60]. Так, Республика Саха (Якутия) благодаря своим огромным размерам и площадью в более 3 миллионов квадратных километров, но с населением менее одного миллиона является регионом с особыми транспортно-логистическими системами доставки топлива (см. рисунок 3.5). Наземная транспортная инфраструктура круглогодичного действия во многих районах республики практически отсутствует, что делает социальную сферу и экономику региона чрезвычайно зависимыми от авиационного сообщения. Поэтому для 85% территории авиация является единственным круглогодичным средством транспортного сообщения. Разброс населенных пунктов и, соответственно, аэродромной сети в Арктической зоне, отсутствие круглогодичного транспортного сообщения кроме воздушного, погодно-климатические условия и географическая удаленность от транспортных узлов РФ делают географический фактор ключевым звеном во всей цепочке ценообразования конечной стоимости этого жизненно важного продукта [138, 143].

Поставка авиатоплива от ближайшего нефтеперерабатывающего завода (НПЗ) г. Ангарска осуществляется сначала железнодорожным транспортом до пунктов накопления в п. Усть-Кут Иркутской области для его дальнейшей перевалки и транспортировки. В Усть-Куте топливо, предназначенное для аэропортов Нерюнгри, Алдан, Якутск, отправляется железнодорожным транспортом, другая часть топлива перегружается на маломерные суда для транспортировки по мелководному руслу реки Лена. Одновременно с этим другая часть топлива в г. Ленск, предназначенная для снабжения северо-западной части Якутии, аэропортов

Полярный, Оленек и Саскыллах, продолжает транспортировку автоцистернами по «зимникам» [60, 132].

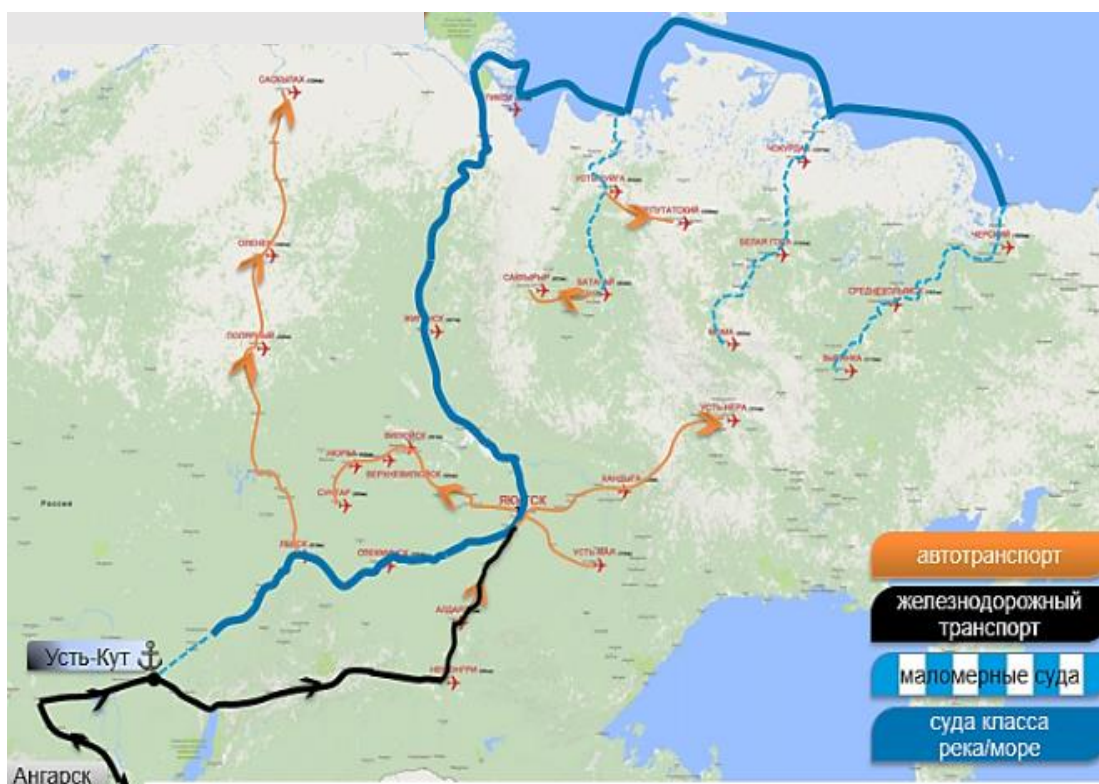


Рисунок 3.5 – Действующая схема завоза авиатоплива Республика Саха (Якутия)

Но основная часть топлива, как сказано выше, и предназначенная для группы аэропортов центральной части Якутии, транспортируется ж/д транспортом на ближайшую к аэропорту г. Якутск станцию Нижний Бестях. Далее часть топлива для труднодоступных и отдаленных Арктических аэропортов с перевалкой груза на водный транспорт производится до пунктов доставки и хранения по двухступенчатой схеме в зависимости от сезона (рисунок 3.5):

- с момента открытия навигации (с июня месяца) по главной магистральной реке Лена на боковые и малые реки Вилуй, Алдан, Амга;
- после открытия навигации на Арктических реках Яна, Индигирка и Колыма (с середины июня, с июля месяцы) груз, завезенный в предыдущую навигацию из пунктов хранения, доставляется в аэропорты назначения;

– с открытием арктической навигации по Северному морскому пути с августа месяца груз перевозится по магистральной реке Лена, морским путем и далее по арктическим рекам Яна, Индигирка, Колыма, Оленек и Анабар [60, 65].

Сложную логистическую схему поставки имеют и другие регионы Крайнего Севера, например, аэропорты Чукотского автономного округа [130] (рисунок 3.6).

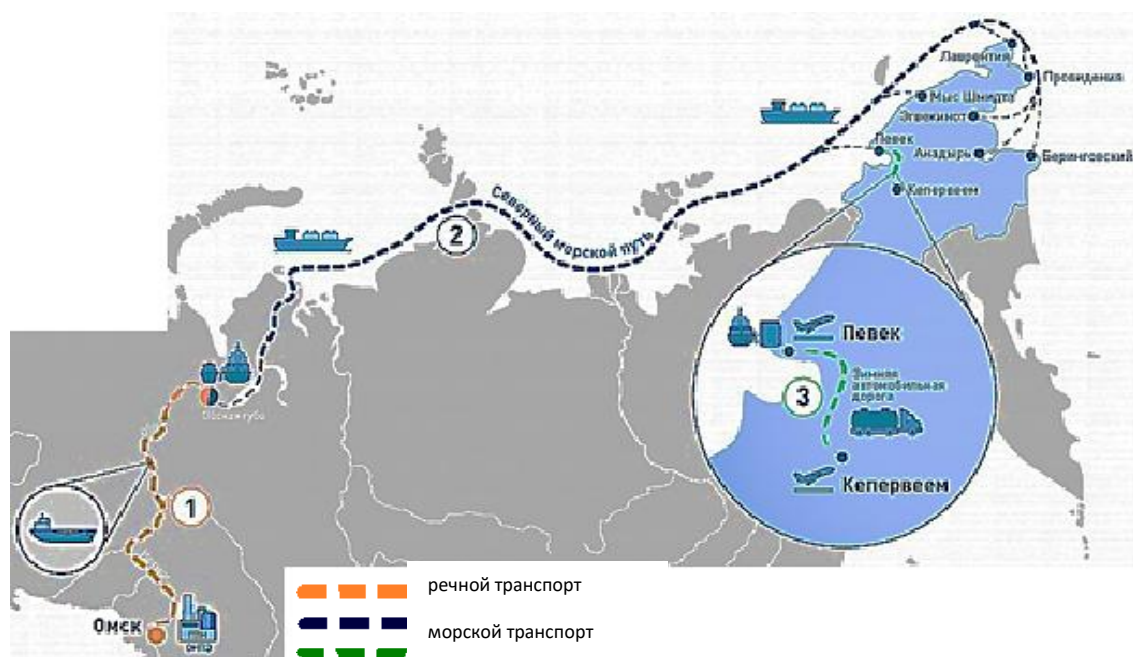


Рисунок 3.6 – Действующая схема завоза авиатоплива
Чукотского автономного округа

Транспортировка осуществляется в три этапа продолжительностью более 9 тысяч километров и занимает от девяти месяцев. Первый этап транспортировки происходит от нефтеперерабатывающего завода речным транспортом по рекам Иртыш и Обь. Затем производится перегрузка в морские танкеры и далее до портов Певек и Анадырь, а также мыс Шмидта, Лаврентия, Провидения, Эгвекинот и Беринговский. Третий этап состоит в доставке авиатоплива по «зимникам» из города Певек в аэропорт поселка Кепервеем также по «зимникам» [60, 132] (рисунок 3.5).

Сложная логистика транспортировки в районы Крайнего Севера и необходимость его последующего хранения с возможностью использования топлива

только на следующий год от закупки и начала транспортировки, кроме удорожания имеет риск снижения его качества в конечном пункте хранения, например, по параметру электропроводности, что в конечном счете вынуждает авиакомпании списывать десятки тон с трудом доставленного топлива на технические нужды [6, 7].

В отдельные населенные пункты, особенно Арктических и северных улусов, транспортная доступность которых составляет от 30 до 90 дней, доставка авиатоплива осуществляется в зимний период только автомобильным транспортом при открытии так называемого «зимника».

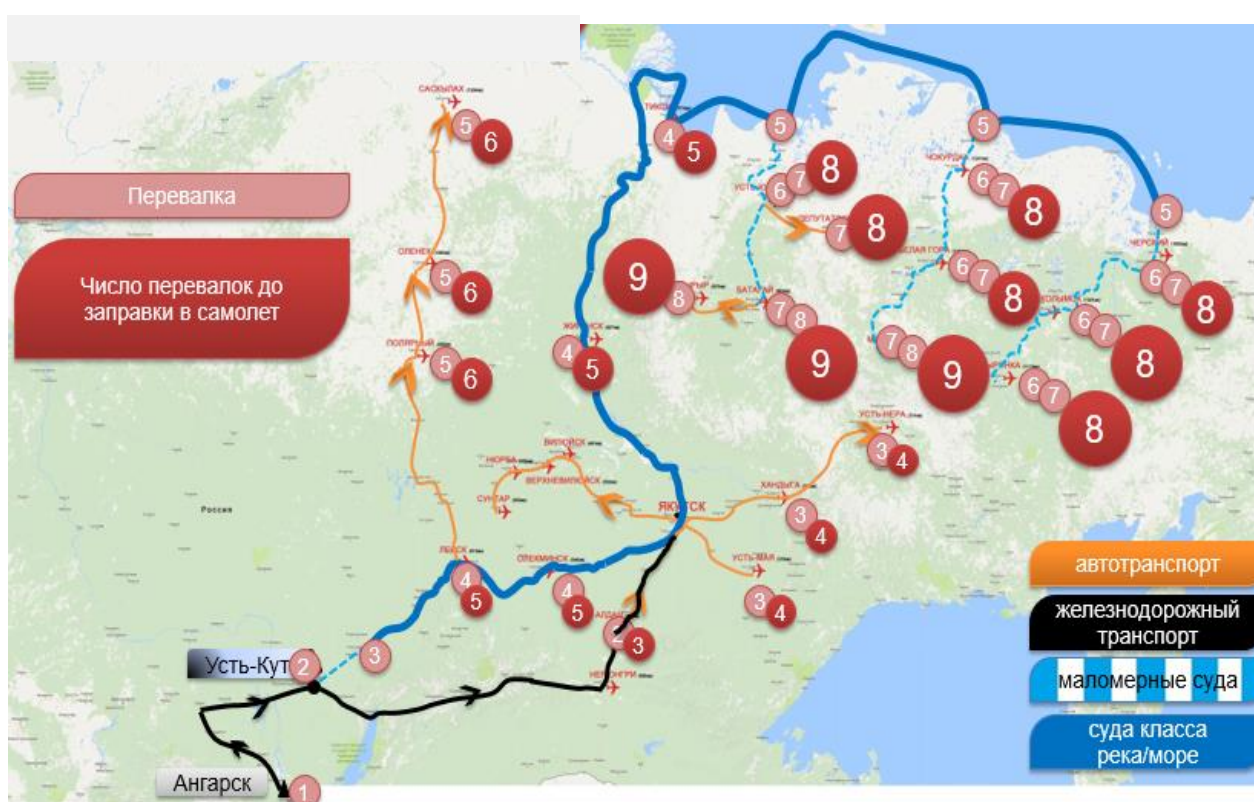


Рисунок 3.7 – Действующая схема завоза авиатоплива Республика Саха (Якутия) с указанием количества перевалок и смены видов транспорта

Беспрецедентным является тот факт, что после всей многоступенчатой транспортировки авиатоплива с восемью или девятью перевалками его использование для заправки воздушных судов возможно только на второй год после закупки [60, 65] (см. рисунок 3.7).

3.1.4. Проблема качества. Потеря удельной электропроводности авиационного топлива

Вопрос по качественным показателям авиатоплива удельной электропроводимости становится очень острым для гражданской авиации по всей территории Республики Саха (Якутия). Одним из факторов, влияющих на завоз авиатоплива, является высокое требование к качеству авиатоплива, обеспечение которого затруднено в условиях старения существующей инфраструктуры при многократной перевалки во время перевозки водным транспортом авиатоплива до конечных пунктов. Электрические свойства топлива в значительной степени определяются удельной электрической проводимостью, которая для товарных реактивных топлив выражается в единицах пико Сименс/метр ($1 \text{ пСм/м} = 10 \text{ Ом м}$). Особенно опасна электризация тех видов топлив, которые имеют широко фракционный состав с бензиновыми фракциями [60, 95].

Именно значительное количество смен средств транспорта доставки, так называемых «перевалок» топлива – слива-налива и перекачек по трубопроводам со сменой транспортных емкостей или емкостей хранения, оказывают негативное влияние на качество доставляемого топлива в конечный пункт назначения, где выявляется ухудшение электрических свойств топлива, т.е. параметра удельной электропроводности. Критически максимальными значениями до 8 или даже 9 перевалок топлива характеризуется доставка топлив в такие аэропорты, как Батагай, Зырянка, Саккырыр, Черский, Чокурдах, Среднеколымск и Белая Гора [60] (рисунок 3.7).

3.1.5. Факторный анализ проблемы завоза авиатоплива путем оптимизации логистической схемы

В условиях реальной экономики между результативными показателями и факторами действуют вероятностные (стохастические) связи. Оценить результаты их действия возможно методами статистики, основу которых составляют построение и анализ соответствующей математической модели. В дополнение к

результатам факторного анализа был использован аппарат экономико-математического моделирования и применен корреляционно-регрессионный анализ для оценки факторов оптимизации завоза авиатоплива путем оптимизации логистической схемы [94]. На основе предложенной регрессионной модели были выбраны наиболее оптимальные варианты развития топливного обеспечения Республики Якутия для воздушного транспорта в предстоящем периоде. Для оценки результатов использованы методы статистики, основу которых составляют построение и анализ соответствующей математической модели на основе динамики его значений в прошлых периодах с применением корреляционно-регрессионного анализа, позволяющий перейти от функциональной связи между факторами и результативным показателем в стохастической зависимости [97,104]. Корреляционно-регрессионный анализ обеспечил определение влияния факторов, для которых невозможно построить жесткую детерминированную факторную модель [94]. В качестве же результативного признака использован стоимостный показатель, который наилучшим образом позволяет отразить степень эффективности логистической схемы поставки авиатоплива в удаленные аэропорты Арктической зоны. Как видно из таблицы 3.1, основным параметром оценки является экономический эффект, который достигается и рассчитывается как показатель чистой прибыли (экономии) от организации логистического процесса на 1 бар. топлива (со зависима переменная). Для степени корреляции данной зависимости берутся во внимание количественные факторы оценки эффективности x_2 для определения логистического фактора и x_3 для введения в модель параметра качества [60, 222].

Таблица 3.1 – Параметры регрессионной модели

№	Показатель	Ед. изм.
X_1	Стоимость 1 бар. топлива	тыс. руб.
X_2	Количество перевалок топлива (по логистическому маршруту)	%
X_3	Проблема качества топлива (в % отклонения от норматива чистоты топлива в год)	%
Y	Чистый доход (экономия)	млн руб.

Использование регрессионного анализа позволило определить функцию, согласно которой было установлено влияние параметров модели на зависимую переменную Y (оценка чистого дохода). В общем виде уравнения регрессии, которые оцениваются, имеют следующий вид:

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 \quad (3.1)$$

Для определения коэффициентов регрессии модели были использованы следующие первичные данные, отражающие текущее состояние производства. По результатам анализа удалось пропорционально распределить оценки влияния показателя качества x_2 по зависимому показателю Y на основании результатов статистических данных по ценам и логистике авиатоплива в Арктическую зону. Полученная линейная модель имеет следующий вид:

$$Y = 86373,60 + 82800 X_1 + 59713,13 X_2 + 46,6 X_3. \quad (3.2)$$

Анализ коэффициентов регрессии позволил выяснить степень влияния факторов на исходную смену.

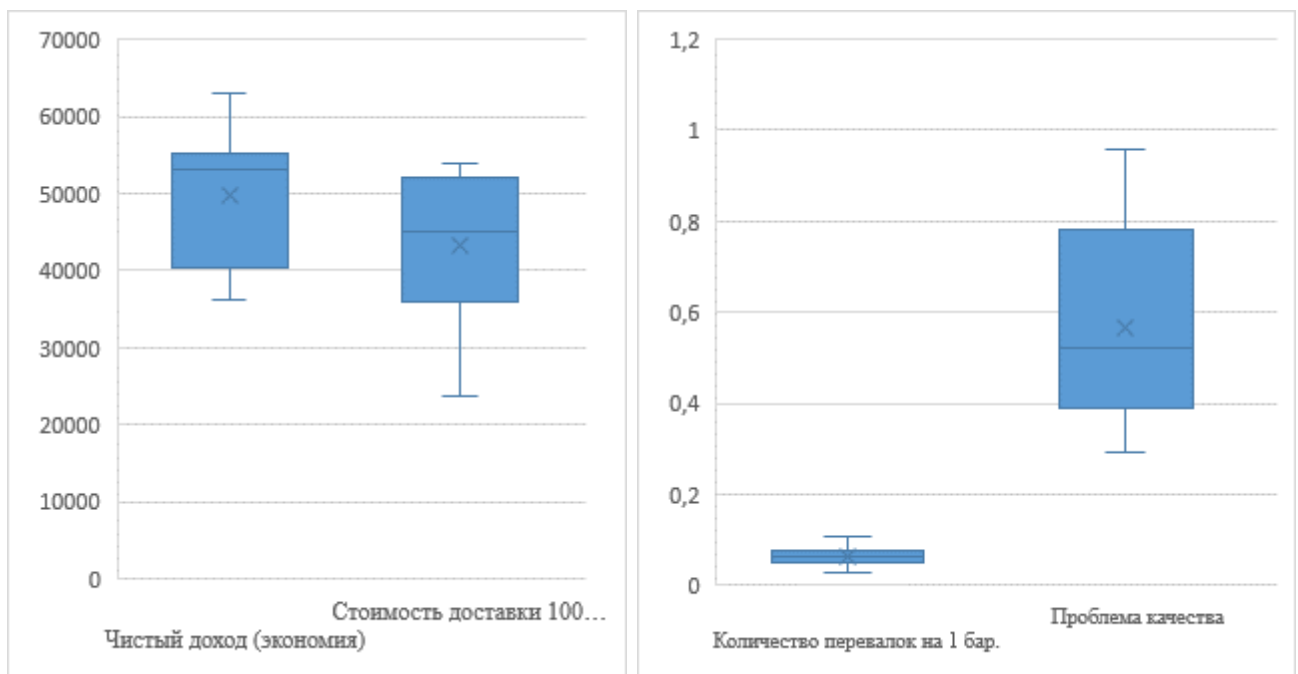


Рисунок 3.8 – Изменяющиеся факторы стоимости доставки топлива в Арктический регион через

Графически, используя экспериментальные данные, была проведена проверка наиболее значимых факторов, влияющих на результат, разделив их на изменяющиеся в зависимости от условий доставки и не изменяющиеся. Проведя центрирование данных (рисунок 3.8), построена модель оценки стоимости, которая позволит смоделировать процесс доставки авиатоплива с учетом изменяющихся условий [60].

Как свидетельствуют результаты исследования, наибольший вес имеет такой показатель, как стоимость доставки 100 бар. $a=0,4531$. Отличный знак коэффициента при показателе «Количество перевалок на 1 бар.» означает, что значительное увеличение в структуре стоимости приводит к снижению результативного показателя экономии.

Полученный коэффициент множественной корреляции и значения остаточной дисперсии показывают тесноту связи результативного показателя с факторными показателями, то есть характеризуют качество выбора уровня регрессии. В нашем случае $R=0,7714$, а показатели остаточной дисперсии факторов равны, соответственно, 0,5950. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что построенная модель отобрана правильно. Коэффициент детерминации указывает на долю влияния выбранных показателей на результативный показатель. В данном случае регрессия зависимого фактора на показатель модели объясняет у 59,5% вариативности значений Y . Значение этого показателя составляет 0,443. Поскольку полученный результат больше критического, то с вероятностью в 95% можно утверждать о существенности связи между параметрами модели [60].

Факторная дисперсия характеризует вариацию результативного признака, которая объясняется факторами, которые вошли в модель. По результатам этого показателя были получены следующие значения этого показателя: $t_{\text{крит.}} = 3,72$.

Анализ полученных значений позволяет сделать вывод, что в среднем наиболее влиятельным фактором является такой показатель, как стоимость транспортировки топлива. Для оценки значимости полученных коэффициентов регрессии используется критерий t . Таким образом, полученные результаты моделирования позволяют не только спрогнозировать общие показатели оценки

его деятельности, но и определить развитие предприятия в будущем. Чтобы показать значимость полученных результатов, покажем графически статистическое распределение экспериментальных данных, чтобы проиллюстрировать наиболее значимые факторы, влияющие на результат. Затем, проведя центрирование данных, построить модель оценки себестоимости, которая позволила бы моделировать процесс доставки авиатоплива с учетом изменяющихся условий [60].

Для вычисления сглаженных уровней ряда Y_t применяется формула:

$$Y_t = \frac{\sum_{t=t-p}^{t+p} y_t}{x_n},$$

где p – вероятность изменения фактора по Y .

В результате такой процедуры получают $(x_n - m + 1)$ сглаженных значений уровней ряда; первые p и последние p уровней ряда теряются (не сглаживаются).

При четных значениях по t после процедуры сглаживания обычно проводят центрирование полученного ряда (находят средние значения двух последовательных скользящих средних для определения зависимости факторов).

Рассмотрим двухфакторную линейную модель для x_2 «Количество перевалок топлива (по логистическому маршруту)» и x_3 «Проблема качества топлива (в % отклонении от норматива чистоты топлива в год)»:

$$Y_t = \frac{\sum_{t=t-p}^{t+p} Y_t \cdot w_t}{\sum_{i=t-p}^{t+p} w_t}, \quad (3.3)$$

где w_t – весовые коэффициенты, определяемые методом наименьших квадратов, при этом выравнивание на каждом интервале сглаживания осуществляется чаще всего с применением полиномов второго или третьего порядков. Весовые коэффициенты для интервала 5 будут следующие: $\frac{1}{35}[-3, 12, 17, 12, -3]$. Выберем

интервал сглаживания $m=5$ и проведем сглаживание взвешенной скользящей на второй степени, используя данные таблицы 3.2.

Таблица 3.2 – Интервал сглаживания параметров регрессионной модели

t	Y Чистый доход (экономия)	x_1 Стоимость доставки 100 бар.	x_2 Количество перевалок на 1 бар.	x_3 Проблема качества	$Y(t)$	$S(t)_{\text{ср.}}$	$S(t)_{\text{вз.}}$
1	40200	39120	0,055	0,560	130,0		
2	38450	36300	0,065	0,450	120,0	121,67	
3	41150	40250	0,106	0,390	115,0	130,33	123,14
4	36269	34550	0,089	0,480	156,0	153,33	155,14
5	51350	49880	0,069	0,960	189,0	171,67	179,40
6	52500	49950	0,048	0,780	170,0	175,33	173,69
7	53900	52120	0,062	0,570	167,0	180,67	178,23
8	54919	53915	0,078	0,390	205,0	183,33	175,18
9	55200	23760	0,049	0,290	178,0	186,33	171,14
10	57150	52130	0,064	0,780	167,0	193,33	
11	54150	51600	0,036	0,630	162,0		
12	62900	59340	0,026	0,650			

В этом случае текущее значение временного ряда принимается во внимание на основе сглаживающей константы (веса), которая позволяет определить зависимые и независимые факторы. Поэтому проведем экспоненциальное сглаживание временного ряда. Оцененное уравнение модели запишется:

$$\hat{Y} = a_0 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + a_3 \cdot X_3 + \varepsilon,$$

откуда

$$A = \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot (X^T \cdot Y). \quad (3.4)$$

Введем матрицу:

$$X = \begin{pmatrix} 39120 & 0,055 & 0,560 \\ 36300 & 0,065 & 0,450 \\ 40250 & 0,106 & 0,390 \\ 34550 & 0,089 & 0,480 \\ 49880 & 0,069 & 0,960 \\ 49950 & 0,048 & 0,780 \\ 52120 & 0,062 & 0,570 \\ 53915 & 0,078 & 0,390 \\ 23760 & 0,049 & 0,290 \\ 52130 & 0,064 & 0,780 \\ 51600 & 0,036 & 0,630 \\ 59340 & 0,026 & 0,650 \end{pmatrix};$$

$$X^T = \begin{pmatrix} 40200 & 38450 & 41150 & 36269 & 51350 & 52500 & 53900 & 54919 & 55200 & 57150 & 54150 & 62900 \\ 39120 & 36300 & 40250 & 34550 & 49880 & 49950 & 52120 & 53915 & 23760 & 52130 & 51600 & 59340 \\ 0,055 & 0,065 & 0,106 & 0,089 & 0,069 & 0,048 & 0,062 & 0,078 & 0,049 & 0,064 & 0,036 & 0,026 \end{pmatrix};$$

$$X^T \cdot X = \begin{pmatrix} 598138 & 542915 & 0,747 \\ 542915 & 138940 & 14550 \\ 0,747 & 14550 & 1741 \end{pmatrix};$$

$$X^T \cdot Y = \begin{pmatrix} 1470 \\ 215940 \\ 25150 \end{pmatrix}.$$

Запишем систему нормальных уравнений:

$$\begin{cases} 598138a_0 + 542915a_1 + 0,747a_2 \\ 542915a_0 + 138940a_1 + 14550a_2 \\ 0,747a_0 + 14550a_1 + 1741a_2 \end{cases}$$

Найдем матрицу

$$(X^T \cdot X)^{-1} = \begin{pmatrix} 1,5734 & 0,002 & 0,1127 \\ 0,002 & 0,00006 & 0,006 \\ 0,1127 & 0,0006 & 0,0127 \end{pmatrix}.$$

Тогда

$$A = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot (X^T \cdot Y) = \begin{pmatrix} 16,07 \\ 0,249 \\ -61,36 \end{pmatrix}.$$

Уравнение модели:

$$Y = -61,36x_3 + 0,25x_2 + 16,07x_1.$$

Таким образом, мы подтвердили, что фактор x_3 «Стоимость доставки 100 бар.» является отрицательно зависимым и имеет наибольший критический вес, а значимость фактора x_2 «Проблема качества» не превышает весовое значение 0,25. А x_1 «Количество перевалок на 1 бар.» имеет весовое значение 16,07 как со зависимый фактор с x_2 .

Это означает, что для Y на 16,07% увеличения экономии можно объяснить только снижением стоимости доставки топлива x_1 в и только на 0,25% дополнительными вложениями в перевалочные пункты x_2 . Фактор качества является для модели независимым [60].

В сложившихся транспортно-логистических условиях сложной схемы поставок авиатоплива в Арктические районы Якутии и всего Крайнего Севера там, где есть технологические возможности, является поиск альтернативных логистических решений сохранения качественных показателей завозимого авиатоплива [60].

3.2. Метод танк-контейнерной перевозки как альтернативное решение проблемы транспортировки авиатоплива в труднодоступные аэродромы арктических районов Якутии и Крайнего Севера

Сложившаяся за многие годы многоэтапная логистическая схема с длинными временными периодами на каждом этапе позволяет использовать завезенное в некоторые труднодоступные аэродромы Арктической зоны топливо только на второй год после закупки, что повышает риски для сохранения качественных показателей в конечном пункте доставки. Кроме того, это требует отвлечения

значительных средств на период более года – от момента закупки до непосредственного производства полетов на данном топливе [65] (рисунок 3.9).



Рисунок 3.9 – Действующая схема завоза авиатоплива в аэропорты Республики Саха (Якутия) с делением по регионам и времени начала его использования

Для поиска путей обеспечения качественных показателей авиационного топлива и снижения его конечной стоимости в удаленных аэропортах Арктической зоны с учетом изложенного предлагается рассмотреть альтернативный вариант совершенствования механизма логистики авиационного керосина для использования авиаперевозчиками.

3.3. Использование факторного анализа в логистической схеме доставки топлива в Арктическую зону Дальневосточного региона

Выше приведен пример решения конечной стоимости топлива методом корреляционно-регрессионного анализа. Анализ позволил сделать вывод, что наиболее влиятельным фактором является себестоимость транспортировки топлива. В качестве альтернативного решения по оптимизации логистики поставляемого в удаленные аэропорты Крайнего Севера и Арктической зоны авиационного топлива предложен технологически новый и логистически оптимальный метод транспортировки с помощью танк-контейнеров, позволяющий снизить число перевалок топлива с восьми-девяти до трех-четырех, что более чем вдвое снижает вероятность потери качества топлива. Наряду с поиском решений проблемы конечной стоимости показано, что кроме стареющей во многих аэропортах инфраструктуры топливозаправочных комплексов и средств доставки, наиболее критичным для сохранения качества топлива является его многоэтапная транспортировка от нефтеперерабатывающих заводов до аэропортов назначения с неизбежной многократной сменой видов транспорта [65, 127, 222].

Показаны технологические преимущества предлагаемого метода: мультимодальность, когда один танк контейнер может быть использован разными видами транспорта, эффективность, так как танк-контейнеры можно использовать многократно. Изготовленные из нержавеющей стали контейнеры могут быть оснащены системой пароподогрева и слоем теплоизоляции, обеспечивая надежность и качество при использовании в условиях низких температур [65, 222].

Танк-контейнер представляет собой упакованную в раму из металла цистерну, которая по размерам равна габаритам стандартного морского контейнера (рисунок 3.10). Танк-контейнеры – самый безопасный способ перевозки наливных грузов, отличающийся экологичностью и выгодный с точки зрения экономии

финансовых средств, так как при транспортировке груза таким образом значительно снижается его себестоимость [60, 222] (рисунок 3.11).



Рисунок 3.10 – Танк-контейнер



Рисунок 3.11 – Предлагаемая 3–4-ступенчатая транспортировочная схема для завоза топлива с помощью танк-контейнера

Если в процессе перевозки груза потребуется смена вида транспорта, то применение танк-контейнеров дает возможность не прибегать к многократным перегрузкам тары. Специальная система слива транспортируемого наливного продукта позволяет быстро освобождать цистерну и до минимума снизить потери при сохранении должных качественных характеристик топлива [65, 95, 222].

Таким образом, данный метод транспортировки позволяет сократить количество перевалок с максимальных девяти при существующей схеме завоза до трех-пяти и сокращения общих затрат на транспортировку (рисунок 3.12). При этом достигаются цели исследования по оптимизации логистической схемы транспортировки топлива, сокращения числа перекачек и тем самым – обеспечение качества доставляемого топлива с сохранением его характеристик, особенно удельной электрической проводимости [65, 95, 147, 222].

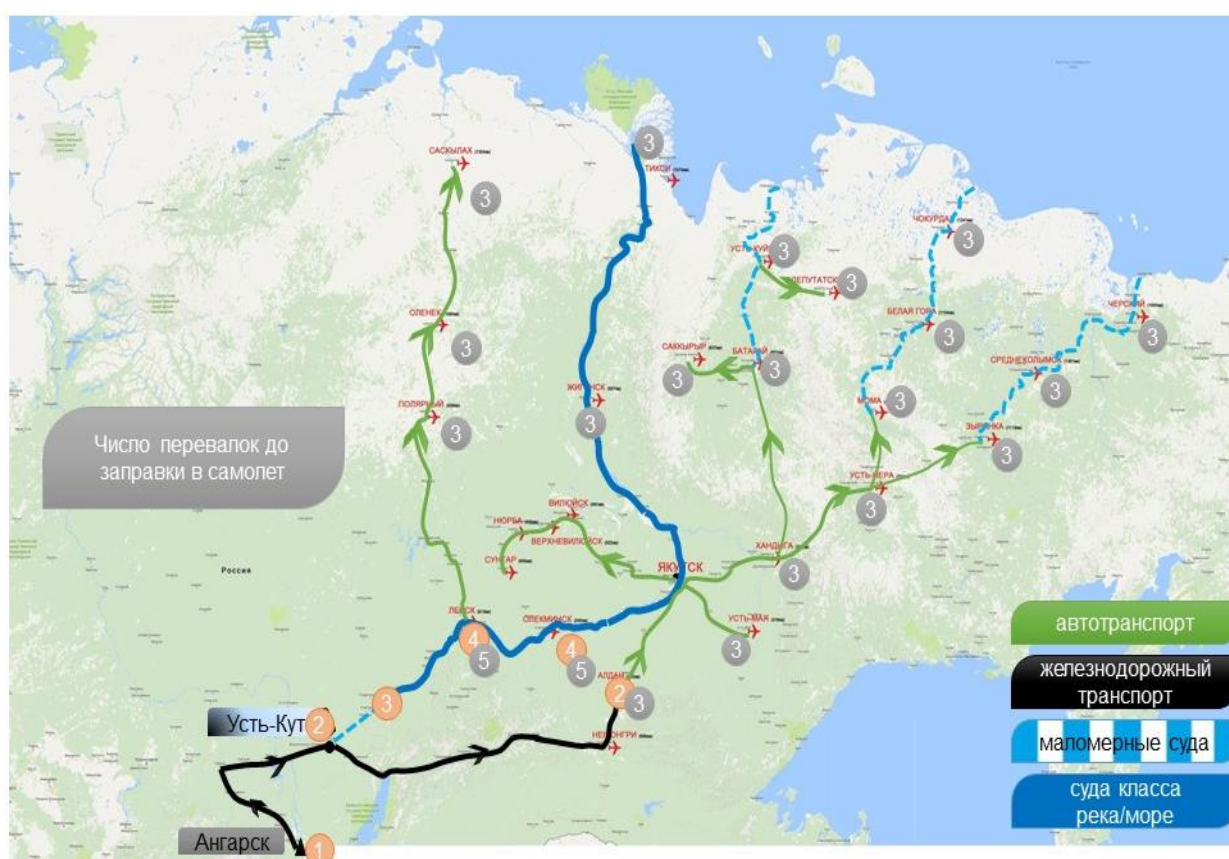


Рисунок 3.12 – Предлагаемая схема логистики для завоза топлива с применением танк-контейнера с минимальным количеством перевалок авиатоплива

Исследование предложенного метода транспортировки авиатоплива с помощью танк-контейнеров в удаленные аэропорты Арктической зоны и Крайнего Севера показало ряд объективных и ключевых преимуществ, среди которых можно выделить мультимодальность – емкости могут транспортироваться абсолютно любыми видами транспорта: морским или речным, железнодорожным или автомобильным [65, 147].

При всей технологической привлекательности данного метода очевидно, что инфраструктура контейнерных перевозок в России развита слабо, особенно для функционирования такого вида транспортировки на Крайнем Севере и в Арктике. Одна из основных причин – отсутствие инфраструктуры для погрузки, т. е. кранового хозяйства в местах перевалки (грузоподъемностью до 30 т), возможностей очистки, условий хранения контейнеров-цистерн и необходимости создания оборотного фонда. Но в любом случае дальнейшее освоение Арктики и повышение транспортной доступности Крайнего Севера в целом потребует многих инновационных решений, и исследование метода транспортировки с помощью танк-контейнеров может занять свое место в ряду других комплексных подходов.

3.4. Инфраструктурный фактор. Фактор аэропорта Крайнего Севера, Арктики и Дальневосточного региона

3.4.1. Общая характеристика состояния вопроса влияния фактора аэропорта в авиатранспортной системе Крайнего Севера и Арктики

Одним из важнейших инфраструктурных факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на качественное и масштабное развитие авиатранспортной системы Крайнего Севера, Сибири и Арктики является фактор аэропорта [108, 195].

Проанализировано влияние инфраструктурного фактора аэропорта в авиатранспортной сети Дальневосточного региона, выявлены критичные аспекты, препятствующие ее развитию. Выполнена оценка состояния инфраструктуры авиатранспортной сети и ее соответствие потребностям региона по четырем аспектам: состояние существующей сети аэропортов и их географическое

положение; существующая маршрутная сеть и частота выполнения рейсов авиакомпаниями, обслуживающими Дальневосточный регион; авиационная подвижность населения, пассажирские и грузопотоки воздушного транспорта в регионе Крайнего Севера; структура парка воздушных судов авиакомпаний, работающих в данном регионе, проблемы поддержания летной годности существующего парка воздушных судов (ВС) и острой необходимости их скорейшей замены в условиях западных санкций на ВС российской разработки. Оценка состояния существующей аэропортовой сети выполнялась на основании расчета количества действующих аэропортов на 1000 кв. км и 1000 жителей [196, 198]. Существующая сеть маршрутов оценивалась в соответствии с методикой оценки бинарных и взвешенных связей аэропортов. Авиационная подвижность населения, например, Арктической зоны рассчитывалась как отношение количества пассажиров, вылетающих из аэропортов, расположенных в Арктической зоне Российской Федерации к численности населения Арктической зоны Российской Федерации. Использовались первичные данные, предоставленные авиакомпаниями «Якутия», «Полярные Авиалинии», ФГУП «Аэропорты Севера», ФГУП «Аэропорты Чукотки», ФГУП «Аэропорты Красноярья» и вторичные статистические данные, предоставленные Росавиацией [195, 196, 198].

Как отмечалось ранее, воздушный транспорт играет существенную роль в связанности Дальневосточных регионов, так как во многом является единственным круглогодично доступным видом транспорта в Арктических районах, позволяющим преодолевать большие расстояния в короткие сроки, но предъявляет ряд серьезных требований к наземной инфраструктуре авиатранспортной сети.

Значительное сокращение аэропортовой сети в постсоветский период с почти 1450 до 228 в настоящий период, оказывает негативное влияние на дальнейшее развитие региональной авиатранспортной системы. Наибольшее сокращение количества аэропортов и посадочных площадок произошло в Красноярском крае, где оно уменьшилось с 226 до 23. Аэропортовая сеть Республики Саха (Якутия)

сократилась почти в 4 раза и насчитывает сейчас 32 аэропорта, на Чукотке всего 14 [108, 98, 153, 201].

Главными операторами аэродромов Республики Саха (Якутия) являются:

- АО «Аэропорт Якутск» – 1 аэродром.
- Мирнинское авиационное предприятие АК «АЛРОСА» (ПАО) – 1 аэродром;
- ОАО «Аэропорт Сургут», филиал «Аэропорт Талакан» – 1 аэродром;
- ФКП «Аэропорты Севера» – 32 аэродрома, включая аэропорт «Эльга»;

Аэропорты, входящие в состав ФКП «Аэропорты Севера» как филиалы, расположены на больших расстояниях друг от друга, часть из них – за Полярным кругом [201] (рисунок 3.13).

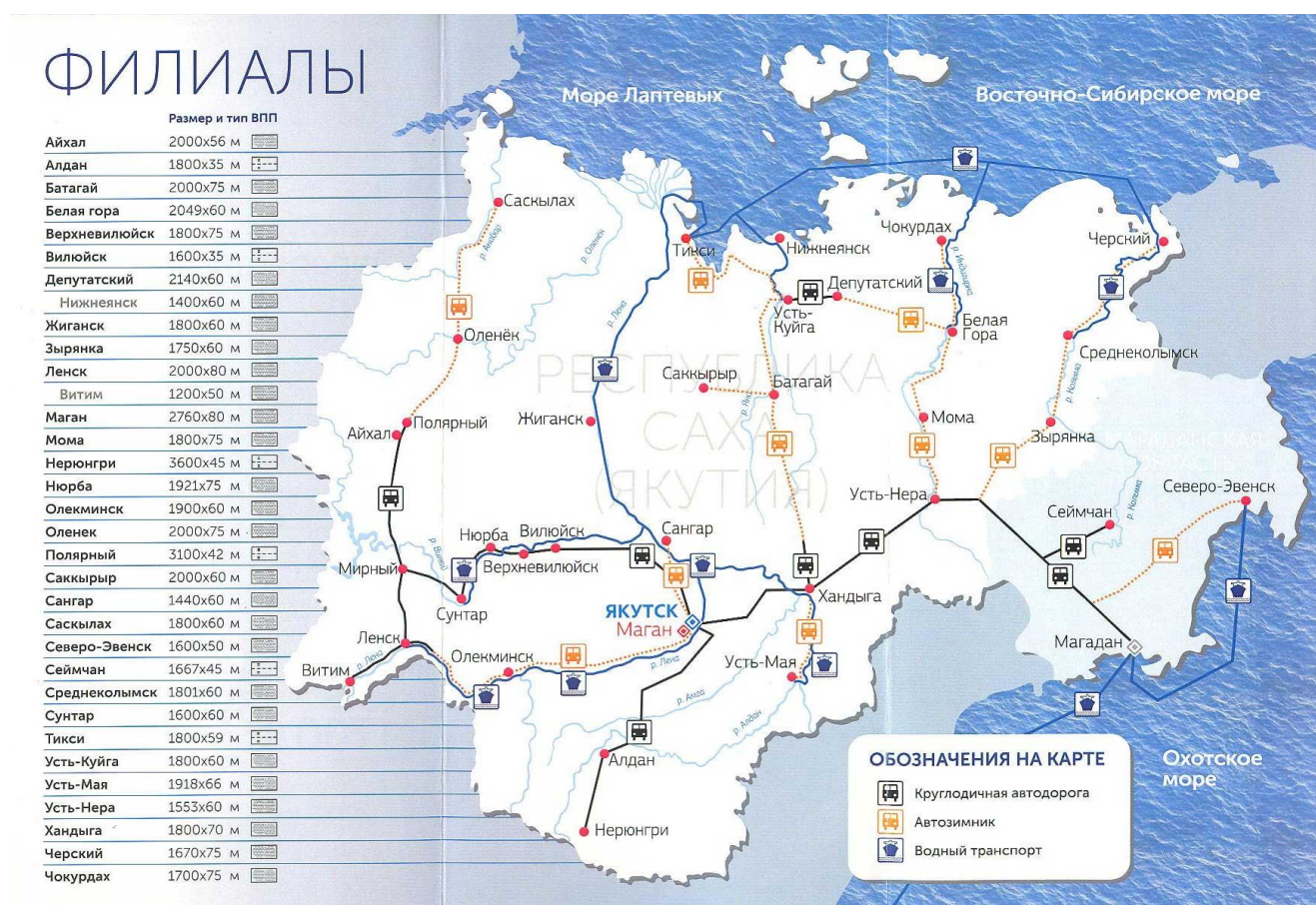


Рисунок 3.13 – Карта аэропортовой инфраструктуры Республики Саха (Якутия) и Магаданской области с характеристиками взлетно-посадочных полос

В Республике Саха (Якутия) 14 аэропортов обслуживают 130 населенных пункта. Плотность населения в регионе очень низка и ввиду сезонности автодорог авиация в регионе является безальтернативным видом транспорта в течение большей части года [60]. В то же время, часть полетов по внутриреспубликанским маршрутам с наибольшими пассажиропотоками из столицы Республики Якутска, например, во второй по величине город Нерюнгри, в город Мирный, поселки Тикси, Полярный, новый аэропорт Эльга и Чукотский Певек, выполняются на магистральных самолетах B737 и SSJ100, благодаря наличию ИВПП, удовлетворяющих эти типы ВС характеристик.

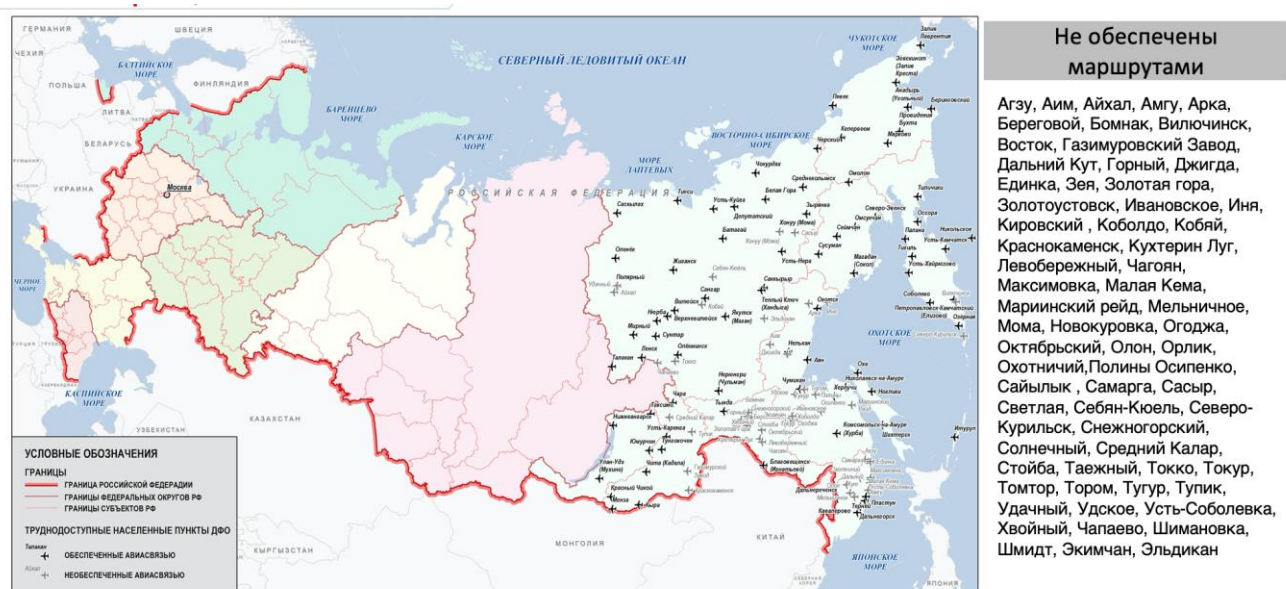
3.4.2. Внутренние ограничения в работе аэропортовой инфраструктуры Дальневосточного федерального округа

Условия функционирования авиационного транспорта, структура маршрутной сети Дальневосточного федерального округа (ДФО) существенно отличаются от европейской части страны, что объясняется большими расстояниями между населенными пунктами и, соответственно, существующей сетью аэродромов. В отличие от аэродромов, расположенных в европейской части страны, значительным ограничивающим фактором является меньший временной регламент работы [181]. В большинстве своем аэродромы работают пять дней в неделю и только в дневное время суток, что в сочетании со слабой или устаревшей оснащенностью радиотехническими системами посадки и навигации не способствуют построению сети маршрутов, которая должна обеспечивать экономически эффективную эксплуатацию флота местных авиакомпаний в круглосуточном режиме. Климатический фактор с экстремально низкими температурами Арктических районов Крайнего Севера и Якутии выдвигает особые конструктивные требования к обеспечению воздушными судами, прежде всего региональными, с характеристиками надежности и диапазоном эксплуатационных температур от +45 до –54° С, способными базироваться в безангарных условиях и обеспечивать региональные и межрайонные маршруты внутри субъектов Дальнего

Востока – вплоть до полетов между населенными пунктами в пределах одного района [59, 61, 67, 108]. Спецификой же дальневосточных авиаперевозок является невысокий спрос из-за низкой плотности населения, из чего формируются слабые пассажиропотоки между населенными пунктами по сравнению с советским периодом, когда имелось достаточное количество парка всей линейки региональных воздушных судов (ВС) в составе единого авиаперевозчика, что полностью удовлетворяло многократно больший спрос и обеспечивало экономику и жителей региона значительно большим уровнем транспортной доступности и авиационной подвижности [58, 68].

3.4.3. Общая характеристика маршрутной сети и состав флота ДФО

Объем перевозок пассажиров в ДФО в 2019 году составил 9,36 млн человек, из них внутри ДФО перевезено – 2,02 млн чел., в 2020 году – 5,83 млн чел., из них внутри ДФО – 1,39 млн чел.



Всего 146 труднодоступных населенных пункта на территории ДФО, из них 83 (56,8%) обеспечены регулярной авиасвязью и 63 (43,25%) не обеспечены регулярной авиасвязью

Рисунок 3.14 – Общая аэродромная сеть Дальневосточного федерального округа и состояние охвата регулярным авиатранспортным сообщением труднодоступных населенных пунктов

В 2021 году маршрутная сеть ДФО насчитывала 693 маршрута, из которых 537 располагаются внутри ДФО и 156 маршрутов связывают Дальневосточный федеральный округ с 22 субъектами Российской Федерации центральной и европейской частей страны. На рисунке 3.14 представлена общая аэродромная сеть Дальневосточного федерального округа, где показаны 146 труднодоступных населенных пунктов, из которых только 83 (58,6%) обеспечены регулярным авиатранспортным сообщением. При этом 63 или 43,25% не обеспечены регулярным авиасообщением. Одной из задач, обозначенных в проекте по созданию единой дальневосточной авиакомпания, являются изменения этого соотношения в значительно лучшую сторону [108, 153].

Основными эксплуатантами воздушных судов в республике Саха (Якутия) пассажироместимостью до 19 кресел являются: АО Авиакомпания «Полярные авиалинии» (21 ВС), АО «Авиакомпания АЛРОСА» (7 ВС), ООО ПКАП «Дельта-К» (3 ВС). В целом в парке указанных авиакомпаний из состава перечисленных ВС к началу 2018 года используются: Ан-2 – 18 ед., Ан-3 – 6 ед., Л-410 – 4 ед., DA-40 – 2 ед., PC-6 – 1 ед., т.е. более половины рассматриваемого парка сформировано самолетами АН-2, эксплуатируемыми 40 и более лет [196, 198, 201, 202].

Среднемесячный налет на 1 среднесписочное ВС по самолетам Ан-2 и Ан-3 не превышает 10–12 час/мес., DA-40 и PC-6 – 15–23 час/мес., Л-410 – 60 час/мес.

Таким образом, самолеты пассажироместимости до 10–12 кресел используются недостаточно эффективно, среднемесячный налет составляет не более 12–23 час/мес. Исходя из этого, авиаперевозки рассматриваемых авиакомпаний, как правило, убыточны или низкорентабельные и требуют субсидирования с учетом социальной значимости конкретных направлений перевозок [183, 186].

Структура самолетовылетов через аэродромы ФКП «Аэропорты Севера» на ВС размерности до 19 кресел (по типам ВС) имеет. Наибольшее количество самолетовылетов на ВС размерности до 19 кресел через аэропорты ФКП «Аэропорты Севера» приходится на авиакомпанию «Полярные авиалинии»

(=70%). Количество самолетовылетов на самолетах составляет – 91,6%, на вертолетах – 8,4%. Наибольший удельный вес по самолетовылетам приходится на Л-410 – 35,8%, из вертолетов наибольший удельный вес приходится на Eurocopter BO-105 – 5,1%. Дифференциация самолетовылетов среди самолетов размерностью до 19 кресел имеет вид: Л-410 – 35,8%, Ан-2 – 34,1%, Ан-3 – 9%, DA-40 – 7,3%, Pilatus-6 – 4,5%, МХ-7 – 0,9%. Дифференциация самолетовылетов среди вертолетов по типам ВС имеет вид: BO-105 – 5,1%, AS-355 – 0,9%, AS-350 – 0,8%, БК-117 – 0,6%, R-66 – 0,4%, Ми-2 – 0,3%, ЕС-130 – 0,2%, ЕС-135 – 0,1% [210, 211, 212, 226].

Авиакомпаниями «Якутия» и «Полярные авиалинии» обслуживается маршрутная сеть воздушных перевозок, которая сформирована из 70 магистральных направлений, в том числе 24 маршрута по Дальнему Востоку, более 30 международных маршрутов и 192 маршрута по местным направлениям для приоритетного обеспечения доступности удаленных населенных пунктов. Обе авиакомпании способны и выполняют полеты не только на внутренних маршрутах, но и на магистральных в соседние субъекты ДФО, Чукотка, Камчатка и др [196, 198, 201].

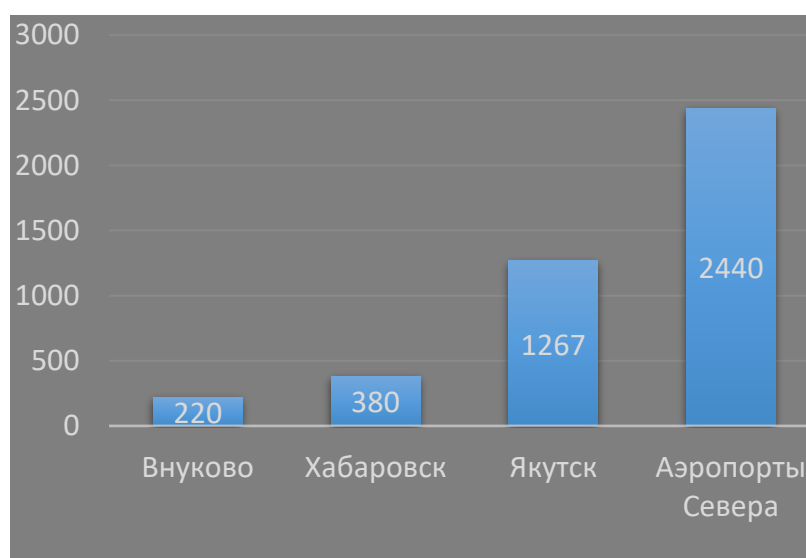


Рисунок 3.15 – Сравнение тарифов за взлет-посадку
в аэропортах Дальнего Востока и Москвы

Основными сдерживающими факторами увеличения количества выполняемых рейсов и, соответственно, увеличения пассажиропотока в аспекте сети аэродромов являются стоимость услуг аэропортов по обеспечению взлета и посадки, авиационной безопасности, стоимости авиатоплива, а также проблема с квалифицированными специалистами и обслуживающего персонала в целом. Так, тариф за взлет-посадку в государственном объединении Аэропортов Севера достиг 2440 руб. за тонну, а в случае продления регламента работы увеличивается еще на 40%. При этом тариф за взлет-посадку в Хабаровске, например, составляет 380 руб., а во Внуково всего 220 руб. за тонну [153] (рисунок 3.15).

Для примера: в общей доле затрат Авиакомпаний «Якутия» аэропортовые расходы выливаются в почти миллиард рублей в год. Затраты на обслуживание в ФКП «Аэропорты Севера» за 2018 год составили 852,1 млн руб., из них на продление регламента – 109,0 млн руб. или 13% от затрат, за 9 месяцев 2019 года – 785,3 млн руб., из них на продление регламента – 89,2 млн руб. или 11% от общих затрат.

Данный перечень проблем аэропортового комплекса Арктики требует государственного участия, так как высокие тарифы на услуги, топливо и ограничения в регламенте работы аэропортов Арктической зоны негативным образом отражаются на стоимости авиаперелетов для населения, которые становятся редкими и ограничивают свободу передвижения [252, 283].

Например, до 75% местных авиаперевозок в Австралии выполняется с применением государственной поддержки – субсидирования в размере 45% от величины коммерчески обоснованного тарифа [287]. Аналогичные оценки справедливы и для сети социально значимых авиалиний на Аляске, климатические условия которой аналогичны условиям северных территорий РФ. Решением проблемы увеличения мобильности населения через увеличение количества выполнения рейсов в малонаселенные северные и арктические поселки могла бы стать программа покрытия аэропортовых расходов аналогично действующей на Аляске программе финансирования из бюджета штата. В США размер субсидий

федерального правительства составляет более 140 млн долларов в год [250, 284, 295].

3.4.4. Резервы и методы оптимизации работы аэропортовой сети

Средний налет Авиакомпаний «Якутия» турбовинтовых региональных Ан-24 и Bombardier Dash8 Q300 на 1 ВС в сутки составляет 4,2 ч. Одной из причин низкого налета на воздушное судно является ограничение, накладываемое регламентами работы аэропортов и предприятий ОрВД, метеообеспечения на территории Республики Саха (Якутия). Продолжительность работы аэропортов составляет от 8 до 12 часов в день, большинство аэропортов работает 8 часов в сутки, с двумя выходными в неделю. При этом некоторые аэропорты принимают 1 рейс в день или 2–3 регулярных рейса в неделю [303].

Продолжительность одного вылета ВС на рейсах местного значения составляет в среднем 2,14 ч., в направлении «туда-обратно» с учетом времени обслуживания в промежуточных аэропортах – в среднем 6,1 ч. [201].

Таким образом, в сутки с учетом регламентов работы аэропортов возможно выполнение только 1 «дальнего» (более 1200 км) и 1 «короткого» (до 600 км) рейсов. Остальное время ВС находится в аэропорту базирования (для Авиакомпаний Якутия – аэропорт «Якутск»). Между тем аэропортовая сеть республики включает 32 аэропорта – АО «Аэропорт Якутск», ФКП «Аэропорты Севера» в составе 29 филиалов, аэропорт Мирный АК «Алроса» (ПАО), филиал «Аэропорт Талакан», АО «Аэропорт Сургут», плюс сданный в ноябре 2023 года аэропорт «Эльга», построенный угледобывающей компанией «Колмар» [62, 64, 67].

Регламент работы аэропортов на территории республики сказывается и на загрузенности аэропорта «Якутск» и других предприятий, обслуживающих рейсы из него. На данный момент большинство вылетов из данного аэропорта планируются в промежутке 7–11 часов утра, прилет 16–20 часов, что требует одномоментного обслуживания нескольких рейсов. Кроме того, регламент аэропорта «Якутск» ограничен в воскресенье работой только до 12.00 [196, 201] (рисунок 3.16).

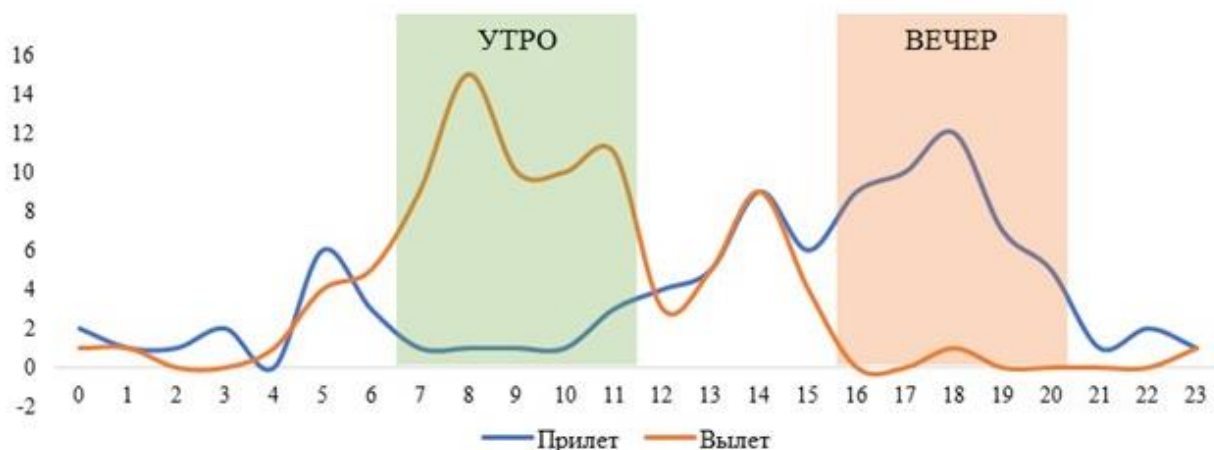


Рисунок 3.16 – Суточная загруженность аэропорта «Якутск» по регулярным рейсам и количество вылетов и прилетов

Ограниченные регламенты работы аэропортов Республики Саха (Якутия) метеослужб и органов ОрВД не позволяют повысить интенсивность эксплуатации воздушных судов. Увеличение налета ВС и количества выполняемых рейсов в сутки позволит снизить постоянные расходы на лизинг, ПЛГ, фонд оплаты труда и другие расходы и тем самым значительно повысить эффективность авиатранспортной системы Республики Саха (Якутия) и во многом всего Дальневосточного региона [62].

В октябре 2023 года завершилась реконструкция ВПП аэропорта «Якутск», подготовка которой и выполнение длилось несколько лет. Реконструкция проведена в рамках национального проекта «Модернизация транспортной инфраструктуры» и федерального проекта «Развитие региональных аэропортов». Ранее в октябре 2021 года завершилась реконструкция второго по значимости в регионе аэропорта Нерюнгри, длина ВПП которого, как и в Якутске, составляет 3600 метров и позволяет принимать все типы существующих в мире ВС.

Продолжается реконструкция расположенных на Арктическом побережье Якутии и Чукотки аэропортов Тикси и Певек имеющих стратегически важное значение для обеспечения транспортной доступности Арктической зоны, но и обеспечения надежного функционирования Северного Морского Пути (СМП). В ноябре 2023 года вместо грунтовой взлетно-посадочной полосы в аэропорту

Черского построена новая паводкозащищенная ИВПП с искусственным покрытием длиной 1630 метров и шириной 36,17 метра с установкой современного метеорологического и светосигнального оборудования [58, 337].

Несмотря на достаточно высокие характеристики новых ВПП, показатели регламента работы основных транспортных узлов авиатранспортной системы ДФО аэропортов Якутск и Нерюнгри остаются недостаточными, и, соответственно, эффективность всей авиатранспортной системы региона не оптимальна и имеет неиспользованные резервы. В основном это касается регламента работы и неравномерного распределения загрузки аэропортов, что сказывается на эффективности работы аэропортовых служб и их пропускной способности в пиковые часы. По мнению тех немногочисленных авиакомпаний, обеспечивающих важнейшую функцию государства по поддержанию авиатранспортной доступности огромного региона нашей страны и еще выполняющих полеты на Крайнем Севере, Арктике и всем Дальнем Востоке, субсидирование или полная отмена взимания аэропортовых сборов за взлет-посадку является стратегически правильным решением. Увеличение суточного и недельных регламентов работы аэропортов ФКП «Аэропорты Севера», а также изменения практики взимания платы за работу аэропортов вне регламента [64, 66].

3.5. Фактор аэропорта в авиатранспортной системе Дальнего Востока

3.5.1. Определение основных подходов к построению авиатранспортной сети ДФО

В процессе анализа состояния авиатранспортной сети Дальневосточного федерального округа с учетом ее фактического состояния необходимо выполнение следующих мероприятий:

- определить реестр социально-значимых маршрутов;
- на основании оценки состояния инфраструктуры выполнить «Наложение» ЛТХ ВС (летно-технических характеристик) на характеристики существующих ВПП;

- определить оптимальное количество ВС по типам;
- выполнить формирование перспективной программы полетов;
- определить узловые аэропорты с учетом стыковок, промежуточных аэропортов дозаправки и частоты полетов с учетом сезонности;
- определить параметры пассажиропотока, выполнить прогнозирование пассажиропотока в соответствии с программой полетов;
- выполнить совместное с субъектом ДФО определение тарифов на авиаперевозку на каждом участке;
- на основании программы полетов выполнить расчет расходов по выполнению полетов;
- выполнить расчет потребной субсидии и создание финансовой модели;
- определить аэропорты базирования, организаций по ТОиР со специализацией по типам ВС и сети линей линейных станций;
- определить минимум два аэропорта базирования основных типов в ВС с учетом наличия ангарных мощностей и компетенций организаций по ТОиР по выполнению периодического ТО ВС;
- определить основные учебные центры с компетенцией подготовки и переподготовки летно-технического персонала, бортпроводников с учетом наличия и установки тренажерных комплексов [62, 338].

3.5.2. Определение и анализ релевантных факторов в деятельности аэропортов на основании принципа декомпозиции операционных моделей

Выполнение задачи определения и анализа релевантных факторов в деятельности аэропортов на основании принципа декомпозиции операционных моделей позволяет определить значение каждого фактора в цепочке: «аэропорт — самолет — топливо» [167, 338] (рисунок 3.17).

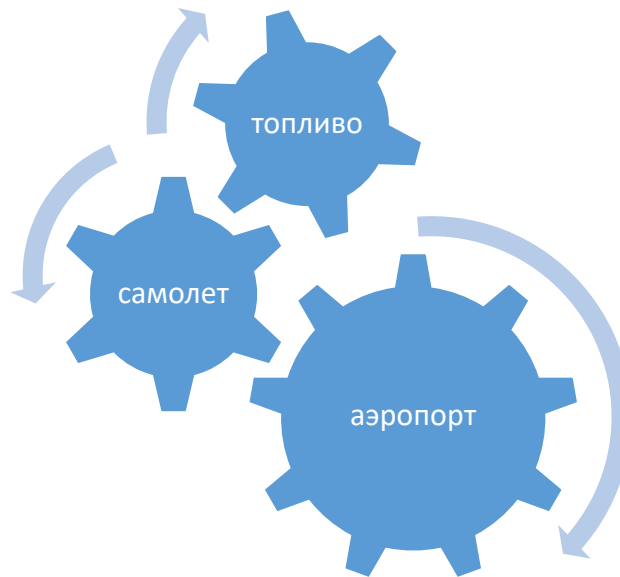


Рисунок 3.17 – Взаимозависимый процесс функционирования трех основных составляющих операционной модели авиатранспортной системы:

«аэропорт — самолет — топливо»

Обсуждение общей модельной задачи функционирования всей авиатранспортной системы страны в сопоставлении со спецификой аэропортов Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока позволяет понять ее состояние, ресурсные и технологические ограничения. Полученные результаты предполагается возможным рассматривать в качестве исходной модели для дальнейшего исследования в последующих главах, включающих в себя три приоритетных направления деятельности подсистем авиатранспортной системы (АТС), делая акцент на релевантные факторы, такие как фактор построения оптимальной маршрутной сети, фактор развития аэропортовой сети и топливообеспечения, а также фактор обновления флота за счет современных отечественных ВС [160, 161, 165, 338].

В современных условиях функционирования гражданской авиации Российской Федерации крайне важным является вопрос оптимизации бизнес-процессов на основании принципа декомпозиции операционных моделей отечественной авиатранспортной системы, что особенно актуально в соответствии с вызовами настоящего времени [167]. Одной из важнейших составляющих

авиатранспортной системы является аэропортовая сеть страны, в том числе регионов Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока, где благодаря климатическому фактору и фактору удаленности сложились особые условия функционирования аэродромов, стоимости поддержания авиационной инфраструктуры и эксплуатации авиационной техники [68, 175, 178].

Одним из обязательных условий развития экономики регионов Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока в условиях ожидаемого обновления авиапарка за счет поступления современной отечественной авиатехники является эффективное использование и развитие авиатранспортной системы. Задачи создания единой дальневосточной авиакомпании направлены прежде всего на увеличение авиатранспортной доступности населения и развитие разветвленной авиатранспортной сети за счет значительной доли малоиспользуемых ранее маршрутов и стимулирования новых транспортных потоков [178]. Результаты решения этой задачи можно рассматривать в качестве исходной модели для приоритетных направлений в качестве интерфейсных входов в программу текущего планирования деятельности подсистем авиатранспортной системы – АТС:

- фактора построения оптимальной маршрутной сети;
- фактора развития аэропортовой сети и топливообеспечения;
- фактора обновления флота за счет современных отечественных ВС.

Общая задача состоит в определении и анализе релевантных факторов в деятельности аэропортовой сети в целом на основании принципа декомпозиции операционных моделей, позволяющего определить значение каждого фактора в цепочке: «аэропорт — самолет — топливо» [64, 68, 338].

3.5.3. Факторный анализ аэропорта

Представленные выше подходы к формированию принципов декомпозиции операционных моделей, взаимосвязи подсистем и процессов, формирующих авиатранспортную систему (АТС), позволяют в дальнейшем исследовании сформировать бизнес модель «аэропорт — самолет — топливо» на основе

математического моделирования, что, в свою очередь, позволяет выполнить описательный анализ ряда релевантных факторов [68].

Фактор технологических возможностей аэропорта определяется по значениям параметров пропускной способности аэропорта. Совокупность последних определяет класс аэропорта и характеризует его сетевую востребованность, формирует возможное множество типов ВС, которые могут обслуживаться в данном аэропорту [167].

Принято различать два вида пропускной способности аэропорта: по интенсивности пассажиропотока и интенсивности взлет-посадок ВС. Величиной пассажиропотока в аэропорту частично можно управлять, варьируя структуру сети $Z(t)$. Но если последняя фиксирована, а плотность пассажиропотока превышает пропускную способность аэропорта, то возникает необходимость его реконструкции с целью расширения его возможностей по типам ВС и пассажиропотоку [52, 68, 167, 338].

Географическое расположение аэропорта, характеристики взлетно-посадочных полос, степень оснащенности средствами навигации и посадки, метеоминимумы ИКАО, регламент работы, высота над уровнем моря, «роза ветров», диапазоны превалирующих температур воздуха по временам года и месяцам напрямую влияют на эффективность выполнения рейсов, регулярность, коммерческую загрузку и порейсовые расходы горючего, а также могут быть ограничивающими факторами с точки зрения эксплуатационных ограничений конкретного типа ВС. Оценка возможностей аэропорта, скажем, по характеристикам авиатранспортной доступности формирует перечень типов ВС, которые можно эксплуатировать на определенном маршруте [52, 68, 338].

Выбор и формирование оптимального парка воздушных судов под конкретные маршруты является наиболее сложной задачей для руководства авиаперевозчика, так как должна удовлетворять сразу нескольким заданным критериям отбора: операционной, экономической и коммерческой. Возможности максимальной загрузки на маршруте, расход топлива, взлетно-посадочные характеристики и наличие доступных запасных аэродромов по маршруту при полетах на

дальневосточные направления являются ключевыми факторами в стратегии формирования парка ВС [58, 157, 243, 338].

Пропускная способность аэропортов может оказывать влияние на оптимальный выбор размерности (по коммерческой загрузке) ВС, которые контрактуются авиакомпаниями в состав своего парка. С увеличением числа перегруженных аэропортов очевиден рост потребности в составе парка авиакомпаний ВС большой пассажироместимости, что не всегда является коммерчески эффективным, так как на это влияет фактор сезонности [62, 338].

Следующий релевантный фактор – структура сети авиамаршрутов. От нее зависит плотность пассажиропотока, а следовательно – экономика авиаперевозок, так как с увеличением плотности потока уменьшаются удельные затраты на маршруте. Данный фактор во многом относится к прерогативе той или иной авиакомпании, самостоятельно формирующей маршрутную сеть, но делающей это с учетом вышеописанных факторов аэропорта. Очевидно, меняя конфигурацию сети маршрутов $Z(t)$, следовательно, и протяженность отдельных участков маршрута, можно влиять на эффективность функционирования авиакомпании через парк ВС $\Pi(t)$ [158, 167, 186, 338].

Фактор авиамаршрута, который можно описать с помощью следующих параметров:

- спрос на конкретном направлении;
- объем и структура предложения;
- существующий объем перевозок;
- протяженность;
- расчетная емкость рынка;
- минимальная (рекомендуемая) частота рейсов;
- параметры аэропортов, через которые пролегает маршрут (географическое расположение, приемлемость ВС, пропускная способность по ВС и пассажирам и т. п.).

Проанализировав параметры и взаимосвязи маршрутной сети с точки зрения их влияния на подбор необходимых ВС с определенными характеристиками, а в

конечном счете на АТС в целом, мы выходим на общеизвестную зависимость пассажирского спроса от частоты рейсов, указывая на важность соблюдения требований по минимальной частоте рейсов, так как иначе нарушается корректность постановки задачи в целом. [68, 78, 338].

Таким образом, выявив релевантные факторы и на основании принципа декомпозиции операционных моделей большой размерности, исходное задание на формирование математической модели можно поделить на ряд взаимосвязанных задач более простой структуры и, соответственно, меньшей размерности:

- прогнозирование спроса на авиационные перевозки;
- моделирование взаимного функционирования аэропортов и авиаперевозчиков;
- формирование оптимальной сети авиамаршрутов;
- взаимосвязи развития АТС и авиастроительной отрасли в части запроса на создание оптимального ряда парка современных отечественных ВС разной размерности и эксплуатационных характеристик [78, 117, 338].

3.5.4. Методы моделирования на основании принципа декомпозиции операционных моделей

Исходными условиями для моделирования на основании принципа декомпозиции операционных моделей служат общедоступные данные о состоянии аэропортовой сети, пропускная способность, оснащение и технологические возможности каждого аэропорта, существующая и перспективная сеть авиамаршрутов, структура и количество воздушных судов в парке авиакомпаний, использующих тот или иной аэропорт [181].

Итак, пусть задан планируемый период T . В каждом из-под периодов известен объем пассажиропотока на каждом из рассмотренных маршрутов. В начале планового периода t_1 есть определенный парк ВС $\Pi(t_1)$, который в каждом из под-периодов $t \in [1, T]$ может пополняться доступными на рынке ВС определенных типов. Известно также исходное состояние аэропортов $X(t_1)$, то есть класс каждого

аэропорта. Необходимо определить динамику изменения структуры сети авиамаршрутов $A(t_1)$, состояния аэропортов $X(t)$ и состава парка ВС $\Pi(t_1)$, чтобы удовлетворить спрос населения и отраслей экономики на авиационные перевозки с максимальной эффективностью [167]:

$$F(\Pi(t), X(t), A(t)), \quad (3.5)$$

где $\Pi(t), X(t), A(t)$ – вектор-функции развития трех соответствующих подсистем АТС: аэропорт – самолет – авиакомпания (авиамаршрут).

На основании принципов декомпозиции операционных моделей во времени и функциональном пространстве эта сложная задача разбивается на ряд взаимосвязанных задач более простой структуры и меньшей размерности. Иными словами, есть мета-авиационные перевозки, которые необходимо выполнить, и известные средства достижения этой цели – подсистемы и процессы АТС, которые должны быть такими, чтобы цель была достигнута наиболее эффективным образом с учетом ряда релевантных факторов [187]. Тем не менее, ограниченные возможности анализа, основанного на применении соответствующих математических методов, не позволяют этого сделать. В подобных случаях в теории многоуровневых иерархических систем и исследовании операций рекомендуется выбирать переменный масштаб времени в зависимости от временной декомпозиции исходной модели [117, 167, 338].

3.6. Фактор воздушного судна в авиатранспортной системе Дальнего Востока

В авиатранспортной системе Дальнего Востока самолет, авиационная техника и их летно-технические характеристики играют ключевую роль. Особенно остро отсутствие современных разработок авиационной техники «под Арктику» сказывается на темпах развития авиатранспортной системы Крайнего Севера и самой Арктики и на развитии Северного Морского Пути (СМП) [67, 79, 338].

Другой и не менее важной задачей является обеспечение эксплуатации и постоянного базирования современных воздушных судов с поддержанием летной годности при отсутствии ангарных мощностей в подавляющем большинстве

аэропортов в самых тяжелых условиях Крайнего Севера, Заполярья и Сибири. Решение этих задач требует разработки воздушных судов, обладающих высоким уровнем надежности и эксплуатационной технологичности, адаптированных к эксплуатации в условиях низких и экстремально низких температур. В то же время за последние 30 лет произошло почти полное вытеснение самолетов отечественного производства западной авиатехникой. К сожалению, за этот период отечественной авиационной промышленностью не создано и не запущено в серийное производство ни одного нового воздушного судна регионального типа для работы в Арктических условиях. Оставшееся с советских времен незначительное количество парка ВС для регионального сегмента типа Ан-24, Ан-26 интенсивно стареет и подошел к своим предельным срокам эксплуатации, в то время как небольшой парк региональных ВС иностранных типов, ATR-42, ATR-72, Bombardier Q200, Q300 и Q400 полностью лишился поддержки со стороны разработчика, обновлений летно-технической документации и технологического сопровождения эксплуатации [64].

Программа создания современных отечественных региональных ВС предусматривает несколько типов, таких как Ил-114–300, ТВРС-44 Ладога и ЛМС 901 Байкал. Научно-обоснованным подходом является использование модели оптимизации модельного ряда ВС для эксплуатации в условиях Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока на основе научно-методической концепции и системного подхода к внешнему проектированию ВС с разделением задачи на две взаимосвязанные модели: операционную и параметрическую [58, 62, 64, 68, 338].

3.6.1. Оценка перспектив эксплуатации ВС RRJ-95B/LR и ИЛ-114–300 на ограниченной аэродромной сети Якутии и Дальнего Востока с учетом технического уровня ВС

Аэродромная сеть Дальнего Востока достаточно разрежена и выбор запасных аэродромов, регламент их работы, оснащение средствами посадки и часто ухудшающаяся метеорологическая обстановка накладывают серьезные ограничения на планирование и выполнение регулярного расписания.

Особенностью аэродромной сети является большая удаленность между подходящими для данного типа ВС аэродромами и, соответственно, предельной расчетной дальностью полета до аэродромов, удовлетворяющих требованиям в качестве запасных. Отсюда вытекает необходимость выполнения экспертной оценки технического уровня и влияния конструктивных особенностей тех систем воздушного судна, которые являются ограничивающим фактором в части обеспечения организации безопасного выполнения полетов в условиях существующей аэродромной сети Дальнего Востока и Крайнего Севера [68, 78].

3.6.2. Исследование влияния взлетно-посадочных характеристик ВС RRJ-95B/LR на перспективы расширения его эксплуатации в авиатранспортной системе Дальневосточного региона

Благодаря своим уникальным характеристикам, прежде всего скорости и комфорту, среднемагистральный RRJ-95 (Superjet SSJ100) RRJ-95 уверенно занял достойное место в Дальневосточном регионе на ближних и среднемагистральных маршрутах в нише между 50–75 местными турбовинтовыми Bombardier Q300/Q400, турбореактивными Embraer E-175, среднемагистральными Boeing 737–700/800 и Airbus A319A/320/A321 из флотов, оперирующих в регионе авиакомпаний Якутия, Аврора, S7 и Уральские авиалинии. RRJ-95 хорошо зарекомендовал себя как на международных рейсах в Японию, Ю. Корею, Китай, так и при полетах в аэропорты Крайнего Севера, Тикси, Певек, Полярный, Анадырь, где важнейшим преимуществом данного типа является расширенный до минус -54°C диапазон эксплуатационных температур. В отличие от зарубежных ВС семейств Airbus A320 и Boeing 737 NG это преимущество обеспечивает RRJ-95, его базирование и непрерывную эксплуатацию в Якутске, в самом холодном многонаселенном городе мира [59, 337].

Общая дальневосточная маршрутная сеть RRJ-95 авиакомпании Якутия, включая города соседних регионов, насчитывает около 20 аэропортов, где имеются ВПП, оснащенные необходимыми средствами посадки соответствующих

характеристик: длины, ширины, твердости и качества покрытия [62, 337] (рисунок 3.18).



Рисунок 3.18 – Дальневосточная маршрутная сеть ВС RRJ-95 авиакомпании «Якутия»

Дальнейшее расширение географии полетов ВС RRJ-95 в рамках единой дальневосточной авиакомпании потребует увеличение перечня аэродромов с длинами ВПП в 2000 и менее метров, необходимость сертификации для данного типа ВС таких аэродромов, например, как: Олекминск (1900×60 м), Тында (1923×40 м), Николаевск-на-Амуре (1860×34 м), Зея (1640×40 м) и сданном в эксплуатацию в ноябре 2023 года аэропорту Эльга и др. Выполнение регулярных рейсов или использование в качестве запасных данных аэродромов подлежит глубокой проработке с точки зрения детальных аэронавигационных расчетов и

анализу степени влияния нескольких конструктивно-эксплуатационных факторов данного типа ВС. Основными из которых являются особенности конструкции самого воздушного судна, конфигурации его систем, расчетных взлетно-посадочных характеристик, а также сертификационного базиса, где наиболее критичным является отсутствие одобрения полетов по правилам ETOPS, что создает серьезные ограничения по выбору оптимальных маршрутов [68, 153, 337].

Перспектива дальнейшего развития авиатранспортной системы и возможностей по улучшению показателей авиационной подвижности населения и транспортной доступности Дальнего Востока во многом зависит от возможности увеличения числа допущенных аэродромов к полетам RRJ-95 с длинами полос в 2000 метров и менее.

Особое внимание необходимо уделить вопросу ожидаемых взлетно-посадочных характеристик вновь создаваемой модификации RRJ-95 – Суперджет SJ100 NEW с полностью отечественным двигателем ПД-8, а значит, и реверсом тяги, колесами и тормозными устройствами российского производства, эффективность которых еще потребуется изучить на основе первого опыта эксплуатации. Исследование подчеркивает некоторые критические аспекты обеспечения безопасной эксплуатации RRJ-95 на маршрутной сети Дальнего Востока и Крайнего Севера, характеризующейся большими расстояниями между основными аэропортами и меньшим количеством запасных аэродромов, их взаимной удаленностью, ограничениями в техническом оснащении автоматизированными средствами посадки и навигации, метеорологическими минимумами, принимая также во внимание отсутствие допуска данного типа ВС к полетам по ETOPS [68, 337].

По результатам выполненного исследования эксплуатантам при планировании расширения географии полетов данного типа ВС следует учитывать ряд важных ограничивающих конструктивно-технологических факторов, а разработчикам – необходимость усовершенствования взлетно-посадочных характеристик при

разработке новой модификации RRJ-95 как проекта Суперджет SJ100 NEW [106, 107].

Кроме этого, необходимо обратить внимание на вынужденный из-за введенных незаконных санкций отказ поставки импортных комплектующих и неизбежную в таком случае замену колес и тормозных устройств зарубежного производства (Michelin и Goodrich, соответственно) на российские аналоги, что также неизбежно повлечет за собой изменение удельных параметров, в лучшую или худшую сторону покажет первый опыт эксплуатации новой версии SSJ100 с новыми тормозными устройствами.

Важнейшим изменением в конструкции SJ100 NEW является смена двигателей SaM146 на новейшую отечественную разработку – двигатели ПД-8, что, соответственно, подразумевает использование других реверсивных устройств, конструктивно являющихся частью новых силовых установок. В совокупности с тормозными устройствами и колесами отечественного производства, а также системами аэродинамического торможения, такими как предкрылки, закрылки, спойлеры, остающихся неизменными от прежней версии и конструкции ВС, будут определять взлетно-посадочные характеристики и технический уровень ВС в целом [107, 337].

Ожидаемое изменение конструкции неизменно повлечет за собой изменение технического уровня, где изменение усовершенствованной версии ВС по отношению к базовой во многом связано только с теми изменениями летно-технических характеристик, которые получены за счет изменения вышеуказанных удельных параметров [106, 337]. Исходя из этого, именно за счет улучшения удельных параметров мы ожидаем рост технического совершенства, где в результате получаемая общая характеристика эффективности совокупных тормозных ресурсов будет определять способность выполнения полетов на ВПП менее 2000 без ограничений, что в значительной мере позволило бы обеспечить более высокий уровень безопасности полетов, расширить географию полетов и внести существенный вклад в развитие авиатранспортной системы и в увеличение транспортной доступности Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока [107, 337].

3.6.3. Сравнительный анализ летно-технических характеристик ВС Ил-114–300 и оценка важности его летно-технических и эксплуатационных параметров в авиатранспортной системе Арктики, Якутии и Дальнего Востока

Турбовинтовой Ил-114–300, рассчитанный на максимальную вместимость до 68 пассажиров, должен заменить на внутренних авиалиниях устаревшие Ан-24 и Ан-26, а также самолёты иностранного производства аналогичного класса – европейские АТР42, АТР72 и линейку самолетов Bombardier Dash8 Q300, Q300LR, Q400 производства Канады [126, 131, 243].

Выполненная оценка и сравнительный анализ летно-технических характеристик объективно показывает преимущество Ил-114–300 как основного в будущем типа региональной авиации Арктики, имеющего лучшие в своем классе летно-технические характеристики и наибольший радиус выполнения разворотных рейсов [157] (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Параметры ВС

Параметр	АН-24РВ	ATR 42–600	ATR 72–600	Bombardier Dash8 Q300	Bombardier Dash8 Q300LR	Ил-114–300
Макс. взлетная масса, макс.	21,800 кг	18,600	23,000	19,500 кг		23,500 кг
Макс. посадочная масса, кг	21,000 кг	18,600	22,350	19,050 кг		23,500 кг
Масса пустого ВС, кг	14,600 кг	11,250	12,200	11,820 кг		14,800 кг
Максимальная заправка, в кг	4,850 кг	4,500	5,000	2,575 кг	4,646 кг	6,680 кг
Диапазон эксплуатационных темп-р	–57° С / +45° С	–45° С		–54° С / +45° С	–54° С / +45° С	–55° С / +45° С
Предельная дальность полета с макс. комм. загрузкой: – с 64 пассажирами; – с 50 пассажирами;	1,200 км (48)	1,555 (48)	1,400 (78)	1,600 км (50)	1,600 км (50)	1,400 км (68) 1,700 км 2,700 км

Параметр	АН-24РВ	ATR 42–600	ATR 72–600	Bombardier Dash8 Q300	Bombardier Dash8 Q300LR	Ил-114–300
– с полной заправкой топливом и нагрузкой 1300 кг						5,000 км
Эксплуатация с грунтовых ВПП с мин. прочностью грунта не менее:	6,0 кг/см			12,0 кг/см	12,0 кг/см	6,88 кг/см
Крейсерская скорость	460 км/час			520 км/час		490 км/час
Среднечасовой расход топлива при макс. комм. загрузке, в час.	850 кг/час			520 кг/час		550 кг/час
Потребная длина ВПП	1300 м			1000 м		1400 м

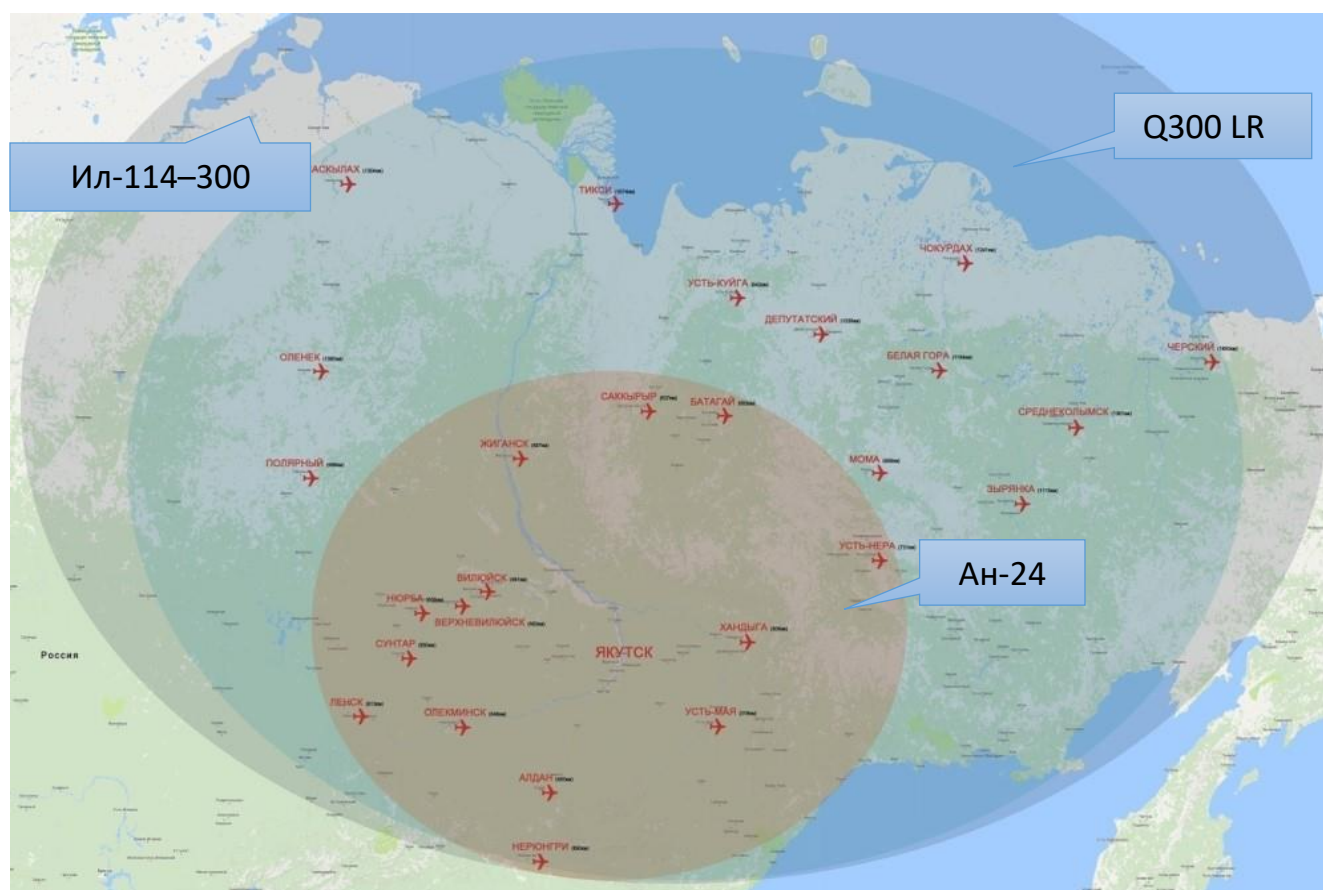


Рисунок 3.19 – Сравнительная дальность с полной загрузкой ВС Ан-24, Bombardier Dash8 Q300LR и Ил-114–300 на примере маршрутной сети Республики Саха (Якутия)

Сравнительный анализ дальности воздушных судов Ан-24, Bombardier Dash8 Q300LR и экстраполированный на летно-технические характеристики Ил-114 из Якутска по маршрутной сети Республика Саха (Якутия) показывает (рисунок 3.19) явное преимущество Ил-114 перед другими отечественными и зарубежными типами ВС по основным соотношениям, перевозимой пассажирской загрузки, багажа и груза.

Серьезной задачей кроме перевозки пассажиров является возможность перевозки груза и почты в отдаленные аэропорты Арктической зоны [200, 263]. В настоящий момент авиакомпания вынуждены размещать груз и почту в салоне самолетов пассажирских Ан-24 и канадских Bombardier Dash8 Q300, Q300LR, уменьшая при этом пассажирскую загрузку [200, 201] (рисунок 3.20).



Рисунок 3.20 – Вынужденная технология перевозки груза и почты в креслах пассажирских самолетов, Ан-24 слева и Bombardier Dash8 Q300LR справа

Данный метод перевозки является вынужденной мерой, так как в Российской Федерации больше не строятся универсальные грузопассажирские суда типа Як-40К, имевшие боковой грузовой люк и возможность установки перегородки, разделяя в салоне пассажиров и груз.

При обсуждении вариантов компоновки с КБ им. С. В. Ильюшина автором данной работы был предложен и далее одобрен 50 кресельный вариант Ил-114–300

(рисунок 3.21), как наиболее оптимальный для выполнения полетов в аэропорты Арктической зоны, сочетающий в себе перевозку груза весом более тонны и оптимальное количество пассажиров до 50 человек. Преимущество данного варианта в наличии двух багажников общей емкостью 14,35 куб. м. Кроме того, согласно федеральным авиационным правилам, конфигурация пассажирского салона с максимальным количеством пассажиров в 50 человек и менее позволяет наличие в экипаже только одного бортпроводника, что дает возможность экономии авиакомпания в содержании меньшего количества бортпроводников в целом.

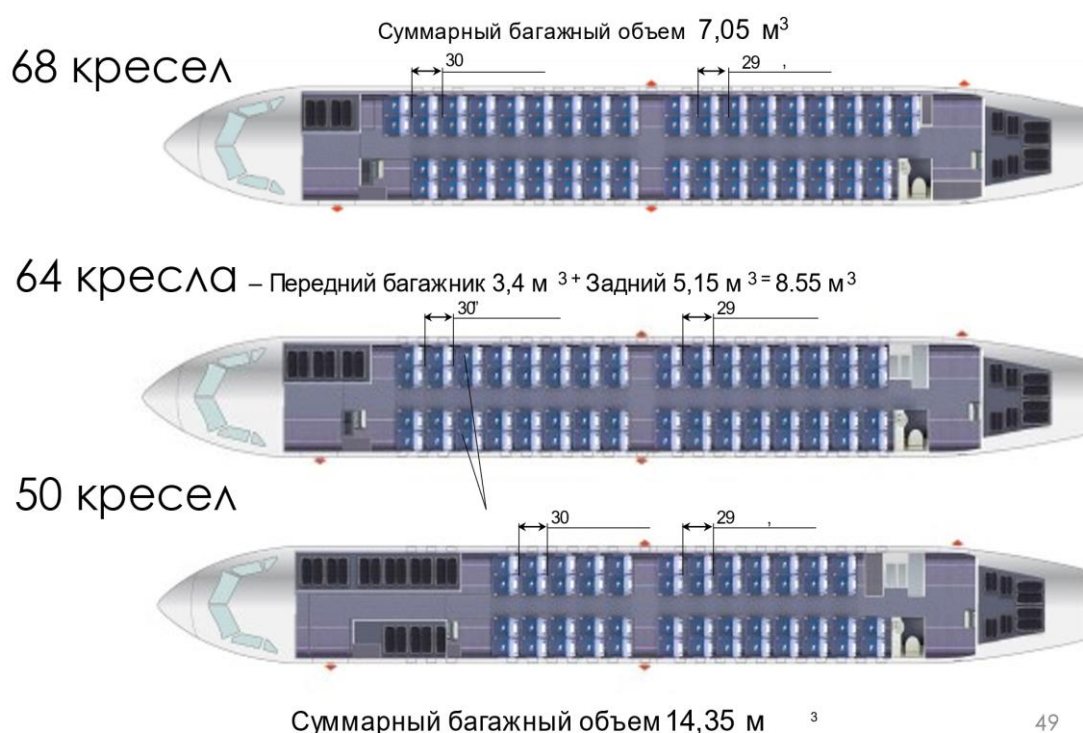


Рисунок 3.21 – Предлагаемые варианты конфигурации салонов Ил-114–300

3.6.4. Оценка эксплуатационно-экономической модели выполнения программы полетов Ил-114 на маршрутной сети Республики Саха (Якутия)

Ввиду отсутствия в Российской Федерации в коммерческой эксплуатации самолетов Ил-114–300 или – 100, за основу была взята модель успешной коммерческой эксплуатации Ил-114–100 в Узбекских авиалиниях [126].

На основании имеющихся данных была смоделирована эксплуатационная и экономическая модели выполнения программы полетов на маршрутной сети из Якутска [196] (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Показатели перевозки пассажиров и грузов авиакомпании Якутия за 2019–2020 годы

Июль-Август	Сегмент ОТ	Сегмент ДО	Кол-во рейсов OW	Пассажиры (EXP)	Багаж (REV)	Груз (EXP)	Почта (EXP)	Среднее на 1 рейс OW			Максимальное бывшее на рейсе OW			К от вместимости ВС (без учета Предельной)		
								Среднее кол-во пасс. на рейсе OW	Средняя КЗ багажного отсека на рейсе OW (багаж, груз, почта), кг	Средняя КЗ судна с учетом пассажиров (средний вес 75кг), кг	Макс. факт. кол-во пасс. на рейсе OW	Макс. факт. КЗ багажного отсека на рейсе OW (багаж, груз, почта), кг	Макс. факт. КЗ судна с учетом пассажиров (средний вес 75кг), кг	Ан24 (48 кресел)	Q300 (50 кресел)	Ил-114 (50 кресел)
2019	Якутск	Батагай	53	1469	1010	6771	3421	28	211	2 290	47	1 349	3 579	58%	55%	63%
2019	Якутск	Чокурдах	54	1409	1614	16803	2889	26	395	2 352	37	1 350	3 363	54%	52%	59%
2019	Якутск	Черский	69	1795	1989	10660	6623	26	279	2 230	42	1 133	3 711	54%	52%	59%
2019	Якутск	Депутатский	66	1524	1679	21000	6470	23	442	2 173	46	1 805	3 706	48%	46%	52%
2019	Якутск	Тикси	78	2411	2679	9221	9523	31	275	2 593	75	1 446	5 686	64%	62%	70%
2019	Якутск	Нерюнгри	72	2153	727	2468	6344	30	132	2 375	47	454	3 639	62%	60%	68%
2019	Якутск	Нюрба	48	1174	189	714	6387	24	152	1 986	44	789	3 300	51%	49%	56%
2019	Якутск	Олекминск	101	3171	862	5742	11885	31	183	2 538	48	737	3 606	65%	63%	71%
2019	Якутск	Оленек	37	1105	724	9867	2007	30	340	2 580	46	1 392	3 664	62%	60%	68%
2019	Якутск	Полярный	36	850	361	769	4081	24	145	1 916	35	647	2 796	49%	47%	54%
2019	Якутск	Среднеколымск	54	1540	1020	10601	4513	29	299	2 438	50	1 209	3 770	59%	57%	65%
2019	Якутск	Сунтар	53	1304	341	770	4341	25	103	1 948	46	413	3 614	51%	49%	56%
2019	Якутск	Саскылах	48	972	999	2592	4343	20	165	1 684	31	668	2 632	42%	41%	46%
2019	Якутск	Ленск	50	1147	256	2113	4684	23	141	1 862	36	412	2 775	48%	46%	52%
2019	Якутск	Усть-Нера	90	2422	699	7210	12595	27	228	2 246	42	1 269	3 435	56%	54%	61%
2019	Якутск	Жиганск	36	1254	1323	1598	2049	35	138	2 751	44	536	3 459	73%	70%	79%
2019	Якутск	Зырянка	16	420	375	5285	2100	26	485	2 454	36	1 594	3 071	55%	53%	60%
Итого на РВЛ в июль-авг 2019			961	26120	16847	114184	94255	27	234	2 273	75	1 805	5 686	57%	54%	62%
2020	Якутск	Батагай	48	1200	1413	5305	4820	25	240	2 115	50	1 469	3 843	52%	50%	57%
2020	Якутск	Чокурдах	54	1298	2677	16725	4182	24	437	2 240	45	1 588	3 449	50%	48%	55%
2020	Якутск	Черский	46	1048	807	9953	6308	23	371	2 080	42	1 396	3 150	47%	46%	52%
2020	Якутск	Депутатский	47	1126	1151	8583	6040	24	336	2 132	48	1 303	3 657	50%	48%	54%
2020	Якутск	Тикси	55	2383	2630	5135	11101	43	343	3 593	92	1 596	7 429	90%	87%	98%
2020	Якутск	Нерюнгри	50	910	236	2521	3090	18	117	1 482	42	614	3 764	38%	36%	41%
2020	Якутск	Оленек	36	1140	2292	7963	4903	32	421	2 796	49	1 468	3 693	66%	63%	72%
2020	Якутск	Полярный	36	672	429	776	3623	19	134	1 534	42	471	3 540	39%	37%	42%
2020	Якутск	Среднеколымск	48	1388	2346	8815	9262	29	425	2 594	50	1 299	3 811	60%	58%	66%
2020	Якутск	Усть-Нера	51	1409	360	5218	11023	28	326	2 398	50	929	4 011	58%	55%	63%
Итого на РВЛ в июль-авг 2020			471	12574	14341	70994	64352	27	318	2 320	92	1 596	7 429	56%	53%	61%
Итого на РВЛ в июль-авг 2019-2020гг.			1432	38694	31188	185178	158607	27	262	2 288	92	1 805	7 429	56%	54%	61%

В расчетах применены реальные показатели перевозки пассажиров и грузов авиакомпании Якутия за 2019–2020 годы и доступные летно-технические характеристики Ил-114 при оценке эффективности по следующим основным критериям в%:

- среднее на 1 рейс в одном направлении (OW);
- среднее количество пассажиров в одном направлении;
- средняя коммерческая загрузка багажного отсека на рейсе в одном направлении (багаж, груз, почта), кг;
- средняя коммерческая загрузка с учетом пассажиров (средний вес 75 кг), кг;

- максимально большое значение на рейсе в одном направлении (OW);
- максимальное фактическое количество пассажиров на рейсе в одном направлении;
- максимальная фактическая коммерческая загрузка багажного отсека на рейсе в одном направлении (багаж, груз, почта), кг;
- максимальная фактическая коммерческая загрузка судна с учетом пассажиров (средний вес 75 кг), кг.

С использованием специализированной программы Performance Engineering Program на базе Узбекских авиалиний также были выполнены аэронавигационные расчеты по маршрутной сети из Якутска в региональные центры Красноярск, Иркутск, Хабаровск др. с протяженностью рейсов от 1 часов 55 минут в Нерюнгри и Мирный часов до 5,5 часов в Красноярск, которые также показали высокие показатели эффективности по соотношению перевозимой загрузки, дальности полета и расходу топлива.

Таким образом, расчеты, выполненные с использованием специализированного инструмента Performance Engineering Program в Узбекских авиалиниях, подтвердили адекватность вышеприведенной сравнительной модели по внутрирегиональной маршрутной сети Республики Саха (Якутия) и основным направлениям Дальнего Востока, Сибири и Красноярского края [126].

3.6.5. Опыт эксплуатации самолетов Ил-114–100 в Узбекских авиалиниях

Эксплуатация Ил-114–100 в Узбекистане серийное производство которых было налажено на Ташкентском авиационном производственном объединении имени В. П. Чкалова стартовала 26 лет назад. Первый полет с пассажирами на борту был совершен в августе 1998 г. по маршруту Ташкент – Самарканд [126].

Отличительной чертой новой модификации Ил-114–100 от планируемого в серийное производство Ил-114–300, кроме двигателей производства Pratt & Whitney PW127H, является комбинированный цифровой бортовой комплекс авионики «ЦПНК-114 Collins», включающий в себя изделия российского

приборостроения от ОАО «НИИАО»: вычислители системы самолетовождения ВСС-95-1В, жидкокристаллические индикаторы МФИ-ЖК-2, пульта системы САУ и КСЭИС, блоки концентрации сигналов, блоки вычисления сигналов. Американский производитель Rockwell Collins был представлен элементами авионики Proline 21, прежде всего системой предотвращения опасного сближения TCAS-4000, радиосвязными системами VHF-4000 и навигационными системами ALT-4000 и NAV-4000 и некоторыми другими [126] (рисунок 3.22).

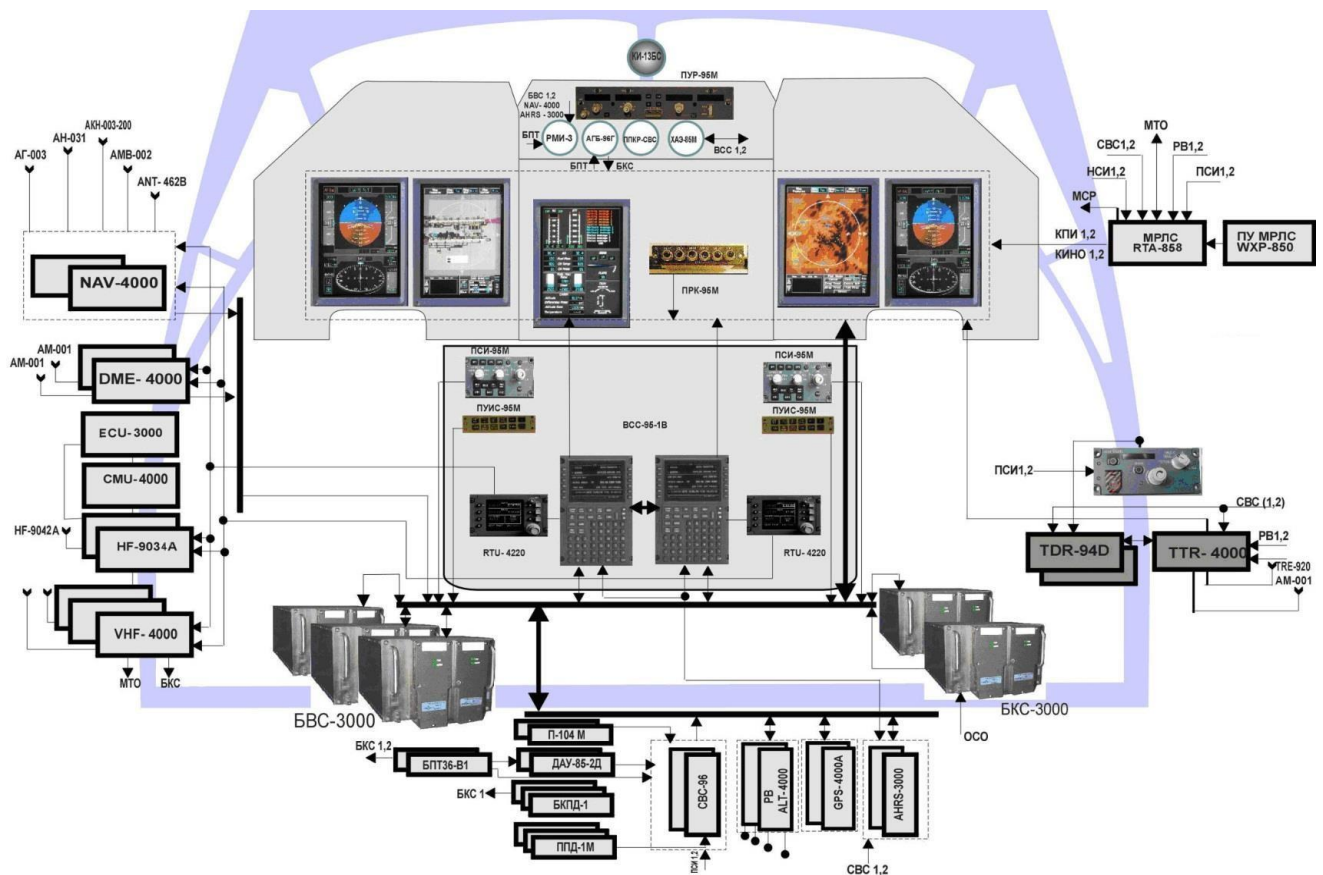


Рисунок 3.22 – Структурная схема пилотажно-навигационного комплекса «ЦПНК-114 Collins» самолета Ил-114-100

Состав установленного пилотажно-навигационного оборудования позволил успешно выполнить программу полетов в сложных условиях Арктической зоны ВС и достигнуть 71-го градуса северной широты, что особенно важно для использования данного типа в Арктических широтах для обслуживания дрейфующих станций и проводки судов по Северному морскому пути (СМП), где

после ухода ветерана, поршневого Ил-14 и критически малого количества Ан-74 и Ан-26, образовался провал [126, 130, 131].



Рисунок 3.23 – С 2013 г. Узбекские авиалинии являются обладателем единственного в мире полнопилотажного тренажера для подготовки экипажей Ил-114-100

Основные отличия новой модификации Ил-114–100 заключаются в применении двигателей PW127H производства Pratt & Whitney Canada с мощностью на валу на взлетном режиме в 2750 л.с. Двигатель имеет впечатляющие характеристики режимов работы в различных климатических условиях, в том числе и при высоких температурах Узбекистана. Двигатели Ил-114–100 способны сохранять выдаваемую мощность на валу постоянной до температуры +33° С, что позволяло Узбекским авиалиниям (рисунок 3.23) выполнять регулярные пассажирские перевозки по внутриреспубликанским линиям: Бухара, Карши,

Навои, Термез, Ургенч, Нукус, Фергана, а также в близлежащие страны СНГ в жарком горном климате [126].

За время эксплуатации самолет показал себя с самой лучшей стороны – надежным, безопасным и экономически эффективным, достигнув максимального годового налета на одно ВС в 1634 летных часов и 1030 взлет-посадок. При этом максимальный фактический налет экземпляра типа составил 247 летных часов и 136 взлет-посадок в месяц, что сопоставимо с эксплуатационными показателями ВС аналогичного класса зарубежного производства типа ATR42/72–600 и Bombardier Dash8 Q300. Все три типа имеют аналогичные двигатели серии PW127H (123, 124, 126) производства Pratt & Whitney, и сопоставимый расход топлива в 590-620 кг/ч. Высокие показатели готовности и низкий показатель параметра потока отказов позволял Ил-114–100 Узбекских авиалиний выполнять до трех парных рейсов в сутки, что показывает его высокую эксплуатационную надежность и экономическую эффективность [126].

Воздушное судно обладает уникальным потенциалом модернизации и летно-техническими характеристиками с возможностью выполнения полетов как в жарком, так и горном климате (на примере Узбекистана), так и на Крайнем Севере и особенно в Арктике. Кроме того, важнейшей для Арктики летно-технической характеристикой является возможность выполнения посадки с максимальным взлетным весом в 23,500 тонны, что позволяет выполнять полеты в удаленные Арктические районы с максимальной заправкой 6 680 кг в оба направления со своим топливом, исключая заправку в удаленных Арктических аэропортах с дорогим топливом или при его полном отсутствии [126].

Полученные результаты исследования возможностей Ил-114 подтвердили его высокие летно-технические и экономические характеристики, что при возобновлении серийного производства этого типа в модификации Ил-114-300 обеспечивает этому типу ВС отличную перспективу эксплуатации на Крайнем Севере, в Арктике и по всей маршрутной сети Дальнего Востока.

Выводы по главе 3

1. Выполнена оценка эффективности функционирования основных составляющих авиатранспортной системы: “аэропорт-самолет-топливо” и сформирована стратегия построения авиатранспортной системы на основе факторного анализа основных ее составляющих.

2. Оценка факторов оптимизации завоза авиатоплива в районы Крайнего Севера и Арктики путем оптимизации логистической схемы топливо обеспечения на основе методики применения корреляционно-регрессионного анализа показывает, что наиболее весомыми факторами являются количество перевалок топлива и стоимость его транспортировки, в то время, как проблема сохранения качества является третьим по значимости фактором и позволяет выбрать оптимальную стратегию и выбор схемы поставки в каждый из рассматриваемых труднодоступных аэропортов регионов Арктической зоны.

3. В качестве альтернативного решения по оптимизации логистики поставляемого в удаленные аэропорты авиационного топлива предложен метод транспортировки с помощью танк-контейнеров, позволяющий снизить число перевалок топлива с восьми-девяти до трех-четырех, что более, чем вдвое снижает вероятность потери качества топлива. Показаны технологические преимущества предлагаемого метода.

4. Выполнен анализ и предложена методика определения релевантных факторов в деятельности аэропортов на основании принципа декомпозиции операционных моделей.

5. Изучено влияние инфраструктурного фактора в деятельности аэропортов Крайнего Севера, Арктики и дальневосточного региона. Показано, что географическое положение, маршрутная сеть и частота выполнения рейсов авиакомпаниями, авиационная подвижность населения, наряду со структурой парка воздушных судов авиакомпаний, проблемы поддержания летной годности существующего парка воздушных судов и острой необходимости их скорейшей замены в условиях западных санкций на ВС российской разработки оказывают

наибольшее влияние на эффективность функционирования авиатранспортной системы Арктики, Крайнего Севера и Дальнего Востока.

6. Предложен усовершенствованный подход к классификации аэропортов для формирования концепции стратегического развития и функционирования сети аэропортов Арктики, Крайнего Севера и Дальнего Востока.

7. По результатам выполненного исследования влияния взлетно-посадочных характеристик ВС RRJ-95B/LR на перспективы расширения его эксплуатации в авиатранспортной системе дальневосточного региона показано, что эксплуатантам при планировании расширения географии полетов данного типа ВС следует учитывать ряд важных ограничивающих конструктивно-технологических факторов, а разработчикам – необходимость усовершенствования взлетно-посадочных характеристик при разработке новой модификации RRJ-95 как проекта Суперджет SJ100 NEW.

8. На основании оценки эксплуатационно-экономической модели программы полетов Ил-114 на маршрутной сети Республики Саха (Якутия), выполненной с использованием специализированного инструмента Performance Engineering Program в Узбекских авиалиниях подтвердили адекватность вышеприведенной сравнительной модели по внутрирегиональной маршрутной сети Республики Саха (Якутия).

9. Полученные результаты исследования возможностей Ил-114 подтвердили его высокие летно-технические и экономические характеристики, что обеспечивает этому типу ВС отличную перспективу эксплуатации на Крайнем Севере, в Арктике и всей маршрутной сети Дальнего Востока.

ГЛАВА 4. ПРИНЦИПЫ И МЕТОДОЛОГИЯ НИЗКОБЮДЖЕТНЫХ АВИАКОМПАНИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ АВИАТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ КРАЙНЕГО СЕВЕРА, АРКТИКИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

4.1. Принципы и методология низкобюджетных авиакомпаний

Рынок авиаперевозок – один из наиболее динамичных сегментов развития мировой экономики, при этом в структуре рынка авиаперевозок динамично растет сектор низкобюджетных авиакомпаний, привлекательный с точки зрения решения задач настоящей работы [48].

Коммерческая привлекательность идеи низкобюджетных перевозок состоит в том, что эта идея интегрировала в себе сразу несколько преимуществ перед традиционными перевозчиками – транспортную доступность, экономичность, конкурентоспособность на маршрутах разной дальности, устойчивость в кризисные периоды и др. Низкобюджетные авиаперевозки представляют особый интерес с точки зрения решения задач настоящей работы в условиях Дальнего Востока через трансформацию дальнемагистрального сегмента воздушного транспорта и фактор аэропорта [47, 56].

В структуре Российской авиатранспортной системы доля низкобюджетных авиаперевозок составляет только около 10%, так как данный сегмент представлен только одним классическим лоукостером – авиакомпанией Победа. Тогда как ситуация последних нескольких лет, прошедших в условиях новой коронавирусной инфекции и начавшейся санкционной политики западных поставщиков авиатехники заставила многих сетевых авиаперевозчиков так или иначе более активно работать над снижением своих издержек и все больше применять технологии и практики, присущие низкобюджетной бизнес-модели. Среди них можно выделить: отмену бесплатного бортового питания, невозвратные

билеты, переоборудование салонов в полный экономический класс с меньшим шагом кресел и большей плотностью, платный выбор места, продажу питания и услуг на борту. Исследования методом сравнительного аналитического сопоставления низкобюджетной бизнес-модели, возможности получения экономического или стратегического рыночного эффекта ставят вопросы способов обретения конкурентных преимуществ [56].

Для исследования принципов бизнес-моделирования низкобюджетных авиакомпаний были рассмотрены такие вопросы, как методология бизнес-моделирования [49], системно-интегральная методология [50], факторы и параметры структурной организации базовой (архетипической) модели низкобюджетных авиакомпаний [51].

В основу настоящей главы положен цикл исследований автора диссертации, выполненных с использованием современных инструментов и методов системного анализа, теории систем, анализа бизнес-процессов, методов бизнес-моделирования, стратегии бизнеса и иных методов. Целью выстроенной концепции организации низкобюджетных авиаперевозок является создание условий для освоения рынка перевозок и устойчивого развития. Для этого выполнены исследования мирового опыта, его научного осмысления и формирования новых представлений о путях развития этого сектора авиаперевозок с перспективой применения новых знаний для решения проблемы обеспечения авиационной подвижности населения и авиатранспортной доступности Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока в целом.

4.2. Современные методы бизнес-моделирования низкобюджетного сегмента воздушного транспорта

В практике деятельности отечественных и зарубежных низкобюджетных авиакомпаний все шире оказывается востребованным бизнес-моделирование. В концепции бизнес-моделей используются три основных критерия: структура создания бизнеса; рыночный потенциал нового бизнеса как способ обеспечения

конкурентного выживания и устойчивого существования на рынке, а также потенциал генерирования доходов [186, 311, 340, 341].

Анализ большого числа работ показал, что существует еще много вариантов определений понятия «бизнес-модель», в которых приведены системные признаки моделей бизнеса, состав элементов и способ их организации.

Однако к настоящему времени выбор эффективного инструментария бизнес-моделирования становится сложной проблемой из-за отсутствия критериев выбора оптимального решения в условиях большого числа разноплановых бизнес-моделей. Как показал анализ известных определений понятия *бизнес-модель*, причина нерешенности проблемы выработки общепринятого представления о содержании понятия *бизнес-модель* состоит в отсутствии адекватного использования системных принципов и методов [55].

Показано, что современный этап развития бизнес-моделирования связан с динамическими подходами и стратегическими решениями, однако эффективному использованию этих механизмов препятствуют несистемные подходы к бизнес-моделированию.

В [50] для решения задач анализа и разработки моделей бизнеса предложена *системно-интегральная методология* бизнес-моделирования, в основу которой положены базовые дисциплины: системный анализ, теории сложных систем и методы моделирования сложных систем.

На основании представленных выше исследований по методам бизнес-моделирования и принципам системно-интегральной методологии разработана *концепция бизнес-моделирования низкобюджетных авиакомпаний*, включающая системное, методическое и практическое описание низкобюджетных авиакомпаний, функционирующих в географическом и конкурентном бизнес-пространстве:

— с позиций системно-интегральной методологии *низкобюджетные авиакомпании* обеспечивают устойчивость на конкурентном рынке за счет ценового разрыва по стоимости перевозки в сравнении с традиционными

авиакомпаниями, что достигается путем оптимизации подсистем: *бизнеса, моделирования бизнеса и методологии моделирования бизнеса*;

- подсистема *бизнеса низкобюджетных авиакомпаний*, отличительный признак которых состоит в минимизации всех видов затрат в сравнении с традиционными авиакомпаниями с целью снижения стоимости перевозки;
- подсистема *моделирования бизнеса низкобюджетных авиакомпаний*, отличительный признак которых состоит в установлении состава и структуры факторов *бизнеса низкобюджетных авиакомпаний*, которые оказывают влияние на стоимость перевозки с последующей выработкой схем минимизации всех видов затрат;
- подсистема *методологии моделирования бизнеса* низкобюджетных авиакомпаний состоит в выработке методов моделирования, с помощью которых обеспечивается текущее и перспективное функционирование компании в условиях высокой изменчивости внешней среды [55].

Следующим этапом моделирования низкобюджетных авиакомпаний стала выработка представления о базовой (архетипической) модели, в основу которой положен анализ таких компаний, как: *Southwest Airlines, Ryanair, Air Berlin, Wizz Air* и др., представляющих собой наиболее развитый сегмент низкобюджетных перевозчиков. Указанные компании за период существования с 1971 года накопили обширный опыт освоения конкурентного рынка, для чего потребовалось решение комплекса задач, управленческих решений, формирования целей и задач развития, методов моделирования бизнеса, способов обеспечения конкурентных преимуществ, отслеживания рыночной конъюнктуры и тенденций и иных вопросов [48, 51, 56, 335, 340, 341].

Совокупность интегральных и частных параметров может быть рассмотрена как система параметров *низкобюджетных авиакомпаний*.

Выводы по структурной организации базовой (архетипической) модели низкобюджетных авиакомпаний [51]:

- структурную организацию базовой модели составляют факторы и параметры, при этом факторы имеют признаки иерархической архитектуры;

- система факторов включает формализованные и неформализованные экономические факторы;
- формализованные экономические факторы отвечают критерию полноты состава, тогда как неформализованные экономические факторы этому критерию не отвечают;
- система параметров состоит из интегральных и частных параметров.

4.3. Географический и инфраструктурные факторы низкобюджетных авиакомпаний

В работе [56] рассмотрены способы и методы адаптации низкобюджетных компаний к дальнемагистральным маршрутам, которые исторически относятся к компетенции традиционных авиакомпаний.

Дальнемагистральные маршруты представляют особый интерес в плане развития низкобюджетных компаний России как страны с уникальным соотношением факторов: протяженностью маршрутных сетей, неравномерностью размещения населения по территории, особо трудными погодными-климатическими условиями, предъявляющими предельные требования к эксплуатационным качествам ВС.

При рассмотрении поставленных в [56] задач в качестве аналитической базы использовался западный опыт, что связано со следующими обстоятельствами:

- за рубежом низкобюджетными компаниями накоплен обширный опыт деятельности на высоко конкурентном рынке перевозок авиапассажиров [335, 340, 341];
- вопросам анализа деятельности и перспектив низкобюджетных компаний посвящено большое число работ западных авторов, которые изучают как практические стороны, так и аналитические аспекты работы низкобюджетных компаний;
- указанные вопросы представляют значительный интерес для дальнейшего развития сектора низкобюджетных авиаперевозок.

Концепция низкобюджетных компаний может быть применена для дальнемагистральных перевозок в условиях российского Дальнего Востока при выполнении ряда условий дополнительной экономии по таким позициям, как:

- производительность: тип ВС, факторы загрузки, расход топлива, персонал;
- эффективность: пассажирский трафик, пунктуальность;
- оперативность: аэропорты, управление воздушным движением, маршруты, направления.

При определении перспектив низкобюджетных компаний на дальнемагистральных авиарейсах надо принять во внимание, что имеются ограничения, связанные с системой предпочтений групп пассажиров. Это связано с тем, что пассажиры первого и бизнес-классов имеют высокие требования к условиям полета, а такая категория пассажиров, как туристы и отдыхающие, менее требовательны и могут воспользоваться услугами низкобюджетных перевозчиков.

Фактор системы предпочтений групп пассажиров имеет особое значение во взаимоотношениях низкобюджетных и традиционных компаний, причем следует выделить базовые категории вопросов:

- состав структурных групп пассажиров: первый и бизнес-класс, туристы, отдыхающие и др.;
- платежеспособный спрос пассажиров по однородным группам;
- предпочтения каждой из групп с определением пределов устойчивости и готовности смены предпочтений.

Для решения задач адаптации бизнес-модели низкобюджетной компании к дальнемагистральным рынкам использовали такие инструменты, как *SWOT*-анализ – метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней конкурентной среды, *VRIO*-анализ ресурсов и конкурентного потенциала, а также иные методы [53, 56, 317, 318, 335, 334, 338].

Показано, что перспективы освоения низкобюджетными компаниями дальнемагистральных секторов вполне реальны, но требуют серьезных проработок в части анализа источников конкурентного преимущества с учетом факторов

системы предпочтений групп пассажиров, а также практических решений по ликвидации слабых мест и усилению сильных позиций бизнес-моделей низкобюджетных компаний [48, 55, 56].

4.4. Географические и инфраструктурные факторы низкобюджетных авиакомпаний – фактор аэропорта

Аэропорты представляют собой одновременно и географический, и инфраструктурный факторы низкобюджетных авиакомпаний.

В этом плане вызывают интерес вопросы, связанные с взаимовлиянием низкобюджетных авиакомпаний и аэропорта:

- анализ тенденций на рынке авиаперевозок с фиксацией изменения долей низкобюджетных и традиционных компаний;
- изучение направлений эволюции бизнес-моделей низкобюджетных авиакомпаний, связанных с фактором аэропорта;
- методы экспансии низкобюджетных компаний к главным аэропортам;
- модернизация действующих аэропортов и проектирование новых аэропортов для обслуживания как низкобюджетных компаний, так и традиционных авиакомпаний [52, 68].

Как следует из анализа затрат низкобюджетных авиаперевозчиков [52], один из наиболее весомых факторов издержек – обслуживание в аэропорту и аэропортовые сборы [307].

Долгое время считалось, что низкобюджетные компании из соображений экономии не должны пользоваться услугами главных аэропортов и поэтому они делали упор на второстепенные и региональные аэропорты.

Однако на определенном этапе развития низкобюджетных компаний выяснилось, что такая установка сдерживает возможности низкобюджетных авиаперевозчиков в конкуренции с сетевыми компаниями. Более гибкая стратегия низкобюджетных компаний состоит в расширении аэропортовой инфраструктуры

и экспансии к главным аэропортам, которые до того относились к компетенции сетевых перевозчиков.

Следует отметить, что стратегия захвата территории конкурента в известном смысле уже освоена низкобюджетными компаниями, как в случае освоения ими дальнемагистральных перевозок, которые ранее были вотчиной сетевых компаний.

Принципиально важно, что поскольку сектор авиаперевозок, за который отвечают низкобюджетные компании, достиг значимых величин и имеет потенциал для дальнейшего роста, следовательно, инфраструктурные объекты оказываются заинтересованы в обслуживании низкобюджетных компаний [78, 181].

Фактор аэропорта, исследуемый в соответствии с системно-интегральной методологией в системе бизнес-моделей низкобюджетных авиакомпаний, имеет сложную структуру и включает в себя несколько систематизированных в элементы направлений модернизации бизнес-моделей [51, 52, 78].

Одна из наиболее сложных проблем, связанных с определением направлений эволюции бизнес-моделей низкобюджетных авиакомпаний, состоит в прогнозировании развития бизнес-моделей авиаперевозок, в необходимости решения таких задач, как планирование и проектирование аэропортов, диверсификация аэропортов, развитие средних и небольших аэропортов и ряда иных задач [307].

Сделан вывод, что низкобюджетные компании будут продолжать увеличивать свою долю на рынке, при этом рост происходит от сегодняшних центров с вовлечением все большего числа новых местных центров с формированием дисперсной структуры аэропортов, конкурирующих друг с другом и предлагающих лучшие условия для пассажиров [48, 52].

Существенно, что бизнес-модели низкобюджетных компаний как динамично развивающиеся системы оказывают влияние на бизнес-модели аэропортов, формируя их географическую структуру, размерные параметры и отличительные качественные и количественные показатели.

Для решения задач модернизации аэропортов и создания новых аэропортов, адаптированных к обслуживанию как сетевых компаний, так и низкобюджетных

компаний, необходимо выполнение анализа экономической эффективности аэропортов с учетом результатов прогнозирования развития бизнес-моделей авиаперевозок.

В исследованиях [48, 56] приведен анализ перспектив развития низкобюджетных авиакомпаний в современных условиях российской авиатранспортной системы.

На протяжении многих десятилетий отечественная авиатранспортная система, представленная единым национальным авиаперевозчиком Аэрофлотом в лице министерства гражданской авиации (МГА СССР), являясь на тот момент, по сути, крупнейшей авиакомпанией мира, оставалась жестко зарегулированной и консервативной к внедрению слишком инновационных идей. Распавшись на сотни, а далее и на десятки самостоятельных авиакомпаний и аэропортов, авиатранспортная система и в середине 2000-х функционировала во многом в старом консервативном законодательном поле, в устаревших отраслевых стандартах и правилах. Особенно чувствительными к этому оказались представители новой для отечественного авиарынка инновационной низкобюджетной бизнес-модели [174, 191].

Ключевым фактором достижения лучших в отечественном авиатранспортном секторе операционных показателей явилось сочетание инвестиционного веса российского акционера *AI* (Альфа Групп) и американского фонда прямых инвестиций *Indigo Partners*, имеющих под управлением группу авиакомпаний в низкобюджетном сегменте, таких как европейская *Wizz Air*, американская *Spirit Airlines*, мексиканская *Volaris*, *Tiger Singapore* и *Tiger Australia*, с общим флотом группы на сегодня более 500 ВС семейства A320, включая позже приобретенную американскую *Frontier Airlines*. Таким образом, широкое привлечение западного опыта, инновационных технологий, иностранных специалистов и консультантов из Великобритании, США и Австралии и привнесенная ими на международную экспертизу бизнес-модель «Авианова» была четко выверенной моделью классического лоукостера с уровнем ключевого показателя затрат на один пассажиро-километр (*CASK – Cost Available Seat Kilometer*), равный 5,71 центов,

что находилось на уровне лучших мировых лоукостеров. Выход классического лоукостера «Авианова» на российский рынок в 2009 году, нарастившего флот 180-кресельных А320 с 2-х до 5 в 2010 г., оказал существенное влияние на среднюю стоимость авиаперелетов в европейской части России. Используя передовую общемировую практику динамического ценообразования, он позволил предложить тарифную сетку от 250 рублей за перелет для 30% всех билетов, позволивших клиентам совершить авиаперелет, например, Москва – Сочи – Москва за 1080 рублей, включая налоги и сборы, что явилось беспрецедентным предложением на рынке авиаперевозок в РФ [47, 48, 191].

Будучи созданной по классической западной бизнес-модели, «Авианова» оставила после себя бесценный опыт создания эффективной модели лоукостера, передовых мировых технологий и наработки по оптимизации бизнес-процессов, а главное, управленческий персонал, способный воплотить все это в новом стартапе.

В подтверждение этому можно назвать создание в октябре 2013 года низкобюджетного перевозчика «Добролет», ставшего основой ныне существующей авиакомпания «Победа» как дочерней компанией ПАО «Аэрофлот», где благодаря привлечению менеджмента, имеющего опыт создания «Авиановы» в сочетании с ресурсами национального авиаперевозчика, удалось применить все ценные наработки предшественника и в кратчайшие сроки (9 месяцев) подготовить и запустить новый низкобюджетный стартап (рисунок 4.1).

Существенным условием коммерческого успеха «Добролета» / «Победы» явилось инициированное национальным перевозчиком принятие законодательных инициатив, направленных на снятие некоторых устаревших ограничений:

- введение невозвратных авиабилетов;
- отмену требования по обязательному обеспечению бортовым питанием на перелетах свыше 3 часов;
- снижение норм бесплатного провоза багажа.

Наряду с введением невозвратных авиабилетов, ключевым явилось снятие действовавшего с начала 2011 года ограничения по льготному ввозу воздушных

судов свыше 170 кресел. Благодаря этому основу парка составили абсолютно новые ВС *Boeing 737–800NG* в моноклассной компоновке 189 кресел, что позволило в процессе организации ориентироваться на операционные технологии и лучшие отраслевые практики (*Best Industry Practices – BIP*) наиболее успешного европейского лоукостера *Ryanair* и, несмотря на короткий период, достичь высоких показателей операционной и коммерческой эффективности [48, 312, 320].

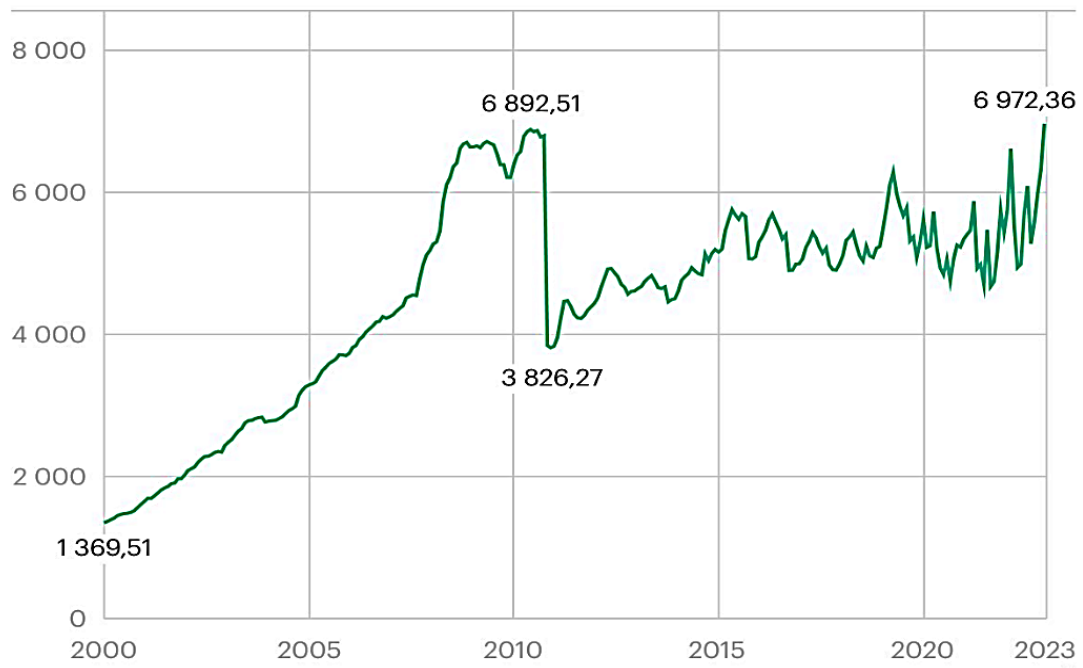


Рисунок 4.1 – Динамика изменения стоимости перелета в экономическом классе под влиянием выхода на рынок в 2010 году лоукостера «Авианова».

Средняя потребительская цена в расчете на 1000 тыс. километров пути, руб.

Вместе с тем, очевидно, не стоит переоценивать короткий отечественный опыт деятельности низкобюджетных авиакомпаний, поскольку проблемы развития региональной авиации Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока требуют гораздо более глубоких решений.

Непреложным фактом остается то, что за короткий временной отрезок (30 лет) в нашей стране произошли катастрофические процессы разрушения авиационной отрасли как в части производства гражданских ВС, так и в части пассажирских перевозок. Очевидно, масштаб проблемы еще не полностью осознан, и поэтому

сложно говорить о путях преодоления негативных тенденций. С этих позиций задачи, поставленные в настоящей работе, можно считать только одной из попыток выхода из кризиса. При этом низкобюджетные перевозчики должны занять достойное место в авиатранспортной системе Российской Федерации.

4.5. Методика обеспечения авиатранспортной доступности и построения авиатранспортной системы Дальнего Востока Российской Федерации путем трансформации низкобюджетной бизнес-модели авиаперевозок в дальнемагистральный сегмент

4.5.1. Цели и задачи предлагаемого решения как метода обеспечения авиатранспортной доступности Дальнего Востока

В основе предлагаемого решения лежит метод обеспечения авиатранспортной доступности Дальнего Востока Российской Федерации на основе адаптации и развития традиционных авиакомпаний низкобюджетного сегмента в дальнемагистральном сегменте авиаперевозок по маршрутам, которые исторически относятся к компетенции полносервисных авиакомпаний [47, 56].

Методика представлена как определение возможности трансформации низкобюджетной бизнес-модели, анализ и оценка применимости наработанных практических технологий, опыта низкобюджетных компаний к специфике дальнемагистральных маршрутов [311, 318, 334].

За теоретическую платформу исследования взята системно-интегральная методология, основу которой составляют такие дисциплины, как системный анализ и теория сложных систем, по которым сложный объект моделируется системой, состоящей из элементов – подсистем, определенным образом связанных друг с другом, затем подсистемы исследуются, и после чего воссоздается вся система целиком [50]. По этим принципам и выполнен анализ перспектив успешной реализации дальнемагистральных низкобюджетных авиаперелетов.

4.5.2. Предпосылки и перспективы дальнемагистрального low-cost в современной российской авиатранспортной структуре

Предпосылками для внедрения низкобюджетной бизнес-модели в дальнемагистральном сегменте являются несколько причин и обстоятельств сегодняшнего времени, таких как состояние авиатранспортной инфраструктуры, соотношения общего спроса на доступные авиаперелеты внутри Российской Федерации и предложения со стороны авиакомпаний. Закрытие многих популярных зарубежных туристических направлений послужило значительному росту спроса на путешествия внутри страны и стало стимулировать внутренний туризм. И если в европейской части РФ популярными становятся путешествия на автомобиле и путешествия по железной дороге с достаточным комфортом и приемлемым временем в пути, то посещение Дальнего Востока и наоборот, дальневосточниками курортов Черноморья, Балтики и Кавказа резонно требует достаточного и доступного предложения по авиаперелетам. Минтранс РФ на протяжении многих лет поддерживает программу субсидируемых авиабилетов на прямые рейсы между Москвой и городами Дальнего Востока с использованием провозных мощностей широкофюзеляжного флота группы *Аэрофлот*, но она имеет ограниченное действие с распространением в основном на авиаперелеты для социальных категорий граждан и дальневосточников с постоянным проживанием в ДФО [47, 48, 56].

4.5.3. Определение оптимальной линейки воздушных судов для дальневосточных маршрутов методом сравнения характеристик и оценки преимуществ

Дальнемагистральные маршруты предъявляют особые требования к флоту, на основе которого должно быть обеспечено успешное развитие низкобюджетных компаний России как страны с уникальным соотношением ключевых факторов – протяженности маршрутных сетей и неравномерностью заселения огромных территорий. Одиннадцать часовых поясов и экстремальные погодные

климатические условия регионов Крайнего Севера Арктики представляют предельные требования к эксплуатационным качествам воздушных судов. Протяженность внутренних Российских авиалиний не имеет аналогов в мире, где наиболее протяженным можно считать маршрут Владивосток – Санкт-Петербург, в свое время выполняемый регулярно авиакомпанией «Владивосток Авиа», используя дальнемагистральный вариант ВС *Tu-204–300* в комфортной компоновке 142 кресла, включая 8 кресел бизнес-класса, преодолевавший это расстояние за 10 часов 15 минут [56].

Современные обстоятельства международных отношений, беспрецедентные и несправедливые санкции в отношении поставки воздушных судов и запасных частей к ним, безусловно, оказывают серьезные ограничения в успешной имплементации дальнемагистральной низкобюджетной бизнес-модели, но в то же время создают уникальные условия для беспрепятственного продвижения и адаптации российских типов воздушных судов в бюджетном сегменте авиаперевозок.

Принимая во внимание накопленный уникальный опыт и последние отечественные наработки, а также потенциал и возможности авиационной промышленности к серийному выпуску необходимого количества ВС, можно выстроить линейный ряд воздушных судов, подходящих по своим характеристикам для реализации бизнес-модели дальнемагистральных бюджетных перевозок. Исходя из протяженности внутри российских маршрутов большой дальности, можно сформулировать задачу обеспечения связанности крупнейших центров Дальнего Востока, прежде всего таких, как Владивосток, Петропавловск-Камчатский, Южно-Сахалинск, Хабаровск, Анадырь и города Восточной Сибири, Иркутск, Якутск, Чита, Улан-Уде, Благовещенск и Магадан с центральными городами РФ, и в первую очередь с Москвой и Санкт-Петербургом [56].

На сегодняшний день имеется три типа ВС, находящихся в серийном производстве или в заключительной стадии подготовки и обладающих необходимыми характеристиками дальности полета и вместимости, прежде всего отечественных ВС *Tu-214*, *MC21–310* и *Ил-96–400М*. Необходимо отметить, что в основе широкофюзеляжного *Ил-96–400М* лежит хорошо себя зарекомендовавшая

платформа советского *Ил-86* и *Ил-96-300* с шириной фюзеляжа 6,01 метра, что сопоставимо с размерами более современных западных конкурентов *Boeing B777* (6,2 м) и *Airbus A350* (5,97 м). Возможности широкого фюзеляжа и его увеличенной длины до 63,9 метра позволяют, наряду со взлетной массой 270 тонн и максимальной коммерческой загрузкой в 58 тонн при расчетной компоновке в 435 мест, иметь резерв перевозки до 500 пассажиров, разумеется, при соответствующем переоборудовании пассажирского салона (*Cabin Layout*) и использовании легких кресел тонкой конструкции (*Slim Seats*) [56].

При этом четырехдвигательная платформа *Ил-86/96* обеспечивает беспрецедентный уровень безопасности и надежности. Скорая перспектива дополнения к серийно производимым двигателям *ПС90* новейших *ПД-14* имеет перспективу снижения часового расхода топлива с нынешних 7–8 тонн в час до 5,5–6,5 тонн, что позволит четырехдвигательному *Ил-96-400М* занять достойное место по удельному расходу топлива и стоимости пассажиро-километра в группе наиболее эффективных двухдвигательных, *Airbus A330*, *Airbus A350* и *Boeing B787*, *Boeing B777* [56].

С уверенностью можно заключить, что с эксплуатационно-экономической точки зрения *Ил-96-400М* – это идеальный и самый безопасный самолет для массовых перевозок на наиболее загруженных маршрутах в летний период на курорты Причерноморского региона и обеспечения связанности центральных регионов страны и Дальнего Востока через реализацию низкобюджетной бизнес-модели на дальнемагистральных авиаперелетах.

Для связи пар городов Западной и Восточной Сибири с Дальневосточным регионом с меньшими, чем из Москвы пассажиропотоками, такими как Иркутск, Улан-Удэ, Чита, Благовещенск, Якутск, Комсомольск-на-Амуре, Магадан, Анадырь, оптимальным являются ВС с емкостью 180–210 кресел типов серийно производимого *Ту-214* и перспективного *МС21-310*, где важна не столько емкость, сколько частотность выполнения рейсов по расписанию в сутки. При этом созданный на базе хорошо технологически отработанного и ранее выпускавшегося также серийно *Ту-204*, его более продвинутой, дальнемагистральная версия *Ту-214*

является ничем иным, как близким аналогом также хорошо себя зарекомендовавшего *Boeing B757* со схожими характеристиками пассажировместимости, дальности полета и расхода топлива. *Ту-214* способен на многие годы выполнять роль переходного ВС в данном сегменте до наполнения внутреннего рынка достаточным количеством высокотехнологичных *MC21-310*.

Имеющий глубокий потенциал для дальнейших модификаций в различных вариантах пассажировместимости и дальности полета моделей *MC21-210*, *MC21-310* и *MC21-400* получает перспективу стать на многие годы основной платформой в наиболее важном среднемагистральном сегменте. Имея ряд конкурентных преимуществ, таких как беспрецедентно широкий 4,06 метра фюзеляж в классе ВС с одним проходом (*Single Aisle*) по сравнению с ближайшими конкурентами *Airbus A320 – 3,95 м* и *Boeing B737 – 3,76 м*, удельный расход топлива в диапазоне 2,2–2,4 тонны в час на уровне последних разработок *Airbus A320NEO* и *Boeing B737MAX*, семейство *MC21* становится универсальной моделью в широком диапазоне весов и компоновок. При установке дополнительных фюзеляжных топливных баков *ACT (Auxiliary Center Tank)* по аналогии с *Airbus A321-200LR* или установке стационарного топливного бака в центроплане по аналогии *Airbus A321XLR* и повышении взлетной массы до 95–100 тонн позволит добиться 9–10 часовой дальности полета, сопоставимой с *Airbus A321XLR* или перспективной разработки от *Boeing – B797* в пустующем сегменте *MoM (Middle-of-the-Market)* нового среднего самолета *NMA (New Midsize Airplane)*. Семейство *MC21* при этом получает преимущество развития более низкой стоимостной базы благодаря полностью отечественной комплектации, локализованному производству силовых установок, шасси, авионики и всех систем ВС [56].

Сочетание большего комфорта даже при низкобюджетной компоновке салона, низкого расхода топлива, дальности полета позволит на долгие годы эффективно использовать семейство *MC21* в широком диапазоне бизнес-моделей и в особенности в низкобюджетном сегменте дальневосточной маршрутной сети.

4.5.4. Анализ полученных результатов по трансформации отечественной низкобюджетной практики в дальнемагистральный сегмент

Вышеприведенный анализ методом сопоставления общемировых практик и отечественной авиатранспортной системы в отношении способов и механизмов адаптации низкобюджетных компаний к дальнемагистральным маршрутам, которые исторически относятся к компетенции традиционных авиакомпаний доказывает, что авиатранспортная система Российской Федерации имеет значительный нераскрытый потенциал и необходимые предпосылки для успешной трансформации наработанных отечественных практик низкобюджетной бизнес-модели в дальнемагистральный сегмент авиаперевозок.

При оценке деятельности низкобюджетных компаний на общемировом рынке дальнемагистральных перевозок и перспектив применимости к современной Российской авиатранспортной системе доказано, что возможности для сокращения затрат в современных условиях имеют некоторые ограничения, но также имеют и четкую перспективу их решения:

- несмотря на то, что значительная доля расходов фиксирована и маловариативна (стоимость владения воздушными судами, стоимость топлива, поддержание летной годности (ПЛГ), обеспечение требуемого уровня безопасности полетов), при необходимом уровне государственной поддержки и субсидирования, затрат на топливо, субсидирования лизинга, затрат на ПЛГ эти позиции перестают быть критическими;

- на сегодняшний день имеется три типа ВС, находящихся в серийном производстве или в заключительной стадии подготовки и обладающих необходимыми характеристиками дальности полета и вместимости, прежде всего отечественных ВС *Ту-214*, *МС21-310* и *Ил-96-400М* для реализации процесса трансформации низкобюджетной бизнес-модели в дальний и среднемагистральный сегменты авиатранспортной системы Дальнего Востока [56];

- особенности и атрибуты классической низкобюджетной бизнес-модели достаточно изучены и должны быть четко выдержаны (высокая плотность кресел, платное бортовое обслуживание и питание, *Wi-Fi* и системы развлечений);
- не представляет сложности обеспечение еще более эффективной работы экипажа (самостоятельная подготовка салона к рейсу, экипировка и уборка);
- работа низкобюджетных авиакомпаний на дальнемагистральных маршрутах имеет некоторые отличия от работы на коротких рейсах и требует незначительной корректировки в части обеспечения трансферов и размещения для экипажа после длительных авиаперелетов, питания, с наличием багажа и большей экипировки.

С точки зрения обозначенных подходов получено, что для трансформации отечественной низкобюджетной практики в дальнемагистральный сегмент авиатранспортной системы Дальнего Востока наибольший интерес представляет зарубежный опыт путей развития низкобюджетных бизнес-моделей, их взаимодействия как между собой, так и с традиционными бизнес-моделями по данным зарубежных источников, как обладающих наиболее репрезентативным срезом публикаций [47, 48, 56, 192, 230].

Таким образом, среди тенденций последнего десятилетия можно выделить такую, как перспектива более глубокой трансформации низкобюджетной модели к выполнению полетов на дальнемагистральных маршрутах и, соответственно, успешную адаптацию общемировой практики к отечественной авиатранспортной системе и аэропортов сети, что доказывается проведенным исследованием и обусловлено следующими связанными обстоятельствами:

- учитывая общемировые масштабы и объемы авиаперевозок, интерес представляет накопленный обширный опыт зарубежными авиакомпаниями по их деятельности в низкобюджетном сегменте на высококонкурентном рынке перевозок на всех континентах;
- вопросам анализа деятельности и перспектив низкобюджетных компаний посвящено большое число работ западных авторов, которые изучают как

практические стороны, так и аналитические аспекты работы низкобюджетных компаний [192, 230, 311, 318, 334, 335, 340, 341].

Выводы по главе 4

1. Определены принципы и методология низкобюджетных авиакомпаний, которые показывают высокую степень зависимости от выбранной бизнес-модели. Рассмотрены современные методы бизнес-моделирования низкобюджетного сегмента. Показано, что критическую роль в деятельности низкобюджетных авиакомпаний наряду с воздушными судами имеют географический и инфраструктурный факторы. Дана оценка влияния аэропорта на деятельность низкобюджетных авиакомпаний.

2. Основываясь на принципах бизнес-моделирования, были проанализированы факторы и параметры структурной организации (архетипической) модели низкобюджетных авиакомпаний и определены ключевые подсистемы низкобюджетной бизнес-модели, с целью трансформации в дальнемагистральный сегмент. Исследование географических и инфраструктурных факторов низкобюджетных авиакомпаний показало, что низкобюджетная бизнес-модель активно адаптируется к дальнемагистральным маршрутам и к аэропортам со средним или даже малым пассажиропотоками.

3. Как наиболее критичное и определяющее потенциальный спрос, проведено исследование фактора системы предпочтений пассажиров. Методом сравнения выполнен анализ оптимальной линейки отечественных воздушных судов с точки зрения оценки сравнительных с западными аналогами характеристик вместимости, дальности и расхода топлива.

4. Доказано, что перспективы освоения низкобюджетными компаниями дальнемагистральных секторов в условиях наличия отечественных разработок и потенциала авиастроительной отрасли реалистичны.

5. В то же время указано, что требуются серьезные проработки в части четкого закрепления источников конкурентного преимущества, скорейшего начала

серийного производства всей линейки отечественных воздушных судов, оптимальных для дальнемагистрального низкобюджетного сегмента, с учетом факторов системы предпочтений групп пассажиров, а также практических решений по имплементации хорошо зарекомендовавших себя международных практик и технологий для усиления позиций бизнес-моделей низкобюджетных компаний, в первую очередь на дальневосточных маршрутах большой протяженности.

6. Представлена методика обеспечения авиатранспортной доступности и построения авиатранспортной системы Дальнего Востока Российской Федерации путем трансформации низкобюджетной бизнес-модели авиаперевозок в дальнемагистральный сегмент. Сформулированы цели и задачи предлагаемого решения как метода обеспечения авиатранспортной доступности Дальнего Востока.

7. Подсистемы, ставшие объектами исследования, подробно рассмотрены с точки зрения, анализа предпочтений пассажиров, методов оптимизации затрат, поиска конкурентных преимуществ и оптимальных технологических решений в современных условиях состояния отечественной авиастроительной отрасли.

8. Используя аналитические методы работы с информацией, собраны и проанализированы опыт и практики зарубежных низкобюджетных и традиционных авиакомпаний в части трансформации бизнес-моделей и их адаптации в дальнемагистральном сегменте авиаперевозок. Методом оценки сравнительных характеристик проведен анализ оптимальной линейки воздушных судов в сравнении с зарубежными аналогами. Показана обоснованность вывода по выбору в пользу отечественных разработок.

9. Принимая во внимание текущие внешние обстоятельства и состояние отечественного авиатранспортного сектора, производственные возможности отечественной авиационной промышленности, реализация задачи по обеспечению авиатранспортной доступности Дальнего Востока через адаптацию низкобюджетной бизнес-модели в дальнемагистральном сегменте является абсолютно реалистичной. Требуется ускорение производства необходимой линейки отечественных дальнемагистральных воздушных судов.

ГЛАВА 5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ КЛЮЧЕВЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ АВИАТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ КРАЙНЕГО СЕВЕРА, АРКТИКИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

5.1. Математическая модель оптимизации модельного ряда ВС для эксплуатации в условиях Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока

Обеспечение конкурентоспособности экономики страны на мировом рынке зависит в первую очередь от развития глобальных, высокотехнологичных отраслей. Именно они являются ареной борьбы предприятий разных стран, где конкуренция ведется средствами, оказывающими существенное влияние на экономическое процветание стран. Авиастроительная промышленность Российской Федерации может сыграть роль ключевого фактора в повышении конкурентоспособности не только национальной, но и региональной экономики [110]. Однако РФ имеет небольшие объемы производства самолетов, которые могут быть использованы в условиях Крайнего Севера при оптимизации системы использования воздушного парка в условиях выполнения проекта развития Концепции создания «единой дальневосточной авиакомпания» во исполнение перечня поручений Президента Российской Федерации по итогам совещания с членами Правительства Российской Федерации от 14.01.2020 № Пр-36 и решений совещаний Заместителей Председателя Правительства Российской Федерации в соответствии с протоколами от 21.02.2020 № АБ-П9–15пр, от 14.05.2020 № АБ-П9–4876, от 28.05.2020 № ЮТ-П9–33п, от 02.11.2020 № АБ-П9–219пр, от 28.12.2020 № АБ-П9–285пр [62,204].

На данный момент составлен реестр труднодоступных населенных пунктов, куда можно добраться только самолетом. Их соединят со столицами субъектов ДФО 535 региональными местными маршрутами. К 2025 году планируется

увеличить пассажиропоток от 1 до 2 млн пассажиров за счет пополнения воздушного флота 45 отечественными самолетами [58, 62].

Несмотря на создание новых маршрутов, единой дальневосточной авиакомпания предстоит проделать большую работу по оптимизации использования имеющегося и нового парка ВС. С 2020 года внедрена программа консолидации территорий страны субсидированными перевозками, чтобы они были доступными, особенно в регионах Дальнего Востока. До 2022 года было внедрено 20 новых маршрутов, а их общее количество в 2025 году будет составлять 1,5 тысячи. Для обеспечения комфортности пассажироперевозок воздушным транспортом, безусловно, потребуются новые ВС, которые будут произведены в Российской Федерации [62].

Выполнение задачи оптимизации модельного ряда ВС для последующей эксплуатации в условиях Крайнего Севера, Арктики, Сибири и Дальнего Востока требует анализа планов Минпромторга Российской Федерации по расширению модельного ряда и увеличению количества самолетов гражданского сегмента в соотношении с располагаемыми производственными мощностями и ресурсами авиационной промышленности Российской Федерации [58, 204, 274]. Полученные аналитические материалы необходимо сопоставить с планом расширения маршрутной авиатранспортной сети и календарным планом производства авиационной техники для единой дальневосточной авиакомпании [58, 62].

Особенно большую роль в оптимальном проектировании количества и номенклатуры ВС региона играют математические методы моделирования и оптимизации, которые успешно применяются для выбора наилучших в принятом смысле параметров и характеристик ВС или его подсистем на различных стадиях проектирования [22, 58, 145, 147, 274, 339].

Предположим, что плановая номенклатура ВС зависит от η варьируемых параметров, которые будем считать точкой $\chi = (\chi_1, \dots, \chi_\eta)$ в η -мерном пространстве параметров [58, 339].

Уравнения и неравенства:

$$F_m(\chi) \leq 0, \quad m = 1, \dots, M, \quad \chi \geq 0. \quad (5.1)$$

описывающие функционирование ВС, а также критерий оценивания $F_0(\chi)$ тоже зависит от χ . Задача оптимального проектирования номенклатуры ВС заключается в отыскании точки $\chi = \chi^*$ такой, что:

$$F_0(\chi^*) = \min_{\chi \in U} F_0(\chi), \quad \chi \in U \quad (5.2)$$

или определении, что такого χ не существует для $F_0(\chi)$ на U [339].

Концепция с точки зрения системного научно-методического подхода к внешнему проектированию ВС заключается в том, что решение задачи (5.1) подразумевает разделение на параметрическую модель и операционную модель [58, 62, 280, 339]. Набор ключевых характеристик и параметров лежит в основе модели при параметрическом моделировании $\chi = (\chi_1, \dots, \chi_n)$, таких как расчетный показатель удельного расхода топлива, пассажировместимость, расчетная дальность полета и взлетно-посадочные характеристики [58, 274, 280, 339]. При операционном моделировании как объект моделирования выступает непосредственно само воздушное судно, представленное эксплуатационной технологичностью, стоимостью поддержания летной годности и др. Поскольку проектируемые ВС рассматриваются в совокупности с другими ВС, которые участвуют в авиатранспортных операциях, считается естественным назвать модели этого типа операционными. На параметрическом уровне генерируется некоторое конечное множество проектных вариантов ВС, из которых с помощью операционной модели формируется множество субоптимальных вариантов D . Лучший проект будет соответствовать $\chi^* \in D$, учитывая при этом ряд дополнительных, как правило, параметров, которые не формализуются, и отношений на этапе предварительного проектирования [58, 274, 280, 339].

Для построения множества D можно также использовать статистические методы, морфологический метод, неформальные методы, которые основаны на методах нечетких множеств.

Операционная модель ВС отождествляется с целостным множеством ВС, связанных между собой взаимными отношениями. С помощью рассматриваемых соотношений модель объединяется в одно целое. С математической точки зрения это отношения типа неравенств, с физической – ограничения на ресурсы, функционирование и технологию выполнения транспортной операции [274].

Если кроме системы ограничений выбран критерий оценки оптимального варианта, проектируемого $\Pi_{змо}$, операционную модель ВС можно записать в виде задачи математического программирования:

$$\min F_0(\chi_1, \dots, \chi_\eta) \quad (5.3)$$

при ограничениях

$$F_m(\chi_1, \dots, \chi_\eta) \leq 0, m = 1, \dots, M \quad (5.4)$$

$$\chi = (\chi_1, \dots, \chi_\eta) \in D, \quad (5.5)$$

где D – некоторая область η -мерного евклидова пространства, которая часто отождествляется с неотъемлемым октантом пространства E_η .

Тогда модель внешнего проектирования ВС (5.3) – (5.5) в развернутом виде можно записать как линейную форму [58, 274, 280, 339]:

$$TC_{AK} = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^a \sum_{i=1}^{m+p_t} \frac{1}{(1-e)^t} \{c_{ijt} q_{ijt} + c_{it} q_{it}^p - O_{it}^T\} \quad (5.6)$$

при ограничениях

$$\sum_{i=1}^{m+p_t} p_{ijt} q_{ijt} \geq d_{jt}, j = \overline{1, a}; t = \overline{1, T}, \quad (5.7)$$

$$\sum_{i=1}^{m+p_t} v_{ijt} q_{ijt} \geq v_{jt}^*, j = \overline{1, a_b}, a_b \leq a_t; t = \overline{1, T}, \quad (5.8)$$

$$\sum_{j=1}^a \varphi_j(q_{ijt}) \leq a_{it} + \sum_{\tau=1}^t \Theta_{it\tau} q_{it}^p, i = \overline{1, m+p_t}; t = \overline{1, T}, \quad (5.9)$$

$$\sum_{j=1}^a r_{ij} q_{ijt} \leq R_{it}, i = \overline{1, m+p_t}; t = \overline{1, T}, \quad (5.10)$$

$$\sum_{i=1}^{m+p_t} \sum_{j=1}^{a_k} p_{ijt} q_{ijt} \leq B_n, n = \overline{1, N}; t = \overline{1, T}, \quad (5.11)$$

$$\sum_{i=1}^{m+p_t} \sum_{j=1}^{a_n} q_{ijt} \leq S_n, n = \overline{1, N}; t = \overline{1, T}, \quad (5.12)$$

$$\sum_{i=1}^{m+p_t} c_{it} q_{it}^p \leq K_t, t = \overline{1, T}, \quad (5.13)$$

$$q_{ijt} \geq 0, i = \overline{1, m + p_t}; j = \overline{1, a_t}; t = \overline{1, T}, \quad (5.14)$$

$$Y_{it} \geq q_{it}^p \geq 0, i = \overline{1, m + p_t}; t = \overline{1, T}, \quad (5.15)$$

где p_t – количество новых типов ВС (в виде проектов), предлагаемых авиакомпаниям авиапромышленностью в t -м году [58, 274, 280, 339].

Сложность современных ВС не позволяет построить алгоритм, с помощью которого можно было бы найти за приемлемое для практики время все параметры и характеристики новых типов ВС, которые интересуют нас, не опираясь на прототипы. Поэтому, учитывая последовательный характер приближения к оптимальной конструкции, целесообразно процесс проектирования номенклатуры ВС начинать с некоторого «хорошего» приближения (аналог бенчмаркинга) [339]. Такая задача стоит перед проектировщиком, когда необходимо создать модификацию существующей конструкции, то есть, когда можно улучшить выбранный прототип путем частичных изменений. Рассмотрим идею параметрического моделирования номенклатуры ВС, с помощью которого можно генерировать множество проектных вариантов ВС, ограничившись только теми параметрами, которые существенно влияют на эффективность функционирования авиакомпании [58, 274, 280, 339].

Потенциальный рыночный заказ новых типов ВС сформируется в виде $\sum_{t=1}^T q_{it}^{p*} = q_i^{p*}$, $i = m + 1, \dots, p_t$. В зависимости от заказа q_i^p любой разработчик номенклатуры ВС принимает решение о целесообразности производства предлагаемого типа ВС с учетом отпускной цены C_{it} и себестоимости производства одного ВС [58, 274, 280, 339]. С другой стороны, авиакомпании тоже принимают решение о покупке того или иного типа ВС в необходимом ей количестве, где кроме стоимости лизинга или покупки, стоимости поддержания летной годности, в расчет принимаются летно-технические характеристики самого воздушного судна, как функция способности обслуживать планируемую маршрутную сеть авиакомпании. Этот итерационный процесс согласования цен и назначенных маршрутов представлен на рисунке 5.1, продолжается до тех пор, пока авиакомпании и авиапромышленность не придут к компромиссу [339].

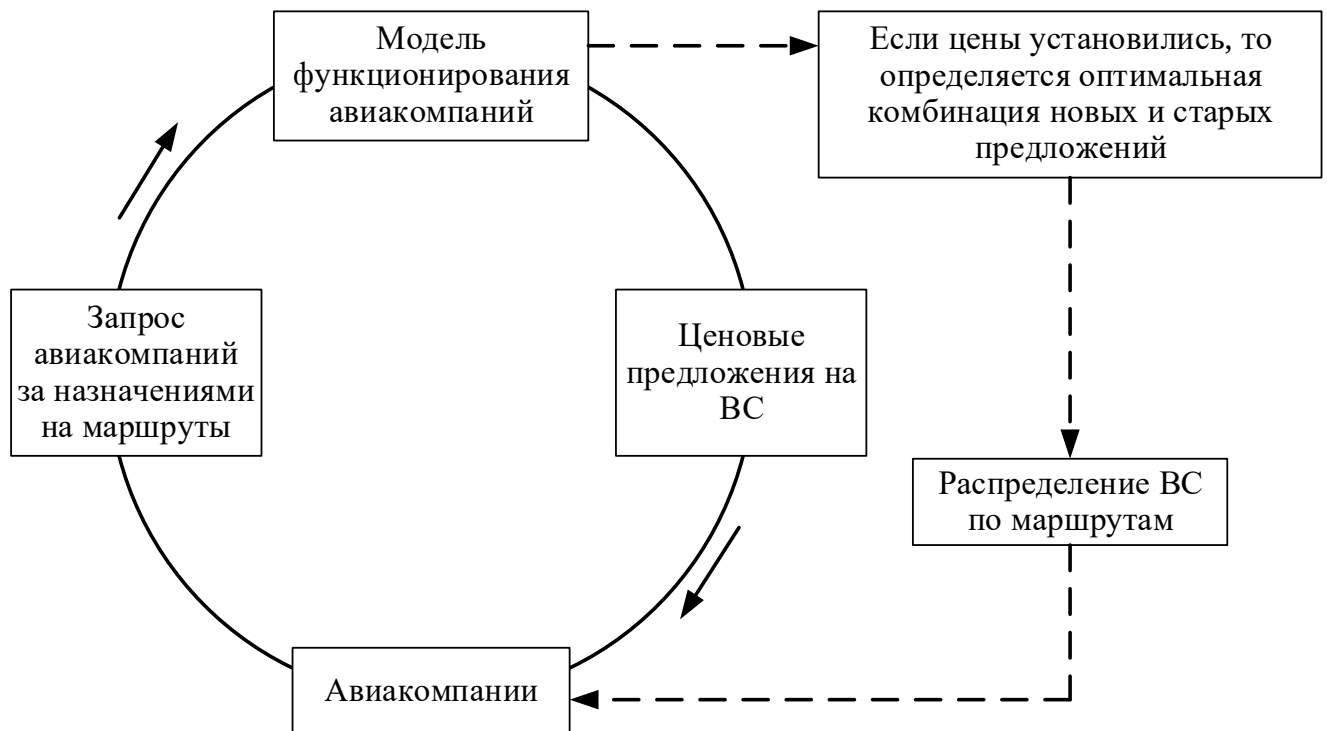


Рисунок 5.1 – Блок-схема взаимодействия авиакомпаний с авиастроительной отраслью

5.1.1. Метод формирования оптимальной линейки (модельного ряда) воздушных судов для построения парка авиапредприятий регионов Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока на основе исследования параметрических моделей ВС

Для решения задачи формирования флота единой дальневосточной авиакомпании в работе представлен метод исследования математических моделей воздушных судов через параметрическое моделирование оптимальной линейки ВС для эксплуатации в Арктической зоне и на Крайнем Севере [58, 274, 280]. Автором предложено рассматривать параметрическое моделирование как метод исследования математических моделей воздушных судов через представленные разработчиками основные характеристики и параметры [62]. Установлено, что достоверного результата при решении таких слабоформализованных задач, как принятие решений управления процессами и системами, в средне- и долгосрочной перспективе, можно

достичь с использованием методов, основывающихся на различных идеях и подходах, а именно композициях методов исследования временных рядов. Поэтому для исследования использованы такие факторы, как производственно-ресурсный потенциал, маршрутная сеть, параметры аэродромов для расчёта консонанса – коэффициента выравнивания модели по значимым параметрам [58, 267, 274, 280]. Такая модель может основываться на оценке зависимости темпа серийного производства самолетов от их обобщенных показателей качества, определяемых на основании квалиметрических моделей свойств самолётов, в основу которых положена функциональная связь между значениями коэффициентов потенциала пассажировместимости в решении задач по назначению и определяющих соответствующие возможности самолета [58, 267, 274, 280, 325].

Совокупный флот всех шести оперирующих на Дальнем Востоке авиакомпаний составляет более 130 воздушных судов, самолетов и вертолетов различных модификаций [231]. Исходя из этого обстоятельства, сложной и разнообразной структуры флота, где имеется значительная часть ВС зарубежного производства, испытывающей острые проблемы с поддержанием летной годности этого многотипного и интенсивно стареющего флота, рациональным является консолидация региональных авиакомпаний с государственным участием, исходя из принципов оптимизации затрат по всем основным направлениям деятельности авиаперевозчиков региона [62, 157, 158]. Оптимальное количество типов воздушных судов в парке единой авиакомпании может дать весомый синергетический эффект в таких областях оптимизации, как создание объединенного пула запасных частей, создание единого учебного центра по подготовке авиационного персонала с едиными программами подготовки и тренажерным комплексом [62]. В процессе реализации этой многофакторной задачи встает острая проблема обновления текущего состава парка ВС за счет разработки оптимальной линейки современных воздушных судов отечественного производства с целью создания единого заказа для поставки в единую дальневосточную авиакомпанию [62, 231].

На сегодняшний день авиационная промышленность имеет большой задел к серийному производству нескольких типов ВС, имеющих перспективу войти в состав флота дальневосточных авиакомпаний, оперирующих в том числе в районах Крайнего Севера и Арктики, где к ВС предъявляются особые требования по эксплуатации в условиях экстремально низких температур [59, 61, 67].

В условиях неопределённости с производством и сроками поставки новой отечественной авиатехники для авиатранспортного сектора страны сложным является не только формализация поставленной задачи, но и выявление наиболее значимых факторов формирования парка ВС для Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока [69].

При выборе метода исследования, безусловно, было бы логичным рассматривать отдельные составляющие, строя «простые» модели, в частности модели множественной регрессии, авторегрессии [77, 94]. Однако прогнозы развития рассматриваемых процессов, таких как производственные возможности авиационной промышленности, количество, сроки поставок в авиакомпании региона и достижения конечного результата формирования оптимальной линейки парка ВС региональной авиакомпании закладывают основу для принятия важных управленческих решений [62, 157]. Последствия их реализации могут отразиться на различных аспектах человеческой жизнедеятельности, поэтому модель прогнозирования должна предусматривать тщательный анализ предметной области, выявление наиболее значимых факторов [69, 121].

Именно поэтому при решении таких слабоформализованных задач, как принятие решений процессами и системами, особенно на средне- и долгосрочную перспективу, как показывает практика, можно получить с использованием методов, основывающихся на различных идеях и подходах, а именно композициях методов исследования временных рядов. Для исследования использованы такие факторы, как производственно-ресурсный потенциал, маршрутная сеть, параметры аэродромов для расчета консонанса – коэффициента выравнивания модели по значимым параметрам [58, 157].

Относительно аналитического экспертного подхода формирования множества параметров математической модели следует учитывать относительные изменения, которые влияют на формирование номенклатуры авиапарка в каждом конкретном регионе. В таком случае, кроме перерасчета номенклатуры ВС, требуется пересмотр дальневосточных социальных маршрутов, изначально насчитывающих 504 маршрута, в составе которых 385 аэропортов и посадочных площадок находятся в труднодоступных населенных пунктах, представленных [58, 62] (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Общее количество маршрутов

Регион	Амурская область	ЕАО	Забайкальский край	Камчатский край	Магаданская область
Количество	19	3	31	94	26
Регион	Республика Саха	Приморский край	Хабаровский край	Сахалинская область	ЧАО
Количество	179	34	53	21	44

За основу взят сводный реестр социальных маршрутов, сформированный самими субъектами, как наиболее значимый с точки зрения решения социальной задачи повышения авиационной подвижности населения, который лег в основу оценки авиатранспортной инфраструктуры Дальнего Востока [62].

А наиболее важные параметры в оценке аэропортовой системы взяты характеристики взлетно-посадочных полос, в том числе и ведомственных. Кроме длин, ширины, даны оценки оснащенности светосигнальным оборудованием, наличия инструментальных систем посадки и состояния топливозаправочных комплексов. Путем сопоставления этих данных и взлетно-посадочных характеристик парка воздушных судов авиакомпаний дальневосточного региона все аэродромы разделены на пять категорий с разбивкой допущенных типов ВС и обобщены в таблице 5.2 [62, 68, 181].

Таблица 5.2 – Классификационные параметры аэродромов Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока

	Потребная длина ВПП	Воздушные суда
1	до 600 м	вертолеты
2	более 600 м	аналоги Ан-2, DHC-6
3	более 900 м	аналоги Ан-2, DHC-6, L410
4	более 1 500 м	аналоги Ан-2, DHC-6, L410, Ил-114, Q300/400
5	более 2 000 м	SSJ100/A319/B737

При формировании системы формализованных критериев «рациональности программы развития системы +//* обновления авиации в условиях Крайнего Севера Российской Федерации на долгосрочной перспективе» была обоснована необходимость введения дополнительного ограничения количества ВС для дальневосточной маршрутной сети, что напрямую зависит от эксплуатационных и параметрических характеристик в паре «воздушное судно и аэродром», что также взаимоувязано с параметрами построения перспективной маршрутной сети [62, 68, 181].

Первое ограничение модели оптимизации модельного ряда воздушных судов для условий эксплуатации на Крайнем Севере, в Арктике и на Дальнем Востоке связано с планированием авиапарка для единой дальневосточной авиакомпании и имеет следующий формализованный вид:

$$\Delta N_{i\tau}^{\max} = \min\{N_{i\tau}^{\text{налич}} - \max + \dot{N}_{i\tau}^{\max} \cdot \Delta t_{\tau}\}; \left[\frac{S_{\tau}^{\text{зад}}}{C_{1j}} \right] \quad (5.16)$$

где $\Delta N_{j\tau}^{\max}$ – максимально возможное количество самолетов j -го типа, доступных для закупки на российском рынке на интервале времени τ ;

τ – текущий интервал времени поставки t ;

$N_{i\tau}^{\text{налич}} - \max$ – максимальное количество самолетов j -го типа, которые уже изготовлены (имеются на рынке) и могут быть закуплены (включая лизинг) и поставлены в работу на τ -м интервале времени;

$\dot{N}_{it}^{\max}$ – максимально возможный темп серийного производства самолетов j -го типа на τ -м интервале времени;

$\left\lfloor \frac{S_{\tau}^{зад}}{C_{1j}} \right\rfloor$ – определенное с округлением до наименьшей целой величины

максимальное количество самолетов j -го типа, которое может быть закуплено на τ -м интервале времени при финансовых ограничениях $S_{\tau}^{зад}$;

C_{1j} – стоимость закупки одного самолета j -го типа.

Выражение (5.16) приведено с учетом того, что при формировании программы развития флота гражданской авиации осуществляется разбивка периода планирования $[t_0, T_{зад}]$ на конечное количество T равномерных отрезков – интервалов, продолжительностью Δt каждый, т.е. $T = \frac{T_{зад} - t_0}{\Delta t}$. При этом считается, что поставка новых самолетов на каждом интервале времени будет происходить в середине каждого интервала, и новые самолеты сразу после поставки начинают использоваться по назначению [58].

С учетом плановой поставки ВС (таблица 5.3) необходимо использовать многомодельную методику прогнозирования, которая будет учитывать не только производственные возможности поставок ВС, но и систему расширения маршрутной сети.

Таблица 5.3 – Планируемый парк воздушных судов до использования математической модели оптимизации

Тип маршрутов	Тип ВС	Количество ВС					
		2019	2021	2022	2023	2024	2025
Местные	Ми-8	92	88	80	74	69	65
	DHC-6	7	10	15	21	26	29
	L-410 /Ан-2/3	17	17	17	17	21	25
	ЛМС				2	6	10
Региональные	Ан-24/26/ Як-40 и др.	80	72	57	32	5	0
	Q300	6	6	6	6	6	6

Тип маршрутов	Тип ВС	Количество ВС					
		2019	2021	2022	2023	2024	2025
	Ил-114 (Q400)	5	9	15	24	34	34
	SSJ-100	8	9	12	14	16	16
	Итого	215	211	202	190	183	185
	в т.ч. Ил-114 по графику поставки ВС				3	11	19
	в т.ч. всего российских самолетов	25	26	29	36	54	70

Как было указано выше, для исследования использованы такие факторы, как производственно-ресурсный потенциал, маршрутная сеть, параметры аэродромов для расчета консонанса – коэффициента выравнивания модели по значимым параметрам [58].

Для анализа когнитивной карты использованы показатели консонанса (c_i), будем использовать второй элемент модели оптимизации модельного ряда ВС для условий дальневосточной маршрутной сети:

$$C_{ij} = \frac{|v_{ij} + \bar{v}_{ij}|}{|v_{ij}| + |\bar{v}_{ij}|} \quad (5.17)$$

где v_{ij} , $\bar{v}_{ij}$ – пара связей в транзитивно замкнутой когнитивной матрице маршрутной сети; диссонанса (d_i) [157, 280],

$$d_{ij} = 1 - c_{ij} \quad (5.18)$$

воздействия системы поставок ВС на концепт ($\bar{P}_i$) [157,280]:

$$\bar{P}_1 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n p_{ij} \quad (5.19)$$

и концепта на систему оптимизации парка ВС в каждый период времени ($\bar{P}_j$):

$$\bar{P}_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_{ij} \quad (5.20)$$

показатели консонанса воздействия для большинства концептов формирования парка ВС достаточно высоки и находятся в пределах от 0,64 до 0,91. То есть система

отклонения от начального количества поставок для разных видов ВС составляет от 64 до 91%. При этом максимальный показатель диссонанса достаточно низок – его значение составляет 0,3. То есть между отобранными концептами изначального плана количества ВС и системой оптимизации авиапарка существует взаимозависимость, и они могут быть использованы при построении сценариев развития системы [157, 280].

Применение совокупности указанных подходов позволило рассматривать не только с точки зрения общей характеристики отдельного фактора, но в контексте конкретной системы, процесса, их особенностей и целевого направления. Например, показатель роста ВС считается положительным фактором, поскольку свидетельствует о развитии региональной гражданской авиации [58, 157].

Полученный набор наиболее значимых факторов используется для построения сети Байеса, с помощью которой определяются переменные, наиболее влияющие на целевую задачу. После этого строится уравнение множественной регрессии с принудительным включением в модель обнаруженных переменных. Оценка параметров модели производится на основе рекурсивного метода наименьших квадратов. Это позволит вписать в модель оптимизации модельного ряда ВС для условий дальневосточной маршрутной сети третий параметр – ограничения производства типов ВС в связи с программой импортозамещения с 2022 года.

Таким образом, следует использовать подход к вычислению меры сходства временных рядов производства, который может быть применен и в составе ансамблей моделей, описанных ранее. Определение временного интервала, на котором будет выполняться анализ и агрегирование данных, принимает значения продолжительности производственного цикла как временных рядов. Разбиение входного временного ряда данных на отрезки соответствующей длины возможно на основе обновленных данных производственных возможностей российского авиапрома [231].

Вычисление значений степени сходства между каждым из входящих временных рядов как наиболее вероятного сценария производства каждого типа ВС

и будет являться целевым временным рядом. Результаты будут иметь вид вектора значений сходств [58]:

$$Sim = \{Sim_1, ..., Sim_k\}, \quad (5.21)$$

где Sim_i – мера сходства между i -м входным интервалом и целевым рядом, вычисляемым по формуле (5.7).

Поиск оптимального значения сходства среди всех значений вектора, полученного на предыдущем шаге, будет иметь вид:

$$\max\{Sim_i : i = 1, ..., K\}. \quad (5.22)$$

Следует отметить, что в общем случае вместо меры сходства в формуле (5.22) может быть использована любая другая метрика – например, стандартная $ScoreAvg$ (5.23), тогда, соответственно, решается задача минимизации – то есть определяется пара рядов, для которых значение $ScoreAvg$ (целевой функции времени пополнения авиапарка) меньше всего [58]:

$$\min\{ScoreAvg_i : i = 1, ..., K\}, \quad (5.23)$$

$$ScoreSim(Y, X) = 100\% \cdot \left(1 - \frac{ScoreAvg_1}{ScoreAvg_0}\right).$$

После того как полученные результаты сформированы, то методом аналитического анализа и на основе построенных графиков, рассчитанных статистик, необходимо принятие решений касательно результатов в части их дальнейшего использования, которые могут потребовать дополнительных вводных, информации, а также введение уточнений в постановку задачи [280].

Последующая итерация алгоритма для выбора способа оптимизации модельного ряда гражданских ВС представлена в таблице 5.4.

На основе полученных значений общего количества ВС вычисляется коэффициент подобия модельному ряду, предложенный автором [58] (5.24):

$$ScoreSim(Y, X) = 100\% \cdot \left(1 - \frac{ScoreAvg_1}{ScoreAvg_0}\right) = 100\% - 100\% \times \frac{\left(\frac{1}{(\max(n, m) - (P_1 - \max(n, m)))} \cdot \sum_{k=1}^{P_1} D_1[j_p, i_p]\right)}{P_0}, \quad (5.24)$$

где P_0 – начальное количество ВС модели π_0 ,

P_1 – реальное количество, которое можно произвести российским авиапромом за период π_1 ,

$\max(n, m)$ – возвращает максимальное среди n и m значение.

Таблица 5.4 – Планируемый парк воздушных судов после использования математической модели оптимизации

Тип маршрутов	Поставки / вывод					
	2021	2022	2023	2024	2025	Итого
Местные	-4	-8	-6	-5	-4	-27
	3	5	6	5	3	22
				4	4	8
			2	4	4	10
Региональные	-8	-15	-25	-27	-5	-80
	0	0	0	0	0	0
	4	6	9	10	0	29
	1	3	2	2	0	8
	1	-9	-12	-7	2	-30
			3	8	8	19
	1	3	7	18	16	45

Входящий ряд данных X из таблицы 5.4 содержит пропуски показателей по модельному ряду, показанными в таблице 5.5.

В рамках реализуемого метода сначала удаляются пробелы по изменениям, и только после этого выполняется операция нормализации данных.

Для приведенных входных рядов временных данных выполнена стандартизация по диапазону [58]:

$$z_i = \frac{x_i - \min_{i=1, \dots, m} \{x_i\}}{\max_{i=1, \dots, m} \{x_i\} - \min_{i=1, \dots, m} \{x_i\}}, \quad (5.25)$$

где $\max_{i=1, \dots, m} \{x_i\}$ – максимальное значение среди всех значений X , а

$\min_{i=1, \dots, m} \{x_i\}$ – соответственно, минимальное.

Таблица 5.5 – Оптимизационные параметры модельного ряда

Тип маршрутов	Модель	Пассажироемкость	Поставки / вывод						Целевая переменная Y, %		Переменная Y ₀ , %
			2021	2022	2023	2024	2025	Итого	Модель	К-во	
Магистральные	Ил-96	235	-4	-8	-6	-5	-4	-27	Ми-8	65	-127,7
	Ил-96–400	450	3	5	6	5	3	22	ДНС-6	29	101,2
	SSJ100	89–103				4	4	8	L-410	25	89
	Ту-214	164			2	4	4	10	ЛМС	10	119,7
Региональные	SSJ100	89–103	-8	-15	-25	-27	-5	-80	Ан24/26/Як40/ Ан-2/3 и др.	0	-166,8
	Ту-214	164	0	0	0	0	0	0	Q300	6	100
	Ил-114	64	4	6	9	10	0	29	Ил-114 (Q400)	34	102,5
	Ил-114–300	80	1	3	2	2	0	8	SSJ-100	16	93,5
			1	-9	-12	-7	2	-30	Итого	185	
					3	8	8	19		19	
			1	3	7	18	16	45		70	

Для включения к рассмотрению в качестве альтернативных самолетов для обновления авиационного парка для дальневосточной маршрутной сети на долгосрочной перспективе целесообразно рассматривать только те типы самолетов, которые, с одной стороны, должны обеспечить приобретение необходимого уровня характеристик в выполнении определенных задач в соответствии с возможными сценариями применения в авиатранспортной работе, а с другой стороны – для формирования авиапарка, в котором максимально возможный темп производства может быть оценен с помощью соответствующей математической модели [58, 231]. Такая модель может основываться на оценке зависимости темпа серийного производства самолетов от их обобщенных показателей качества, определяемых на основании квалиметрических моделей свойств самолетов, в основу которых положена функциональная связь между значениями коэффициентов потенциала пассажироемкости в решении задач по назначению и определяющих соответствующие возможности самолета (таблица 5.6).

Нормализованные значения целевой и входной переменных представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.6 – Данные по оптимизации модельного ряда

Год, Т	Модель	Целевая переменная Y , %	Обратная целевая переменная Y_0 , %	Входной временной ряд, X , %	Нормированное, %		
					Y	Y_0	X
Магистральные	Ил-96	90,5	–90,5	90,4	0	0	0,0456
	Ил-96–400	94,6	–94,6	93,1	0,0537353	–0,0537	0,1335
	SSJ100	112,3	–112,3		0,2857143	–0,2857	0,3973
Региональные	SSJ100	127,7	–127,7		0,4875491	–0,4875	0,3973
	Ту-214	117,8	–117,8	101,2	0,3577982	–0,3577	0,3973
	Ил-114	93,3	–93,3	89	0,0366972	–0,0366	0
	Ил-114–300	166,8	–166,8	119,7	1	–1	1
2023		114,6	–114,6	100,1	0,3158585	–0,3158	0,3615
2024		115,5	–115,5	102,5	0,327654	–0,3276	0,4397
2025		105,6	–105,6	93,5	0,197903	–0,1979	0,1465

Таблица 5.7 – Значение целевого и входного временных рядов
после нормирования по диапазону

Номер индекса времени (Т)	Значение целевого временного ряда (Y)	Значение входного временного ряда (X)
1	0	0,0456026
2	0,0537353	0,1335505
3	0,2857143	0,3973941

Для каждой из определенных альтернативных форм зависимости показателя темпа серийного производства самолетов складывалась система нормальных уравнений, по процедуре аппроксимации по методу наименьших квадратов описывает условие минимизации среднеквадратического отклонения реальных

значений темпа серийного производства ВС от тех, которые должны быть рассчитаны по математической модели, которая будет разработана. Это позволило определить значение неизвестных коэффициентов при соответствующих факторах. Для каждой альтернативной формы производилась проверка качества оценки зависимости показателя темпа серийного производства самолетов от их коэффициентов потенциала [58].

Однако проведенный многофакторный анализ будет не полным, если не включить в модель оптимизации модельного ряда ВС в условиях дальневосточной маршрутной сети финансовый фактор для определения возможного отклонения в финансовых планах после оптимизации модельного ряда [58, 157].

Главной целью проведения исследований, по финансовой оценке, возможных расходов при закупке парка самолетов того или иного альтернативного типа при формировании программ развития авиации Крайнего Севера, Арктики, Дальнего Востока и удовлетворения потребностей единой дальневосточной авиакомпания является предоставление адекватной информации не только об оценке стоимости самолетов, а также и прогнозные данные о финансовых оценках.

Для оценки стоимостных показателей носителей может применяться понятие типового жизненного цикла (ЖЦ) авиационной техники и типового распределения его стоимости по основным стадиям и этапам, что является основным инструментом оценки прогнозных значений стоимости этапов ЖЦ моделей ВС гражданской авиации.

Наличие типичного распределения стоимости ЖЦ самолетов по основным стадиям и этапам позволяет определить зависимость между стоимостью серийного образца авиационной техники и расходами на стадию использования его по назначению, если в ходе последней будет выполняться комплекс мер по поддержанию ПЛГ, эксплуатации и ремонту авиационной техники. Такую зависимость можно получить, если положить, что общие расходы ресурсов в денежном виде на разработку и подготовку серийного производства самолетов данного типа, которые выпадают на один самолет из расчетной серии самолетов данного типа (планируемого

объема серийного производства), и расходы на отдельно взятый самолет в этой серии составляют общую цену серийного самолета.

5.1.2. Оценка стоимости жизненного цикла воздушных судов на основе сравнительного анализа

По результатам проведенного анализа установлено, что существуют определенные отличия в распределении стоимостей типичного жизненного цикла авиационной техники. Это обусловлено тем, что есть самолеты, закупаемые для поставки в авиакомпанию разработанными и производимыми внутри страны, или являются ВС зарубежного производства, закупаемыми по импорту. Типичное распределение стоимости жизненного цикла авиационной техники, разработка и производство которой проходило внутри страны, для потребностей гражданской авиации Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока приведено на рисунке 5.2.

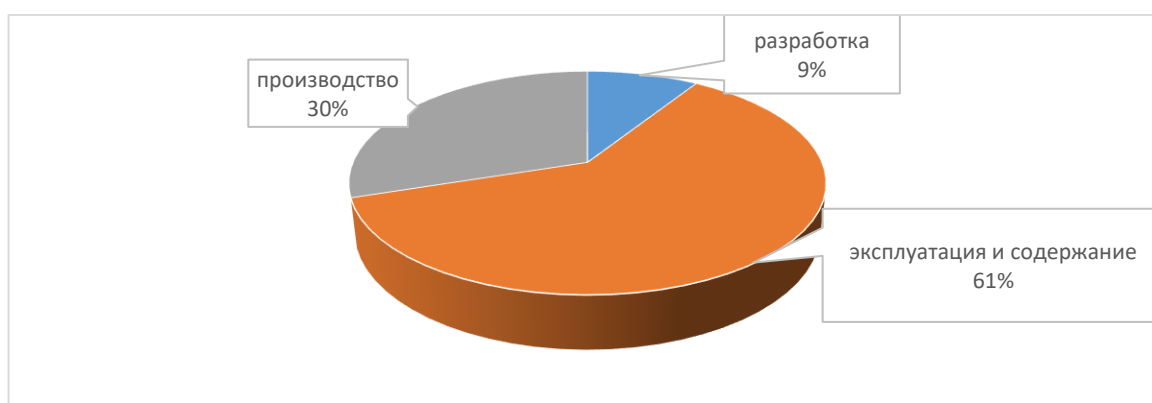


Рисунок 5.2 – Типовое распределение стоимости по основным стадиям ЖЦ (жизненного цикла) авиационной техники, созданной внутри страны

Целесообразно акцентировать внимание на то, что затраты на эксплуатацию воздушных судов для авиации Крайнего Севера формируются еще на этапе проектирования, поэтому, по оптимистическим прогнозам, соответствующих специалистов варьирование финансовыми затратами в стадии эксплуатации самолетов гражданской авиации возможно не более чем на 14–17% от общих эксплуатационных расходов [296].

Применение на практике подхода к закупке авиационной техники, основанной только на оценке стоимости закупок, является ошибочным, поскольку обеспечение летной годности, эксплуатация и поддержка самого дешевого ВС оказывается более затратной, чем эксплуатация и поддержка более дорогого и, как следствие, более технологичного и совершенного ВС за весь период его эксплуатации, который, например, для самолетов гражданской авиации составляет около 20–25 лет, а в нынешних условиях может быть продлен до 30 лет и более. В общемировой практике принято различать три основных периода эксплуатации и жизненного цикла ВС, его старения от состояния нового (первые 5 лет), через состояние максимальной надежности в течение последующих 15 лет и на заключительном этапе ЖЦ достижения возраста, стареющего ВС до его списания [231] (рисунок 5.3).

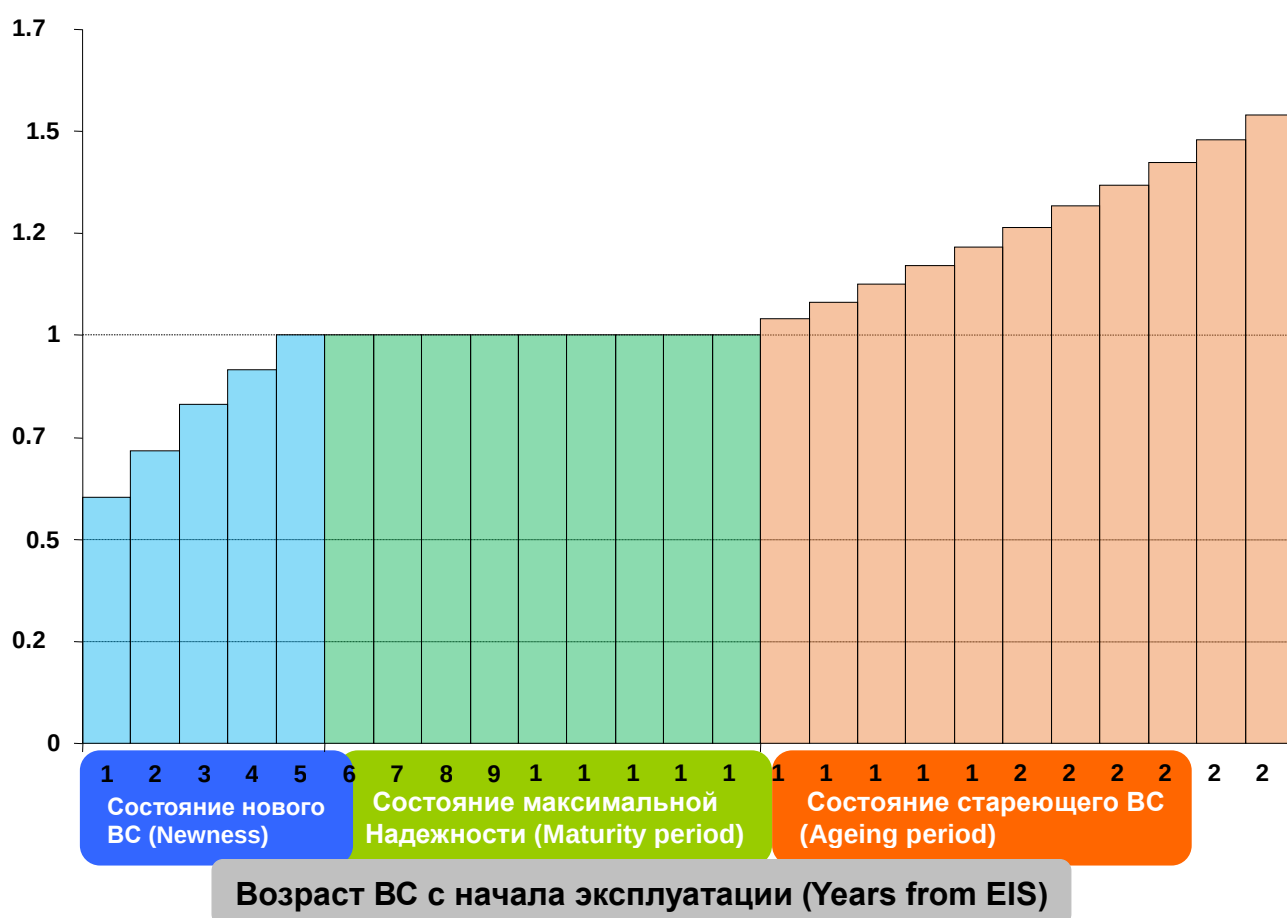


Рисунок 5.3 – Три основных периода жизненного цикла ВС и его старения

На примере временной диаграммы периодов старения воздушного судна на основе анализа данных и практики эксплуатации самолетов производства западноевропейского концерна *Airbus* определены три основных возрастных периода ЖЦ воздушного судна, имеющих следующую градацию:

Возраст от 1 до 5 лет принято считать возрастом нового самолета ввиду факторов:

- наличия действующих гарантий на конструкцию ВС, агрегаты и компоненты, их надежность, малое число отказов и замен;
- возраст ВС от 5 лет до 15 лет характеризуется максимальной надежностью (maturity period) со стабильно низким параметром потока отказов;
- возраст ВС от 15 лет и старше характеризуется факторами появления коррозии и необходимости выполнения программ ее предотвращения или устранения согласно *CPCP (Corrosion Prevention Control Program)*. Появлением и необходимостью устранения нагрузочных трещин в конструкции ВС, планера и фюзеляжа (*Fatigue*). Данный календарный возраст ВС предписывает эксплуатантам замену частей двигателей с ограниченным календарным временем нахождения в составе ВС – *LPP (Life Limited Parts)*, что характеризует данный возраст возрастанием прямых расходов на ТО и стоимости поддержания летной годности в целом [67, 231].

Дополнительным аргументом, свидетельствующим о необходимости проведения исследований комплексной оценки стоимости ЖЦ при формировании долгосрочных программ и планов развития системы авиации Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока, является прогнозирование стоимости жизненного цикла авиационной техники с учетом, что затраты на поддержание летной годности, а именно прямых затрат на техническое обслуживание авиационной техники с достижением ею 12–15-летнего срока эксплуатации ежегодно растут на 3–7% по планеру и не менее 1% на двигатели (см. рисунок 5.4).

Но несмотря на это, согласно планированию долгосрочных программ по развитию и поддержанию длительной эксплуатации, авиационная промышленность

РФ ориентирована на производство достаточно крупных серий авиационной техники с расчетом их эксплуатации не менее чем на протяжении 30 лет.

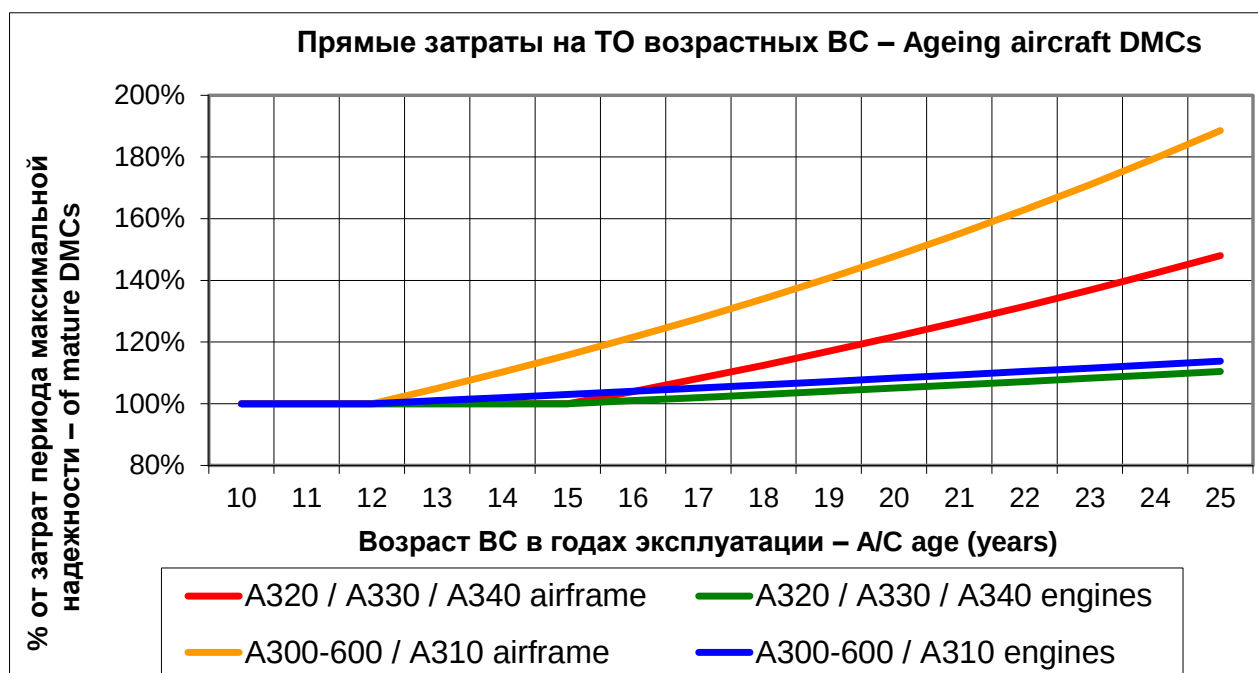


Рисунок 5.4 – График возрастания доли прямых затрат на техническое обслуживание авиационной техники с достижением ею 12–15-летнего срока эксплуатации с ежегодным ростом на 3–7% по планеру и не менее 1% на двигатели (материалы исследования *Airbus*)

5.1.3. Методика формирования системы формализованных критериев рациональности программы развития авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока на долгосрочную перспективу

Для формирования системы формализованных критериев рациональности программы развития системы авиации Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока на долгосрочной перспективе была обоснована необходимость учета стоимости закупки единицы серийного образца воздушного судна j -го типа, который может рассматриваться как альтернативный тип новой авиационной техники для приобретения необходимых возможностей [231]. Также обязательному учету подлежит обобщенная стоимость года эксплуатации одного самолета j -го типа [296].

Математическое выражение, описывающее финансовую составляющую рациональной программы развития системы гражданской авиации Крайнего Севера с учетом стоимости закупки самолетов авиакомпаниями и финансовых затрат на всем сроке их эксплуатации, имеет следующий вид [316]:

$$S = \int_0^{T_{\text{зад}}} \left(\sum_{j=1}^n \left[C_{1j} + \bar{C}_{1j}^{\text{экспл}} \int_t^{T_{\text{зад}}} U_{+(\tau)} d\tau \right] N_j(t) \right) dt, \quad (5.26)$$

где S – общие расходы ресурсов (в денежном виде), необходимые на закупку и эксплуатацию самолетов с момента их поставки на всей глубине программирования $T_{\text{зад}}$;

$N_j(t)$ – производимое по времени количество самолетов j -го типа из n -альтернативных типов, которые закупаются, как функция от времени (распределение закупки самолетов по времени на периоде планирования);

C_{1j} – стоимость закупки одного самолета j -го типа;

$\bar{C}_{1j}^{\text{экспл}}$ – обобщенная стоимость года эксплуатации одного самолета j -го типа;

$U_{+(\tau)}$ – единичная асимметричная функция, такая, что для текущего времени τ

имеет вид: $U_{+(\tau)} = \begin{cases} 0, & \text{при } \tau < 1; \\ 1, & \text{при } \tau \geq 1, \end{cases}$ и характеризующая момент начала несения

эксплуатационных расходов и закупки определенного количества самолетов.

Для оценки стоимости закупки одного самолета j -го типа C_{1j} была разработана математическая модель стоимости ВС гражданской авиации ранее обоснованных трех типов: Ил-114, SSJ100 и Ту-214, адекватно отражающая зависимость цены современных и перспективных для Крайнего Севера и всего Дальнего Востока РФ обобщенных показателей их качества [231]. Такими показателями качества принято считать коэффициенты потенциалов ВС при выполнении ими задач по пассажироперевозкам ($K_{\text{потенциал\_пасс } j}$) и задач перевозки грузов ($K_{\text{потенциал\_груз } j}$), определенных в едином эталоне, например, на Суперджете SSJ100. Названная математическая модель стоимости одного серийного самолета в ценах мирового рынка 2022 финансового года выглядит следующим образом:

$$C_{1j} = 73,2 + 76,38 \ln(K_{\text{потенциал\_груз } j}) + 15,28 \ln(K_{\text{потенциал\_пасс } j}) \pm 4,2.$$

Обобщенную стоимость эксплуатации одного самолета j -го типа C_{1j} можно рассчитать, исходя из типичного распределения стоимости ЖЦ самолетов и ориентировочных сроков их эксплуатации по выражениям:

$$\bar{C}'_{1j \text{ экпл}} = \frac{C_{1k} \cdot k_3}{(k_1 + k_2) \cdot 100\%} \quad (5.27)$$

где C_{1j} – стоимость закупки одного самолета j -го типа; k_1, k_2 , – часть затрат в общей стоимости ЖЦ самолета, выпадающего на разработку и производство отдельного образца данного типа, соответственно; k_3 – доля затрат в общей стоимости ЖЦ самолета, выпадающего на эксплуатацию отдельного образца данного типа.

Общие затраты на эксплуатацию и использование по назначению отдельного самолета будет связано со стоимостью единицы следующим соотношением:

$$\bar{C}'_{1j \text{ экпл}} = 1,56 \cdot C_{1j}$$

Ежегодные обобщенные эксплуатационные расходы в пределах принятых предположений можно оценить с помощью выражения:

$$\bar{C}'_{1j \text{ экпл}} = \frac{1,56 \cdot C_{1j}}{T_j^{\text{служ}}}$$

где $T_j^{\text{служ}}$ – назначенный срок службы самолетов j -го типа (в годах).

Общее выражение расходов при учете неравномерного распределения годовой стоимости эксплуатации современных ВС и усреднении указанной стоимости только на первых двух периодах эксплуатации (т.е. до 15 лет) будет иметь вид:

$$S = \int_0^{T_{\text{зад}}} \left[\sum_{j=1}^n \left[\begin{aligned} &1 + \frac{LC_j \cdot \ln(1,03 \div 1,07)}{(1,03 \div 1,07)^{T_j^{\text{служ}} - 15} + 15 \cdot \ln(1,03 \div 1,07) - 1} \cdot (T_{\text{зад}} - t) + \\ &+ \delta_t \cdot \frac{LC_j \cdot (1,03 \div 1,07)^{T_{\text{зад}}} }{(1,03 \div 1,07)^{T_j^{\text{служ}} - 15} + 15 \cdot \ln(1,03 \div 1,07) - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{(1,03 \div 1,07)^{T_{\text{зад}} - t}} \right) \end{aligned} \right] \cdot C_{1j} \cdot \dot{N}_j(t) \right] dt,$$

где $\delta_t(\tau)$ – вспомогательный символ, характеризующий сроки эксплуатации партии N_{jk} самолетов j -го типа [58, 67, 157, 280].

При переходе в выражении от интеграла по времени отражает типичное распределение стоимости ЖЦ в зависимости от того, были ли самолеты j -го типа уже разработаны и произведены внутри страны или все еще проходят летные испытания, как альтернативный вариант ВС МС-21 [231]. Так как мы выбрали все три варианта из российского рынка без учета не внедренных на российский рынок единиц, то алгоритм оценки будет иметь следующий вид (рисунок 5.5).

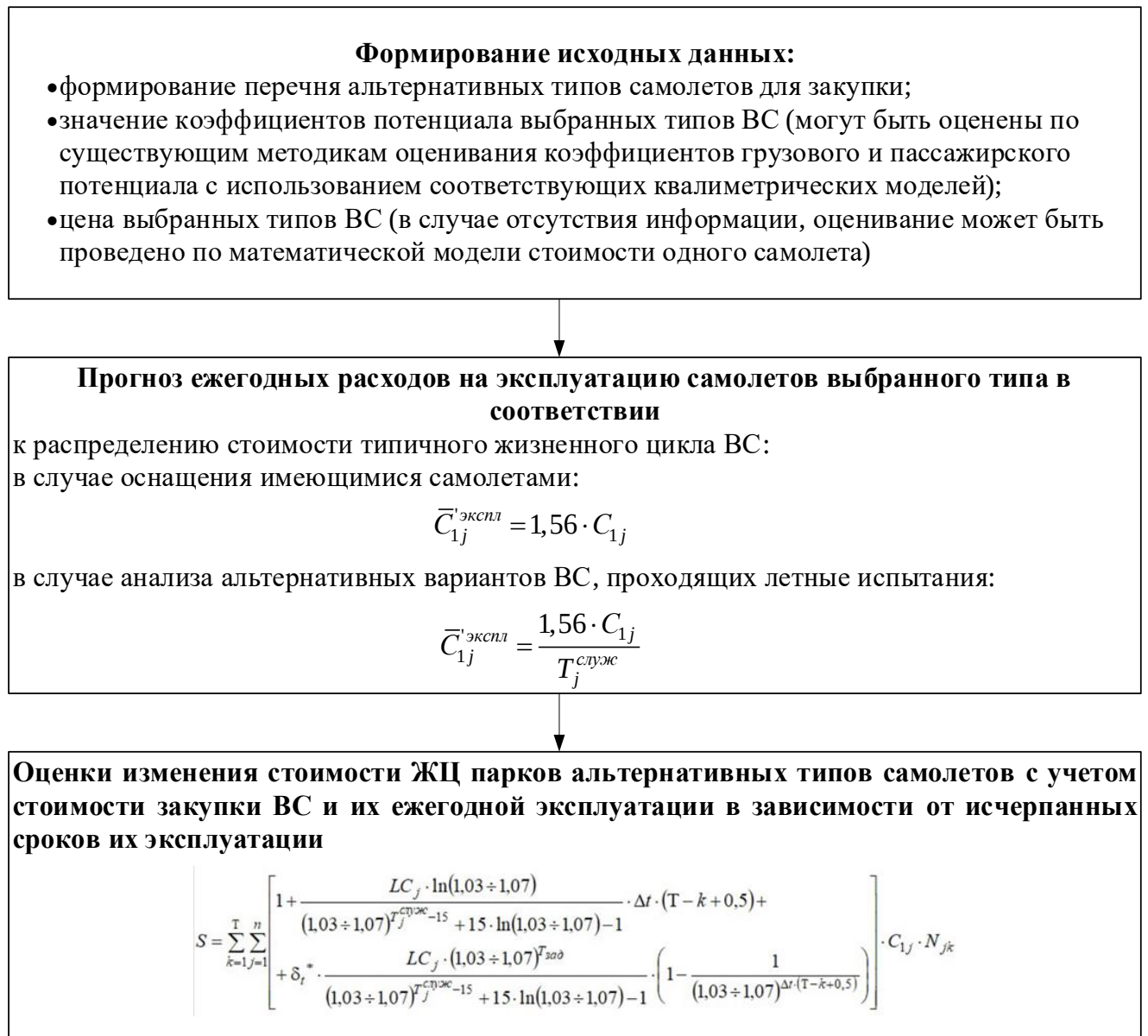


Рисунок 5.5 – Методика прогнозирования стоимости жизненного цикла парков альтернативных типов самолетов

При рассмотрении воздушных судов для региональной авиации Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока, для которых неизвестно значение коэффициентов потенциала работы в Арктических условиях, их оценка должна проводиться по существующим методикам оценки коэффициентов, соответствующих квалитметрических моделей как функциональных зависимостей значений этих коэффициентов от значений технических характеристик этих самолетов [58, 67, 157, 280]. Это позволит по модели рассчитать соотношение стоимости и количества ВС.

Заключительным этапом применения предлагаемой методики является прогнозирование стоимости жизненного цикла расчета парков альтернативных типов многофункциональных самолетов в зависимости от их цены с учетом распределения стоимости типового жизненного цикла для авиационной техники и изменения эксплуатационных расходов по времени эксплуатации по алгоритму (рисунок 5.5).

При замене в итоговом выражении переменных, соответствующих количеству N_{jk} – самолетов j -го типа из n – альтернативных типов в каждый k -й период времени на глубине программирования T , на подлежащие неизвестные переменные в математической задаче синтеза рациональной программы развития системы авиации Крайнего Севера и Арктики, разработанная методика позволяет интегрировать ее в состав системного научно-методического аппарата с целью обеспечения формирования целевой функции или выражений-ограничений в математических задачах оптимизации программ обновления парков самолетов по себестоимости (таблица 5.8).

Таблица 5.8 – Себестоимость планируемых единиц закупок на 4 года (тыс. руб.)

ВС	Годы			
	2023	2024	2025	2026
SSJ100	87 956,00	75 623,00	43 674,00	64 834,00
Ту-214	422 166,00	430 176,00	380 167,00	620 777,00
Ил-114	86 359,00	78 462,00	339 389,00	100 440,00

Рассчитаем и проведем оценку показателей, комплексно характеризующих уровень использования основных производственных фондов для каждой единицы ВС.

Для анализа выявления резервов улучшения использования основных вариантов планирования работы авиапарка дальневосточного региона необходимо проанализировать показатели фондоотдачи, фондоёмкости и износ данных фондов по предложенному алгоритму (таблица 5.9).

Таблица 5.9 – Показатель фондоотдачи планируемых единиц закупок на 4 года (тыс. руб.)

ВС	Годы			
	2023	2024	2025	2026
SSJ100	0,094	0,083	0,159	0,334
Ту-214	0,27	0,45	0,53	1,13
Ил-114	0,87	0,94	1,21	0,97

По ТУ-214 фондоотдача за аналитический период увеличится на 0,1 (10%), однако в сравнении 2025 и 2026 гг. данный показатель уменьшится на 0,24, что будет связано большей амортизацией. Таким образом, для ТУ-214 в разрабатываемой модели для местной и региональной гражданской авиации следует предусмотреть два альтернативных варианта. Для этого могут быть использованы плановые показатели производства L410 и ЛМС [58, 62].

Для определения необходимой величины основных фондов для изготовления и закупки выбранных наименований рассчитаем показатель, обращенный к фондоотдаче альтернативных вариантов и их фондоёмкость (таблица 5.10).

Таблица 5.10 – Показатель фондоемкости планируемых единиц закупок на 4 года: альтернативные варианты (тыс. руб.)

ВС	Годы			
	2023	2024	2025	2026
L410	10,64	12,05	6,29	2,99
ЛМС	1,15	1,06	0,83	1,03

Более полное использование основных фондов ведет к уменьшению потребности во вводе в эксплуатацию новых ВС, к увеличению объема закупок в будущем. Поэтому дополнительно рассмотрим показатель выработки будущей закупки, позволяющий в стоимостном выражении сравнить производительность при производстве принципиально разных ВС с финансовым планом поставки (таблица 5.11).

Таблица 5.11 – Базовые график поставки российской авиационной техники в Дальневосточный Федеральный округ после использования оптимизационной модели

Потребность в ВС российского производства для ввода в эксплуатацию в ДФО						
Тип ВС	2021	2022	2023	2024	2025	ИТОГО:
Ил-114 (аналог)	1	3	2	2	-	8
L410	-	-	3	8	8	19
SSJ100 российского производства	-	-	-	4	4	8
ЛМС*	-	-	2	4	4	10
Итого	1	3	7	18	16	45

Таким образом, параметрам модели отвечают 5 вариантов ВС, однако плановые производственные прогнозы могут быть нарушены с учетом контура импортозамещения, начавшегося с 2022 года. Поэтому в данной работе предлагаются разные математические модели прогнозирования, в основу которых положено поэтапное раскрытие неопределенностей разной природы, уточнение результатов моделирования на каждом этапе исследования. Особенностью такого подхода является то, что принимающее решение имеет возможность получить не только «готовый» ответ, но и участвовать в формировании моделей, предлагать собственные сценарии и горизонты прогнозирования для обработки с использованием фактических данных [58, 62, 67, 157].

5.2. Формирование стратегии построения сети маршрутов в условиях аэропортов Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока на основе топливно-экономического критерия

В современных условиях функционирования авиатранспортной системы гражданской авиации Российской Федерации крайне важным является вопрос снижения затрат и оптимизации всех бизнес-процессов. Деятельность аэропортов является неотъемлемой составляющей развития аэропортов в условиях Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока на основе топливного и экономического критериев, и поэтому повышение их результативности и конкурентоспособности невозможно без усовершенствования системы управления затратами в связи с расширением маршрутной сети и обновления авиапарка. В современной эксплуатационной науке экономические подходы к определению и управлению затратами активно развиваются. В то же время на практике возникают вопросы определения расходов в составе других расходов авиационной отрасли, их классификации, оптимизации отдельных направлений деятельности аэропортов в условиях Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока [68, 78, 181].

Отечественные аэропорты указанных регионов вынуждены осуществлять свою деятельность в условиях динамичной конъюнктуры, обусловленной проявлением целого ряда факторов, к числу которых следует отнести замену и обновление авиапарка, рост требований потребителей к качеству предлагаемых услуг, усложнение внешней среды деятельности аэропортов при расширении маршрутной сети и ряда других факторов. При таких условиях особое значение приобретают задачи сохранения и увеличения спроса в ограниченных условиях эксплуатации ВС, в связи с чем аэропортам приходится добиваться высокого уровня эффективности, осуществляя свою деятельность [68, 181].

Важно учитывать, что для части Крайнего Севера России характерны некоторые негативные тенденции, которые присущи современной авиационной отрасли. Так, по данным аналитических справочников, в проектных и производственных предприятиях недостаточно финансовых ресурсов для

осуществления крупномасштабных проектов и возможности удовлетворять потребности авиакомпаний современными воздушными судами, поскольку основные технико-экономические показатели использования авиационного парка остаются неудовлетворительными. Это приводит к вынужденным простоям авиационной техники, невозможности совершать полеты на международных маршрутах, и все это сказывается на убыточности как отечественных авиакомпаний, так и проектных и производственных предприятий страны и утрате ими конкурентных преимуществ [156, 158, 186].

Одним из обязательных условий развития экономики регионов Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока в условиях использования проекта обновления авиапарка является эффективное использование транспортной системы. Разветвленная авиатранспортная сеть, значительная доля малоиспользуемых маршрутов, широкие транспортные контакты с регионами России создают условия для широкого привлечения грузопотоков и получения доходов от экспорта транспортных услуг [153].

Составной частью задачи повышения нагрузки на деятельность аэропортов Крайнего Севера России является решение проблемы по оптимизации затрат. Уровень затрат определяет степень эффективности управления потоковыми процессами в аэропорту, а именно эффективность управления материальными, финансовыми, информационными, трудовыми и иными потоками, которые существуют как внутри, так и вне предприятия, в связи с чем возникает необходимость углубленного исследования их сущности, принципов формирования и учета, анализа их влияния на основной критерий эффективности деятельности аэропорта – прибыль, возможные направления изменения с целью минимизации их величины и максимизации прибыли [153].

В структуре всей АТС аэропорты можно рассматривать как ограничение для роста объемов перевозок в будущем [198]. В контексте прогнозируемого удвоения объема авиаперевозок в регионе к 2026 году есть необходимость увеличения инвестиций в развитие и в исследования по постоянному улучшению пропускной способности аэропортов с учетом требований безопасности.

Можно сказать, что данный подход является развитием уже внедренной системы пассажирских авиаперевозок. Отличие заключается в том, что для обеспечения общего качества обслуживания потребителей и развития сети авиаперевозок экономический подход концентрируется на фазах текущего планирования операций с использованием наиболее точной имеющейся информации по состоянию инфраструктуры аэропортовой сети.

На начало 2022 года план реконструкции инфраструктуры региональных аэропортов предусматривал реализацию инвестиционных проектов в 38 аэропортах ДФО [68].

Сегодня маршрутная сеть построена на 90 аэропортах, из них:

- подходят для Ил-114 по длине ВПП – 84 (93%);
- имеют твёрдое покрытие ВПП – 55 (61%);
- имеют освещение ВПП – 66 (73%).

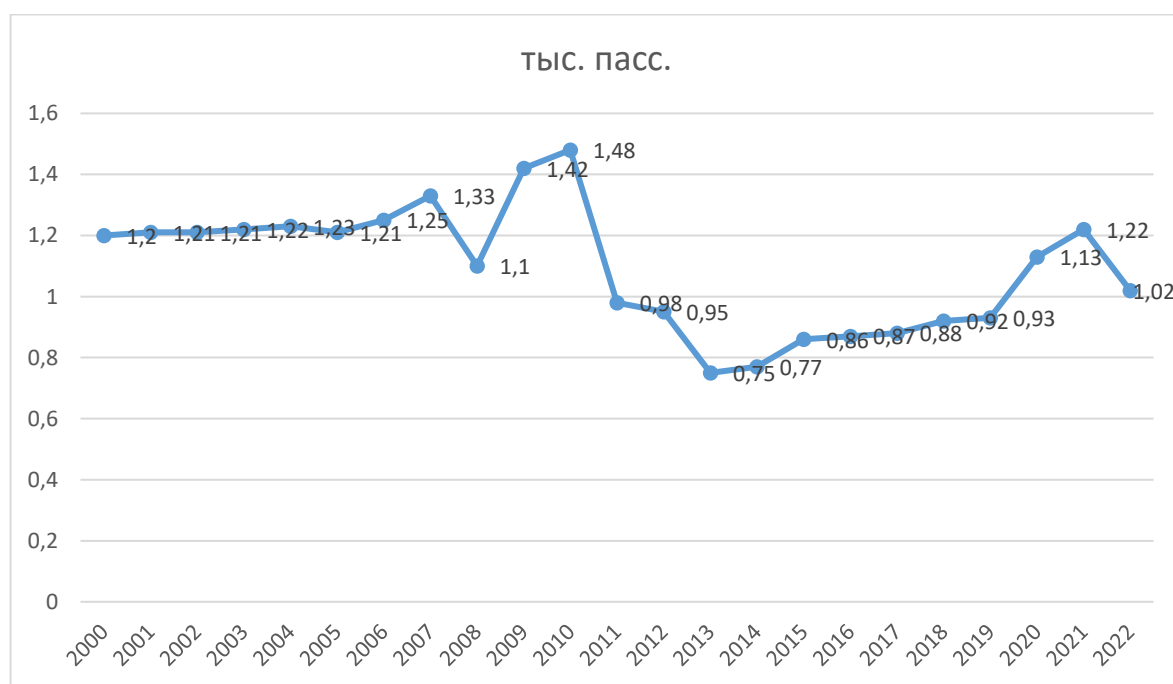


Рисунок 5.6 – Анализ данных по объемам пассажирских авиакомпаний, зарегистрированных в регионах Крайнего Севера России

Однако, платежеспособность населения все еще остается на низком уровне. Практически все маршруты являются социальными и эксплуатируются по

договорам с региональными правительствами, перевозки осуществляются по социальным дотируемым тарифам [53, 68, 153].

Данные со всех источников свидетельствуют, что максимальный объем пассажирских перевозок авиационным транспортом в регионах Крайнего Севера, который был зафиксирован в 2010 г. и составил 1,48 млн пассажиров, еще не достигнут (рисунок 5.6).

Один из долгосрочных прогнозов авиаперевозок аэропортов в условиях Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока до 2022 г. был выполнен в рамках Концепции развития аэропортов. На основе данных (годовой прирост пассажиропотока в аэропортах регионов Крайнего Севера тогда составлял 23,4% и должен быть достигнут 1,92 млн человек) было сделано предположение о том, что в 2026 г. объем авиаперевозок составит 2,383 млн. То есть до 2026 г. закладывался уровень прироста 19% в год, а на период с 2021 по 2025 гг. – 13% [68]. Данный прогноз нуждался в корректировке, ведь простая экстраполяция среднего уровня роста не учитывала основных факторов 2022 года, формирующих спрос. В частности, на сегодня необходимо учесть падение пассажиропотока аэропортов в связи с межрегиональными ограничениями, которое составило 16,2% в результате сокращения объемов перевозок на начало осени 2022 года (рисунок 5.7).

Вышеупомянутое предположение подтверждается и сравнением средней доходности 1 ткм российских авиакомпаний. Анализ фактических коэффициентов загрузки ведущих авиакомпаний также свидетельствует об эксплуатации сети авиамаршрутов с показателями меньше точки безубыточности, то есть авиакомпании работают в убыток [68, 186].

Возникает логичный вопрос о необходимости поиска резервов повышения эффективности функционирования данных авиапредприятий и, возможно, усовершенствования этапа прогнозирования спроса.

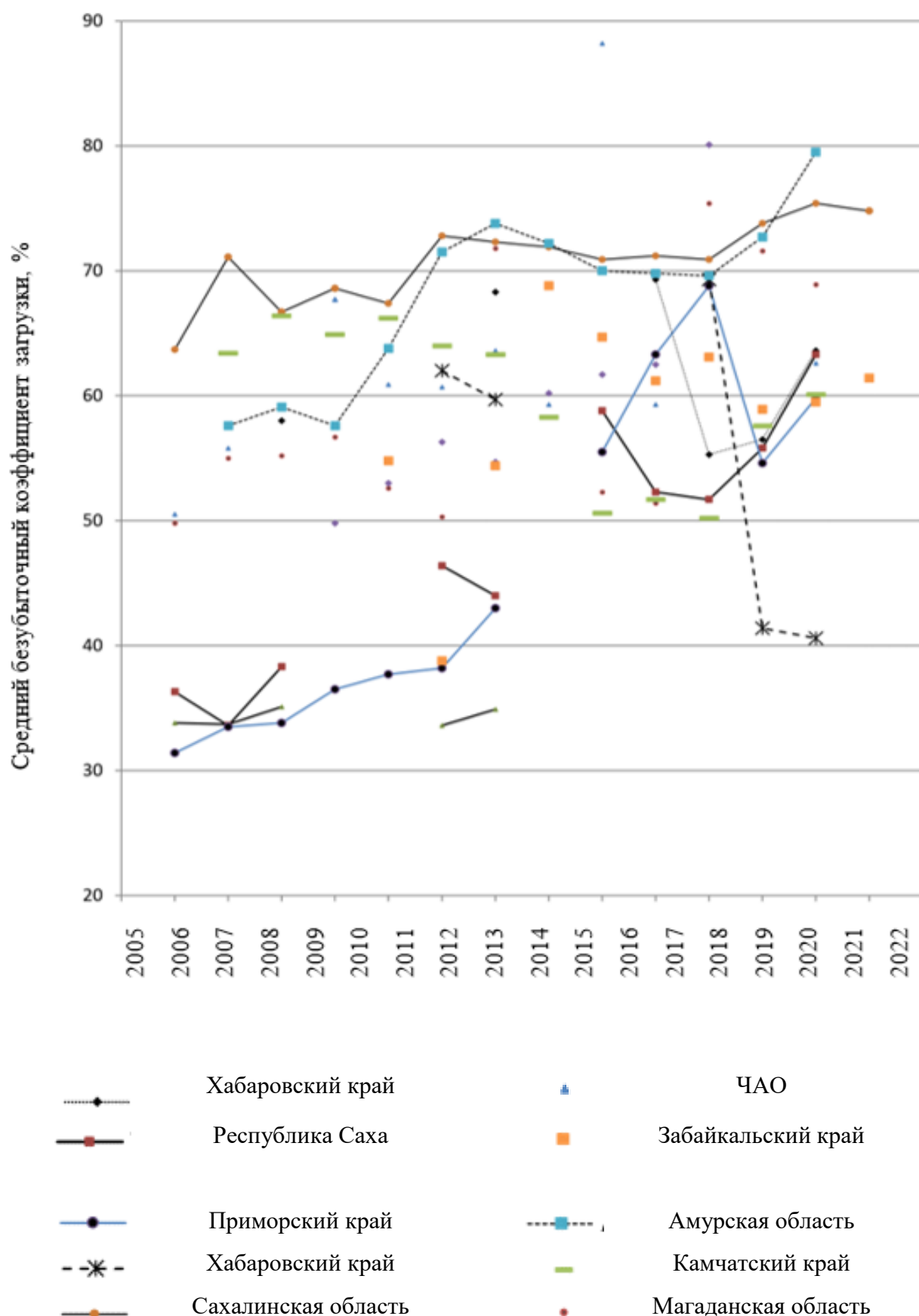


Рисунок 5.7 – Сравнение безубыточного коэффициента загрузки аэропортов регионов Крайнего Севера и Дальнего Востока РФ

В отношении пассажиропотока аэропортов Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока (таблица 5.12), то наиболее вероятным можно считать результат, полученный с помощью модели (5.6), – 1,51 млн пас. в 2020 г. Данный показатель соответствует среднему приросту 0,31% в год, что является отражением социально-экономической среды в регионах Крайнего Севера [68] (рисунок 5.8).

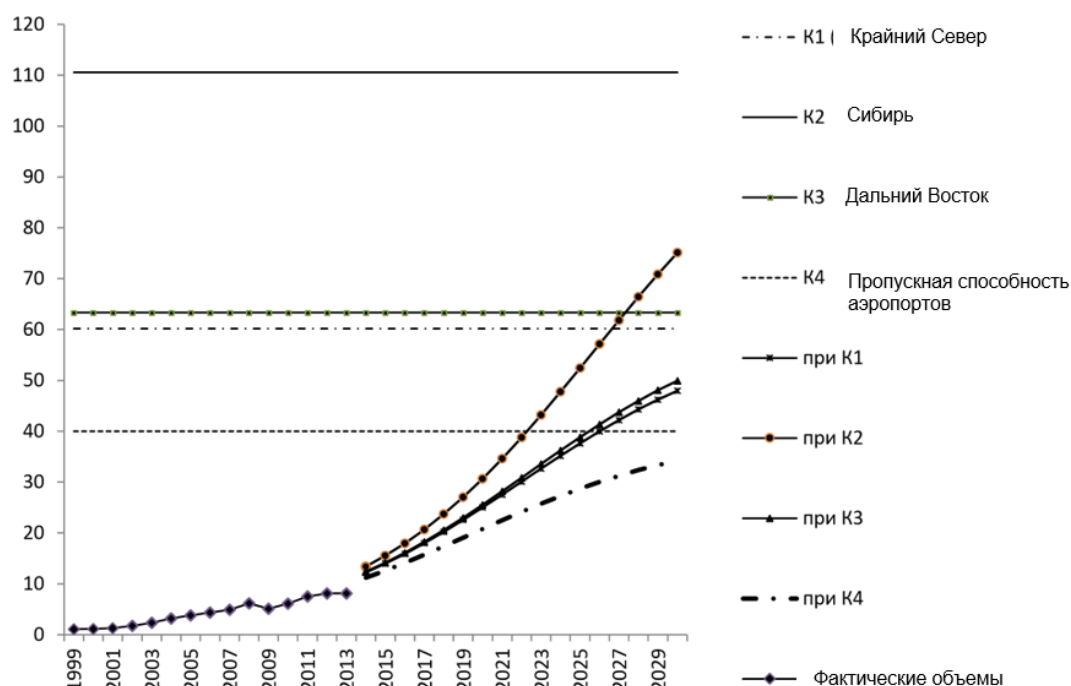


Рисунок 5.8 – Долгосрочный прогноз объемов пассажирских перевозок авиакомпаний, полученный при использовании модели (5.6)

Таблица 5.12 – Долгосрочный прогноз объемов пассажирских авиаперевозок в регионах Крайнего Севера

Модель/ сценарий	Прогноз							Среднегодо- вой прирост, %
	2022	2023	2024	2025	2026	2027*	2028*	
$K_1 = 1,60$ млн пас.	12,25	14,00	15,91	17,99	20,22	22,57	25,02	12,65
$K_2 = 1,105$ млн пас.	13,39	15,54	17,96	20,68	23,71	27,04	30,68	14,82
$K_3 = 1,633$ млн пас.	12,36	14,15	16,12	18,25	20,55	22,99	25,54	12,86
$K_4 = 1,4$ млн пас.	11,19	12,61	14,13	15,73	17,39	19,08	20,79	10,88

При сохранении положительной динамики пассажирооборота в аэропортах Арктики, Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока, согласно модели (5.35),

также можно ожидать, что этот показатель достигнет роста (рисунок 5.9). Однако данный сценарий развития авиаперевозок соответствует оптимистичным ожиданиям, но не сможет удовлетвориться имеющимся авиапарком (рисунок 5.10).



Рисунок 5.9 – Долгосрочный прогноз (наиболее вероятный сценарий) объемов перевозок авиационным транспортом и пассажиропотока аэропортов Арктики, Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока

Следует отметить, что авиатранспортная система Крайнего Севера и Арктики находится в условиях значительных ограничений. Поэтому важно построение комплексных протекционистских экономических мероприятий, расширение перечня услуг при осуществлении перевозок на маршрутах с обновлённым парком ВС [68, 267]. Реализация обновления аэропортовой инфраструктуры приведет к перераспределению на них финансовых потоков по каждому направлению обновленной маршрутной сети.



Рисунок 5.10 – Долгосрочный прогноз пассажиропотока аэропортов Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока, полученный при использовании модели

Условия межрегиональных пассажироперевозок авиатранспортом существенно отличаются от условий перевозки по внутреннему сообщению. Как видно, есть несколько опорных аэропортов, которые формируют центры логистических точек, из которых может осуществляться перелет по магистральным соединениям. Как видно, в регионах Крайнего Севера насчитывается более 40 аэропортов и аэродромов [188].

Предварительно общий объем пассажиропотоков в 2022 г. через аэропорты Крайнего Севера и Дальнего Востока вырос на 7,3%. Имел место рост пассажиропотоков также в основных региональных аэропортах: «Якутск» (на 21,7%), «Южно-Сахалинск» (на 20,6%), «Благовещенск» (на 17,8%), «Владивосток» (на 11%).

Заявленная пропускная способность аэропортов на 2021г. составляла:

- «Хабаровск» – 6800 пас./час;
- «Южно-Сахалинск» – 2550 пас./час;
- «Владивосток» – 3100 пас./час;
- «Якутск» – 2150 пас./час.

Объем существующего спроса на услуги аэропортов Крайнего Севера, Дальнего Востока значительно ниже их пропускной способности. Отметим, что пропускные способности аэропортов «Владивосток» и «Якутск» используются примерно на 14%, «Южно-Сахалинск» – на 20%, «Хабаровск» – на 32% [68].

Уровень развития пассажирских авиаперевозок и место сети аэропортов Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока в Европе можно определить путем визуализации статистических данных относительно объемов пассажиропотоков. В таблице 5.13 приведены результаты оценки доступности основных функционирующих опорных аэропортов Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока по расстоянию между аэропортами и административными центрами областей. Полученные результаты отражают достаточно развитую сеть аэропортов, функционирующих практически во всех областях Северной части России, имеют доступ к аэропорту в пределах 100–1000 км [68].

Таблица 5.13 – Характеристика регионов Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока по возможности доступа к основным опорным аэропортам

Регион	Количество населения, млн чел.	Площадь, тыс. кв. м	Расстояние из областного центра до основного аэропорта региона. L_a , км	Время, необходимое для того, чтобы добраться из населенного пункта в основной аэропорт региона t_a , ч
Южно-Сахалинск	1,274435	29,9	173	2,5
Хабаровск	1,713052	28,0	60	1,0
Владивосток	1,080841	31,9	145	2,0
Якутск	1,150885	23,8	323	4,5
Благовещенск	1,627933	26,5	276	4,0

По мнению Правительства, реализация Концепции должна способствовать развитию административно-территориальных единиц, в пределах которых расположены аэропорты, развитию международного туризма в регионах Крайнего Севера, созданию дополнительных рабочих мест. Очевидно, что есть необходимость методологического обоснования концепции развития аэропортовой

сети Крайнего Севера, Дальнего Востока и целесообразности финансирования из государственного бюджета всей сети или отдельных аэропортов [197].

На первом этапе решения данной проблемы предлагается определить роль каждого аэропорта в общей сети АТС Крайнего Севера и Дальнего Востока путем их классификации так как для Крайнего Севера и Дальнего Востока важно иметь сеть опорных аэропортов, которая бы способствовала текущей и долгосрочной реализации потребностей населения и отраслей экономики в авиационных перевозках. Каждый аэропорт играет определенную роль в развитии АТС, и поэтому инфраструктура аэропортов не может быть стандартной, одинаковой. Информационной основой реализации Стратегии развития аэропортов может быть их классификация и выделение аэропортов, функционирование которых наилучшим образом будет соответствовать тенденциям демографического и экономического роста [68, 181].

Основными элементами сети маршрутов являются узлы (аэропорты) и сообщения [68, 196, 217]. Развитие сети во времени может происходить по трем направлениям: за счет появления новых сообщений между имеющимися узлами (внутреннее развитие); в результате дополнительного включения в сеть новых узлов (внешнее развитие); при одновременном осуществлении первых двух направлений (комплексное развитие). Направления развития сети авиамаршрутов имеют непосредственную связь с анализом фактического и прогнозированием потенциального спроса [68, 181, 217].

Однако для оценки эффективности развития той или иной ветки маршрутной сети необходимо включать не только оптимальное по географическому фактору направление, но и экономический фактор с учетом стоимости перелета, потребительского спроса и внутренней инфраструктуры аэропорта, который выполняет или может выполнять функцию опорного аэропорта в авиатранспортной системе Дальнего Востока [68, 181, 196].

В современных условиях межрегиональные маршруты представляют сложный процесс, который включает не только авиапарки, но и аэропорты. При этом отдельные участки по нагрузке использования имеют свои, часто противоречивые

цели. В этой связи система модели работы аэропортов в условиях Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока на основе топливо-экономического критерия рассматривается как многофазная, многоканальная, стохастическая, динамичная, сложная система массового обслуживания. В качестве модели маршрутов следования по оценке авиатранспортных потоков выбран взвешенный ориентированный граф $G(V, E)$ [68]. Пример такого графа представлен на рисунке 5.11.

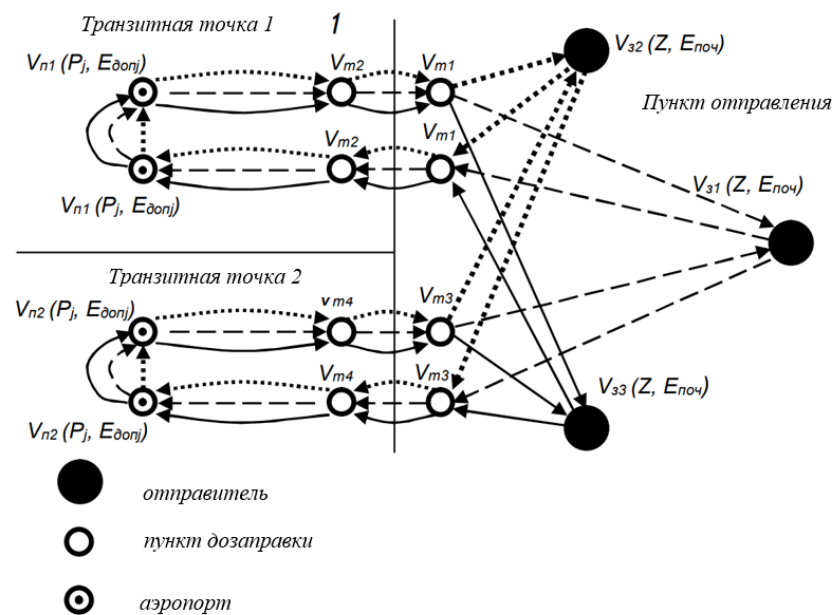


Рисунок 5.11 – Ориентированный граф маршрутов следования моделируемых потоков

Вершины графа соответствуют характерным населенным пунктам рассматриваемых транспортных потоков. При этом все множество вершин V разделено на три подмножества: вершина зарождения V_c (пункт вылета) и погашение V_n (опорные аэропорты) и транзитные вершины V_m (пункт назначения). Вершинам V_c в соответствие поставлен объем пассажиропотока в денежном эквиваленте Z и начальная стоимость перевозки $E_{нач}$. Вершинам V_n – объем потребностей или пропускная способность аэропортов P_j и допустимая стоимость каждого перелета $E_{дон,j}$. Дуги указывают на направление следования планируемых

потоков. При этом каждой дуге в соответствие поставлена продолжительность перелета, пропускная способность аэропорта, величина сопутствующего аэротранспортного потока и стоимость для отдельных элементов модели [68, 181].

Цель формирования модели состоит в получении максимальной прибыли за счет выбора уровня загрузки маршрута в гражданской авиации, т.е.

$$P_i = \max_j (Z_j - E_{\text{нач},i} - E_{\text{тр},ij}), i = 1 \dots n, j = 1 \dots m$$

где $E_{\text{нач},i}$ – начальная стоимость в i -м пункте;

$E_{\text{тр},ij}$ – стоимость перелета из i -го пункта в j -й пункт.

Расходы, связанные со следованием по j -му маршруту, формируются следующим образом:

$$E_{\text{тр},ij} = d_{ik} + \sum_{k=1}^n (r_{ki} + e_{kj} + c_k) + p_j + E_{\text{в},ij},$$

где $d_{ik}, r_{ki}, e_{kj}, c_k$ – соответственно, стоимость услуг отправления, транзитных платежей, заправки, дозаправки; p_j – стоимость услуг аэропорта; $E_{\text{в},ij}$ – стоимость финансовой составляющей, которая зависит от математического ожидания и среднего квадратичного отклонения оборота типа ВС T_{ij}, σ_{ij} .

Целью дальних транзитной маршрутов является максимизация прибыли от перевозок:

$$R_x = \sum_{k \in Q_x} (r_{kj} - z_{kj}(t_{kj}, \sigma_{kj})) Q_{kj} \rightarrow \max, x = 1 \dots z,$$

где z_{kj} – эксплуатационные расходы из k -го транзитного пункта в j -й пункт прибытия в соответствии с математическим ожиданием t_{kj} и среднего квадратичного отклонения σ_{kj} продолжительности перелета; Q_{kj} – объем пассажиропотока из k -го транзитного пункта в j -й пункт маршрута.

Транзитные точки могут влиять на математическое ожидание t_{kj} и среднее квадратичное отклонение σ_{kj} стоимости перелета за счет приоритетного выделения пропускной способности инфраструктуры и характеристик ВС. Таким образом, управляемыми параметрами экономической модели являются величина тарифа,

математическое ожидание и среднее квадратичное отклонение продолжительности [68, 279].

Целью аэропорта является максимизация прибыли от пассажиропотока:

$$P_j = \sum_{i=1}^n p_{ij} Q_{ij} \rightarrow \max.$$

При решении задачи моделирования направлений следования потоков ВС в межрегиональном сообщении ориентированный граф маршрутов следования для Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока (рисунок 5.11) может быть преобразован в граф стоимости перевозок, представленный на рисунке 5.12.

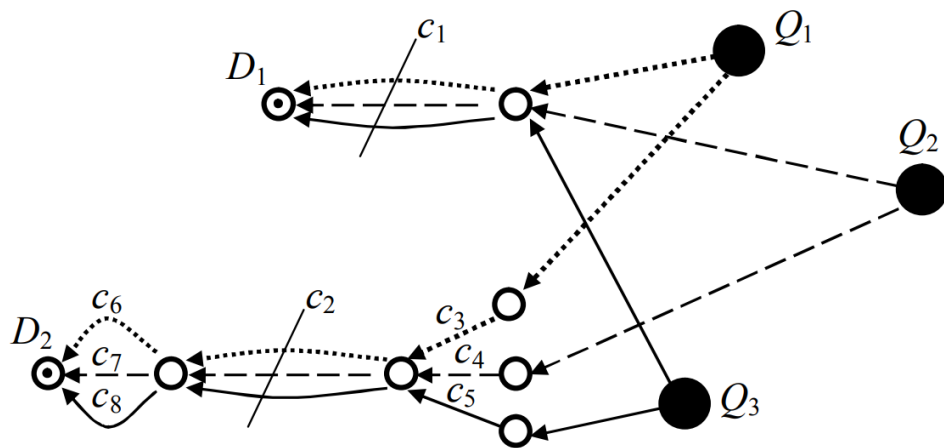


Рисунок 5.12 – Граф стоимости перевозок ВС в межрегиональном сообщении

Для данных 8 маршрутных сетей создадим взвешенный ориентированный мультиграф $G = (V, A)$, в котором между двумя вершинами (соответствующими аэропортам в соответствующих городах) может существовать несколько дуг, отражающих наличие авиасообщения между этими городами, где $V = \{v_1, \dots, v_n\}$ – множество n вершин, представляющих собой n пунктов (городов или аэропортов); A – множество дуг, отражающих имеющиеся авиасообщения.

Между некоторыми пунктами могут существовать несколько рейсов от разных авиакомпаний, отличающихся по стоимости и времени.

Обозначим (v_i, v_j) множество дуг с вершины v_i до вершины v_j (множественное число рейсов между пунктами), $v_i, v_j \in A$, их количество

$N_{ij} = (v_i, v_j)$ а a_{ij}^k – конкретную дугу $a_{ij}^k \in (v_i, v_j)$, $k \in \{1, \dots, N_{ij}\}$ – рейс. Не исключаются случаи, когда $(v_i, v_j) \notin \emptyset$ для некоторых вершин и направлений. Это соответствует случаям, когда между соответствующими пунктами нет прямого сообщения.

Прохождение по каждой дуге a_{ij}^k несет расходы в виде временных задержек $\lambda(a_{kl})$ и стоимостей $c(a_{i_k, i_{k+1}}, t)$. $c(a_{i_k, i_{k+1}}, t)$ – неотъемлемая зависимость от времени функция, представляющая собой общую стоимость перехода $a_{i_k, i_{k+1}}$. В реальности из-за необходимости дозаправки в условиях Северных регионов России часто следует ожидать следующий рейс в промежуточных пунктах или планировать длительную остановку в городе [195, 202]. Время ожидания в исходной вершине v_{i_k} дуги a_{i_k} обозначим как $g(a_{i_k})$.

Необходимо найти оптимальный по стоимости путь с начальной вершины $s \in V$ к целевой $d \in V$ в заданный промежуток времени $T = [t_{0\min}, t_{0\max}] \subseteq T$ (допускается, что хотя бы один такой путь существует). Пусть $t_0 \in T$ – время отправки с вершины s .

Путем $x(s, d, t_0)$ из пункта s в пункт d называется упорядоченная последовательность дуг $(a_{i_1 i_2}, a_{i_2 i_3}, a_{i_3 i_4}, K, a_{i_w} - l_{i_w})$, для которой:

- 1) $i_1 = s, i_w = d$,
- 2) $a_{ij} \in (v_i, v_j); v_i, v_j \in V; i, j \in \{i_1, i_2, K, i_w\}$.

Если проход по конкретной дуге $a_{kl} \in A$, входящий в маршрут и соответствующий перелету с вершины k в вершину l , начинается во время t_{k-1} , то прибытие в пункт l состоится в $t_k = t_{k-1} + \lambda(a_{kl})$, где $\lambda(a_{kl})$ – время такого перелета.

Время поездки – разница времени прибытия и времени начала поездки (время считаем фиксированным).

$$t(x) = \sum_{k=1}^{w-1} [t(a_{i_k, i_{k+1}}) + g(a_{i_k})] - t_0,$$

где $t(x)$ – время прохождения полного пути; $t(a_{i_k, i_{k+1}})$ – время транзита вдоль дуги $a_{i_k, i_{k+1}}$; $g(a_{i_k})$ – время ожидания в исходной вершине v_{i_k} дуги a_{i_k} , причем $g(a_{i_w}) = 0$.

Стоимость пути x определяется как $c(x, t) = \sum_{k=1}^{w-1} c(a_{i_k, i_{k+1}}, t)$, где w – количество дуг в пути x .

Целью является нахождение оптимального по стоимости пути $x^*(s, d, t_0)$ (или доступных путей с учетом дополнительных условий). Дополнительно могут налагаться условия: задаваться обязательные посещения вершины $V_{mandatory}$, запрещенные вершины $V_{prohibited}$, максимальная стоимость полного пути c_{max} , максимальное количество вершин в маршруте n_{max} , продолжительность маршрута во времени. Стоит отметить, что менять города (вершины) каждый день необязательно:

$$\begin{aligned} V_{mandatory} &\subseteq x^*, \\ \forall v \in V_{prohibited} : v &\notin x^*, \\ c(x^*, t) &\leq c_{max}, \\ \|x^*\| &\leq n_{max}, \\ t_{min} &\leq t(x^*) \leq t_{max}, \end{aligned}$$

где t_{min} , t_{max} – пределы допустимого временного промежутка.

Цель динамической задачи поиска кратчайшего пути – минимизация стоимости пути среди допустимых:

$$c(x^*, t) = \min_{x(s, d, t_0)} \{c(x, t)\}.$$

Предлагается алгоритм на основе оптимизации маршрутных вариантов использования ВС в динамическом мультиграфе с дополнительными условиями, работающим с дискредитированным временем. В условиях поставленной задачи важным критерием является время построения маршрута. Для исследования практической эффективности алгоритмов был проведен вычислительный эксперимент, в котором использовались реальные данные, собранные с помощью

парсеров и API сайтов для поиска маршрутов для Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока [68, 181].

Данные по количеству выполненных рейсов из таких пунктов, опорных аэропортов, Хабаровск, Благовещенск, Южно-Сахалинск, Владивосток, Якутск, также свидетельствуют о тяготении в данный период основных пассажиропотоков в аэропорты Москвы. Такие же результаты дает анализ объема перевезенных пассажиров по направлениям Хабаровск и Владивосток – это основные трансферные пункты для пассажиров, следующих по регионам Крайнего Севера России.

В целом протяженность основной части авиамаршрутов составляет от 800 км до 2000 км. Заметна также тенденция к уменьшению общего объема пассажиропотока на сети с увеличением протяженности авиамаршруту, что можно объяснить незначительным объемом предложения дальнемагистральных рейсов со стороны авиакомпаний и достоинством, которую отдают пассажиры Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока трансферным рейсам через Москву и европейские опорные аэропорты. Частота рейсов на авиамаршрутах из аэропортов Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока также имеет тенденцию к снижению с увеличением протяженности, хотя в большей степени определяется экономическими связями и другими факторами [68, 182, 194].

Итак, стратегиями по формированию сети маршрутов авиакомпаний, работающих в АТС Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока, могут быть:

- исходя из бизнес-модели фидерного перевозчика для российских региональных авиакомпаний, оптимизировать расписание рейсов по основным направлениям, Москва, по критерию «минимальное стыковочное время» для трансфера на дальнемагистральные рейсы. Данная стратегия требует глубокого исследования трансферного пассажиропотока, пунктом отправления или назначения которого являются опорные аэропорты, Хабаровск, Владивосток, Благовещенск, Южно-Сахалинск, Якутск;

– развивать собственную сеть дальнемагистральных рейсов, но ориентируясь на основную часть пассажиропотока, который формируется не в регионах Крайнего Севера, а за пределами региона. То есть развивать основные, опорные аэропорты Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока как качественные трансферные узлы. Согласно проведенному выше анализу экономического положения в регионах Крайнего Севера и Арктики, внутренний спрос на авиаперевозки является еще достаточно слабым, и значительное увеличение его не предвидится. Данная стратегия предполагает значительные вложения в развитие парка дальнемагистральных авиаперевозок авиакомпаний, так как анализ показал, что российские авиакомпании имеют преимущественно около- и среднемагистральные ВС.

Выводы по главе 5

Комплексные решения проблемы построения эффективной авиатранспортной системы Арктики, Крайнего Севера и Дальнего Востока опираются на ключевые положения, представленные в главах 1–5, и сводящиеся к следующему:

1. Рассмотренная математическая модель оптимизации модельного ряда ВС для эксплуатации в условиях Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока показывает, что выполнение задачи оптимизации требует анализа планов Минпромторга Российской Федерации по расширению модельного ряда и увеличению количества самолетов гражданского сегмента в соотношении с располагаемыми производственными мощностями и ресурсами авиационной промышленности Российской Федерации.

2. Определено, что для решения задачи формирования флота единой дальневосточной авиакомпании необходимо применять метод исследования моделей воздушных судов через параметрическое моделирование оптимальной линейки ВС для эксплуатации в районах Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока. Предложено рассматривать параметрическое моделирование как метод

исследования моделей воздушных судов через представленные разработчиками основные характеристики и параметры.

3. Установлено, что достоверного результата при решении таких слабоформализованных задач, как принятие решений управления процессами и системами, в средне- и долгосрочной перспективе, можно достичь с использованием методов, основывающихся на различных идеях и подходах, а именно композициях методов исследования временных рядов. Поэтому для исследования использованы такие факторы, как производственно-ресурсный потенциал, маршрутная сеть, параметры аэродромов для расчёта консонанса – коэффициента выравнивания модели по значимым параметрам.

4. Проведена оценка стоимости жизненного цикла воздушных судов на основе сравнительного анализа. По результатам проведенного анализа установлено, что существуют определенные отличия в распределении стоимостей типичного жизненного цикла авиационной техники, обусловленное наличием в стране ВС отечественного и зарубежного производства. Исходя из этого установлено, что типичное распределение стоимости жизненного цикла авиационной техники, разработка и производство которой проходило внутри страны, и зарубежных ВС имеют значительные отличия, которые необходимо учесть при построении парка ВС для потребностей гражданской авиации Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока.

5. Показано, что типичное распределение стоимости ЖЦ самолетов по основным стадиям и этапам позволяет определить зависимость между стоимостью серийного образца авиационной техники и расходами на стадию использования его по назначению, при условии выполнения в полном объеме всех видов работ по поддержанию летной годности, эксплуатации и ремонту.

6. Исследование предложенной методики формирования системы формализованных критериев рациональности программы развития авиатранспортной системы и гражданской авиации Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока на долгосрочной перспективе показывает, что для формирования количественной системы формализованных критериев рациональности программы

развития системы авиации Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока на долгосрочной перспективе была обоснована необходимость учета стоимости закупки единицы серийного образца воздушного судна j -го типа, который может рассматриваться как альтернативный тип новой авиационной техники для приобретения необходимых возможностей. Также доказано, что обязательному учету подлежит обобщенная стоимость года эксплуатации одного самолета j -го типа. Обосновано, что полученные аналитические материалы необходимо сопоставить с планом расширения маршрутной авиатранспортной сети и календарным планом производства авиационной техники как в целом для авиационной отрасли страны, так и для единой дальневосточной авиакомпания.

7. Предложены модели прогнозирования спроса на пассажирские перевозки в условиях Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока, основанные на изучении известных в настоящее время эконометрических моделей в части уточнения факторов, которые имеют существенное влияние на объемы спроса.

8. Выполнено формирование стратегии построения сети маршрутов в условиях аэропортов Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока на основе топливно-экономического критерия.

9. Предложена модель определения граничных условий целесообразности синтеза беспосадочных маршрутов с низким уровнем спроса и приобретение авиакомпаниями ВС малой пассажироплощадности для сетей с перегруженными опорными аэропортами, в которой, в отличие от существующих моделей, предлагается учитывать дополнительные параметры расходов на топливо.

ГЛАВА 6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДОЛОГИИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ АВИАТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ КРАЙНЕГО СЕВЕРА, АРКТИКИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА ПУТЕМ СОЗДАНИЯ ЕДИНОЙ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ АВИАКОМПАНИИ

6.1. Механизмы и эффективность государственно-частного партнерства при решении проблемы построения авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока

В обращении к работникам транспортной отрасли страны 20 ноября 2023 года Президентом Российской Федерации было подчеркнуто как особенно важное развитие государственно-частного партнерства (ГЧП) в транспортной сфере, строительстве транспортной инфраструктуры, объектов транспорта и транспортного сообщения [1, 77, 222].

Инструменты государственно-частного партнерства в сочетании с методами бизнес-моделирования и низкобюджетных компаний в настоящее время представляются наиболее перспективными подходами при развитии авиатранспортной системы Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока [5].

Государственно-частное партнерство – юридически закрепленная форма взаимодействия между государством и частным сектором в отношении объектов государственной и муниципальной собственности, а также услуг, исполняемых и оказываемых государственными и муниципальными органами, учреждениями и предприятиями [28, 29].

Несколько иной вариант в плане целеполагания предложен в работе [273]: государственно-частное партнерство основывается с целью обеспечить финансирование, планирование, исполнение и эксплуатацию объектов, производств и предоставления услуг государственного сектора.

Исходя из второго определения ГЧП, можно сказать, что цель проекта ГЧП состоит в создании *посредством бизнес-процесса* некоторой ценности в материальном или нематериальном виде, и тогда задача оценивания проектов ГЧП предполагает выработку *бизнес-модели* создания ценности.

В настоящее время общепринятый подход при оценке проектов ГЧП – *эффективность*, при этом понятие эффективности проектов ГЧП не имеет принятой трактовки [240, 241, 247].

Рассмотрим принципы и методические подходы к оценке эффективности проектов ГЧП, в качестве которых будет взят более широкий спектр проектов по сравнению с инфраструктурными проектами.

Анализ методик позволяет сделать выводы:

- большинство методик оперируют традиционными показателями инвестиционной привлекательности проектов;
- отмечены попытки в ряде методик учитывать эффект партнерства, однако для его оценки используются только финансовые показатели;
- в то же время из оценок исключены более значимые показатели эффективности – выгоды общества от реализации проекта;
- в рассмотренных методиках практически не учтен региональный аспект.

Оценку финансовой эффективности проекта проводят с использованием параметров:

- FCF_t – денежный поток во временном измерении;
- r – ставка дисконтирования.

Для определения проектной экономической отдачи проводят корректировку ECF_t на значение приростных величин ΔFCF_t .

Расчетное соотношение для определения чистого дисконтированного дохода в рамках анализа экономической эффективности проекта ($ENPV$) имеет вид:

$$ENPV = \sum_{t=0}^T \frac{ECF_t}{(1+r-\Delta r)^t} = \sum_{t=0}^T \frac{(FCF_t + \Delta FCF_t)}{(1+r-\Delta r)^t} = FNPV + \Delta. \quad (6.1)$$

Новикова Т. С. и Ткаченко И. Н. ставят вопрос об интегральных показателях эффективности, понимая под такими показателями общественную значимость проектов [185, 248].

Для оценки *общественной значимости* проектов предложено использовать модельный комплекс, в состав которого входят:

- межотраслевая межрегиональная модель с двумя периодами: начальная модель, построенная вне проекта, а также видоизмененная, в которой приняты во внимание проектные данные;
- модель проекта имитационного характера с разными периодами (рисунок 6.1).

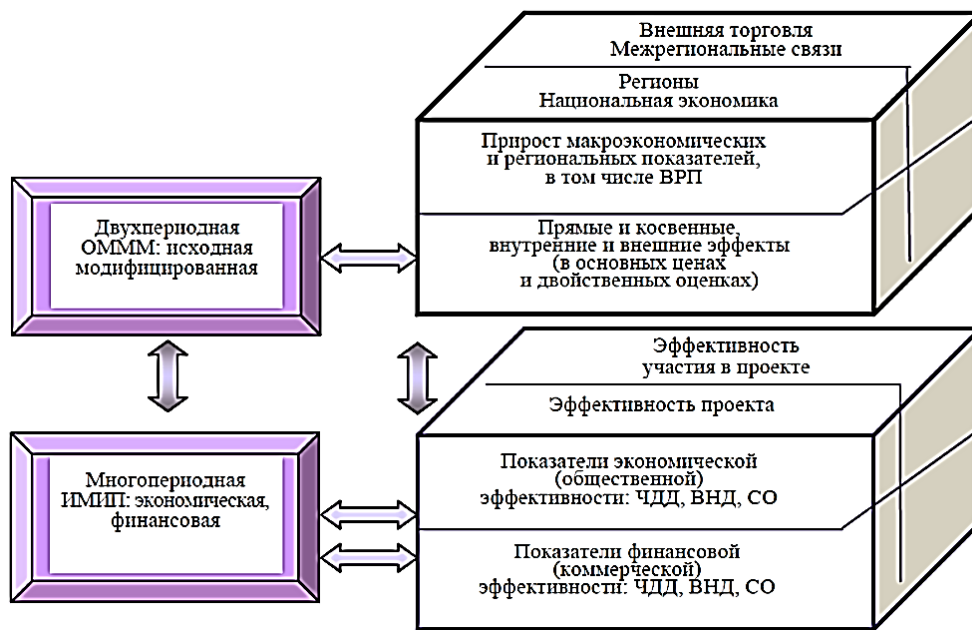


Рисунок 6.1 – Показатели эффективности инвестиционного проекта в комплексе моделей: *ЧДД* – чистый дисконтированный доход, *ВНД* – внутренняя норма доходности, *СО* – срок окупаемости

Этот комплекс показателей эффективности ГЧП может быть структурирован по признакам:

- степень распространенности показателей (финансовые, экономические);

- наличие или отсутствие методик количественного определения показателей эффективности;
- выделение группы дифференциально-партнерских показателей (объем инвестиций, прибыль и др.);
- выделение группы интегральных показателей (общественно значимых), описывающих проект в целом.

Ткаченко И. Н. описывает методологический базис эффективности ГЧП и рассматривает эффективность как категорию, отражающую соответствие проекта целям и интересам его участников [247].

Для оценки приняты следующие виды эффективности: эффективность проекта в целом; эффективность участия в проекте.

Эффективность проекта в целом включает в себя общественную и коммерческую эффективность проекта.

Андреева Е. С. отмечает, что исследования проблемы эффективности ГЧП вызывают большой интерес в мировом профессиональном сообществе [2].

Указывается на значимость таких показателей, как соотношение объемов частных и бюджетных инвестиций (ПСИ), увеличение налоговых поступлений в бюджеты всех уровней, доля инновационной продукции, создаваемой в рамках проектов ГЧП, *интеллектуалоемкость* и ряд других показателей.

В качестве объектов соглашений о ГЧП могут выступать также различные производственные объекты, объекты ЖКХ, объекты образования, туризма, социального обслуживания и другие объекты.

Отличительным признаком (особенность) совокупности методов оценки эффективности инфраструктурных проектов ГЧП является техническая эффективность.

Из этого вытекает, что инструменты государственно-частного партнерства (ГЧП) привлекательны по ряду обстоятельств:

- в настоящее время государство с большой осторожностью относится к финансированию крупных проектов по причинам высокого риска потери бюджетных средств и неполучения дохода;
- при совместном участии государства и бизнеса риски инвестирования существенно снижаются;
- механизмы ГЧП получили в мире широкое распространение и признание как эффективные инструменты исполнения инфраструктурных, транспортных и иных проектов;
- потенциал ГЧП направленный для развития дальневосточной авиации обусловлен тем, что ГЧП имеет системное содержание как инвестиционный долгосрочный инструмент с проработанным аппаратом оценки параметров эффективности, сроков окупаемости, оценки рисков проектов и выработки методов управления ими, а также методов оценки норм доходности участников и других показателей.

6.2. Анализ существующих представлений о рисках проектов ГЧП

Проблеме рисков проектов ГЧП посвящено большое число работ, из числа которых можно отметить ряд исследований отечественных и зарубежных авторов. Следует указать на определенный приоритет зарубежных исследований в сравнении с отечественными, что связано с накопленным на западе опытом реализации и методов управления проектами ГЧП. Вместе тем не стоит недооценивать специфику отечественных условий, в которых осуществляется исполнение проектов ГЧП, так как риск проекта ГЧП связан с качеством прогнозирования финансовой модели, и опасность неисполнения проекта возникает в случае, если реальные параметры проекта значительно ниже планируемых [27].

Предмет исследования рисков проектов ГЧП – распределение рисков между партнерами, методы оценки и управления рисками. В коллективной монографии [74] понятие «риск» трактуется как возможность наступления события, в

результате чего изменяются обстоятельства реализации проекта по сравнению с принятыми при прогнозе показателями доходов и затрат проекта.

При обсуждении содержательной стороны понятия «риск» Хасанов Р. Х. предлагает обратить внимание на ряд вариаций толкования этого термина, например, риск как потенциальная, количественно измеримая возможность потерь [268].

В упомянутой работе предлагается модель рисков государственно-частного партнерства с тремя основным типам риска: проектного, систематического и форс-мажорного (рисунок 6.2).

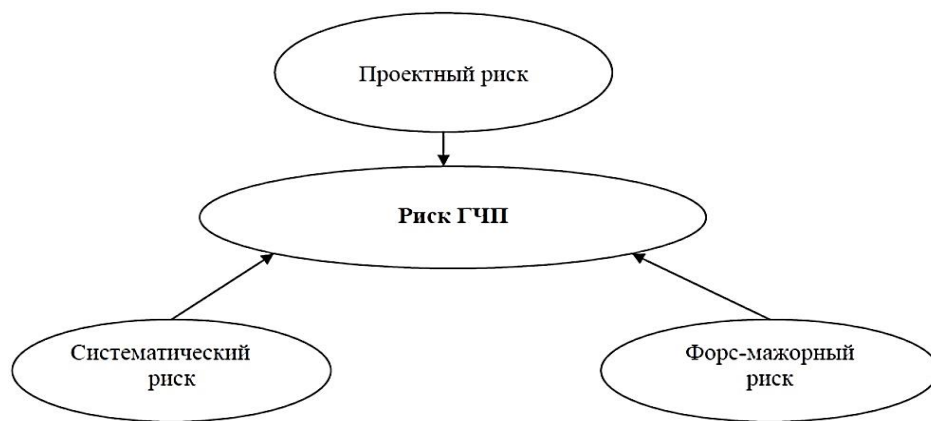


Рисунок 6.2 – Модель рисков государственно-частного партнерства [33]

Проектный риск – вся совокупность рисков, присущих конкретному проекту. Систематический риск связан с такими факторами, как макроэкономическая ситуация в стране, уровень деловой активности на финансовых рынках – и не связан с конкретными проектами ГЧП. Форс-мажорный риск обусловлен обстоятельствами непреодолимой силы.

В монографии [74] понятие риска рассматривается в связи с понятием «неопределенность». Указывается на сложность этих понятий, но различие между ними может быть в том, что неопределённость связана с не вычисляемой вероятностью, а риск предполагает некоторую возможность вероятности будущего события.

Анализ приведенных источников, а также ряда других работ показывает, что понятие «риск» проекта ГЧП не имеет общепринятой трактовки, что осложняет решение задачи разработки методов оценки рисков проектов ГЧП, а также создает трудности при использовании инструментов риска при создании оптимальных схем взаимодействия участников проекта ГЧП.

Существенные риски возникают при перерасходе средств и в случае, когда доходы оказываются ниже ожидаемых. Так, туннель под Ла-Маншем, открытый в 1994 г., на возведение которого ушло 4,7 миллиарда фунтов стерлингов, наглядно иллюстрирует именно такой случай. В результате превышения строительных расходов на 80 процентов возникла угроза банкротства нескольких организаций, затраты на финансирование на 140 процентов превысили прогнозируемые, а доходы составили меньше половины от ожидаемых.

Дж. Делмон в своих работах указывает на такие виды рисков, как: политический, не завершения строительства в срок, правовой и регулятивный, невыполнения обязательств, операционный, финансовый, валютный, спроса и экологический и социальные риски.

Иной подход к описанию рисков предложен в исследовании Т. В. Спициной, где рассматривается распределение рисков по фазам реализации инвестиционного проекта – на этапах проектирования, строительства и эксплуатации [249].

Согласно подходам автора монографии, проекту ГЧП присущи такие риски, как форс-мажор, политические/нормативно-правовые, доходов/спроса, технические и проектирования, строительные, операционные, экологические, финансовые и банкротства проекта [74].

В исследовании Е. А. Дадеркиной и М. Ю. Усика отмечено, что в настоящее время в теории рисков не существует их единой классификации. Указано, что не существует перечня рисков проектов ГЧП. Предложено несколько основных групп рисков в проектах ГЧП: строительные, технические, коммерческие, финансовые, правовые, политические, экологические и социальные риски, а также риски, возникающие на этапе проектирования, строительства, эксплуатации, и риски на любом этапе проекта ГЧП и др. [84].

Важное преимущество работ М. В. Ткаченко в сравнении с многими другими исследованиями состоит в привлечении практического опыта исполнения отечественных ГЧП-проектов [247, 248].

Так, интерес представляют данные ГЧП-проекта автомобильной дороги «Западный скоростной диаметр» в части распределения рисков между партнерами. Существенно, что в числе рисков этого проекта приведен *риск несоответствия объекта заданным технико-экономическим показателям*, и следует отметить, что такой вид риска редко упоминается в литературе. В то же время указанный вид риска непосредственно относится к объектно- технической концепции.

Виды рисков, оказывающих влияние на реализацию проекта ГЧП на разных его стадиях, представлены на рисунке 6.3.

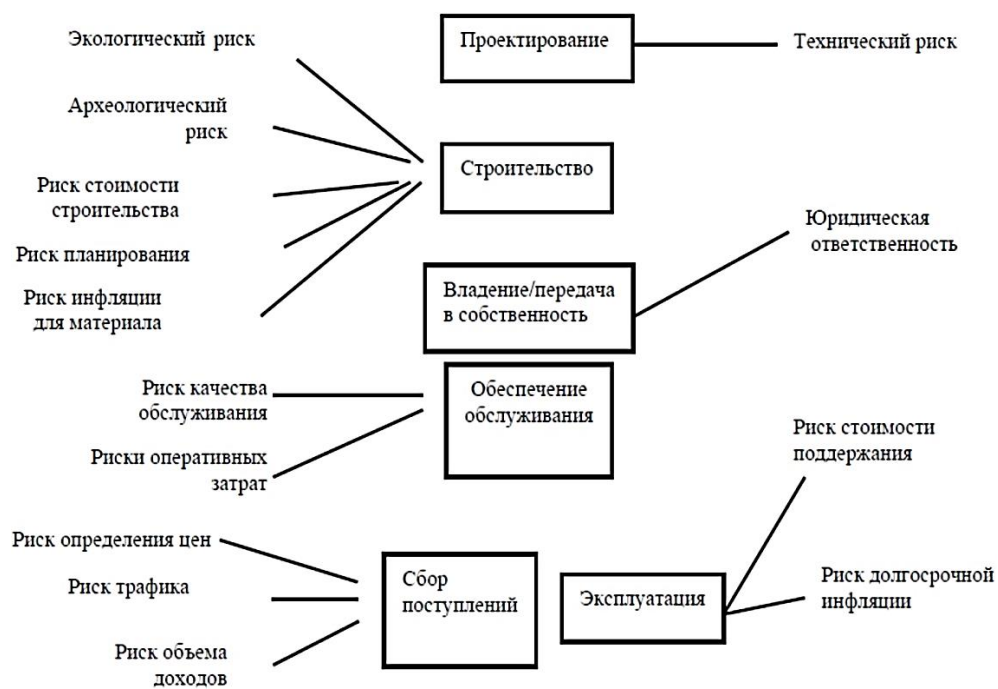


Рисунок 6.3 – Распределение рисков по стадиям реализации проекта ГЧП

Обращает на себя внимание, что приведенные на рисунке 6.3 риски в некоторой своей части выглядят экзотично, как, например, археологический риск на этапе строительства. С другой стороны, технический риск отнесен в

проектирование (правильно, ошибки проектирования) и, напротив, не связан со строительством, что было бы гораздо разумнее.

Приведенные данные различных источников по видам и классификации рисков проектов ГЧП показывают, что:

- при описании рисков проектов ГЧП разные авторы предлагают недостаточно обоснованные решения, что ведет к хаотизации описания рисков;
- проблемы с систематизацией видов рисков связаны с отсутствием единого понимания термина *риск проектов ГЧП*, а также с нерешенностью задачи происхождения рисков и степени их опасности;
- в результате системных недоработок возникает *неопределенность понятия риск проекта ГЧП*, что непосредственно ведет к проблемам создания методов оценки риска проекта ГЧП;
- представляется, что *фактор риска* необходимо встроить в общую *концепцию проектов ГЧП* как систему взаимосвязанных элементов (факторов) и из этой системы решать задачи управления проектами ГЧП.

6.3. Отечественная практика реализации проектов ГЧП

Современное состояние и количественные показатели состояние аэродромной сети в дальневосточном регионе не удовлетворяют требованиям настоящего периода развития экономики и общества.

Так, введенный в строй в ноябре 2012 года аэропорт «Талакан» является первым аэропортом в России, построенным полностью за счет частных инвестиций ПАО «Сургутнефтегаз». Расположенный в Ленском районе Якутии в 105 км к северо-западу от Витима аэропорт «Талакан» обслуживает Талаканское нефтегазоконденсатное месторождение. Взлетно-посадочная полоса аэропорта способна принимать практически все типы пассажирских и грузовых ВС.

Также построенный с нуля на Южно-Тамбейском газовом месторождении рядом с заводом «Ямал СПГ» аэропорт «Сабетта» начал функционировать в 2014 году, получивший при этом международный статус в октябре 2015 года.

В отличие от Утреннего, длина взлетно-посадочной полосы Сабетты составляет 2704 м, ширина – 46 м, что позволило в марте 2017 года принять тяжелый транспортный самолет Ан-124. Из-за климатических условий взлетно-посадочная полоса Сабетты вымощена 15 000 предварительно напряженными бетонными плитами PAG-18 (6х2 м, 5,2 тонны каждая). Терминал международного аэропорта «Сабетта» имеет пропускную способность 200 пассажиров в час. Заправочный комплекс емкостью 4500 тонн позволяет заправлять самолеты для дальнемагистральных рейсов.

На территории Салмановского (Утреннего) нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ) в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО) на полуострове Гыдан построен аэропорт «Утренний». Фактически новый аэропорт расположен на другом берегу Обской губы по отношению к аэропорту «Сабетта», построенному для обслуживания проекта Ямал СПГ того же НОВАТЭКа. Аэропорт «Утренний» предназначен для воздушных перевозок вахтового персонала и производственных грузов на Утреннее НГКМ. Создаваемый авиатранспортный узел на Утреннем НГКМ рассчитан на прием и обслуживание воздушных судов малой и средней авиации: отечественных и зарубежных турбовинтовых самолетов, таких как Ан-24, Ан-26, АTR-42, АTR-72, Dash-6–400, Dash-8, L-410, грузопассажирской вертолетной техники. При этом в качестве расчетного типа воздушных судов с ограничениями по массе на ВПП длиной 1550 метров была обеспечена посадка самолета АН-12.

Знаменательным событием стало сдача в ноябре 2023 года в эксплуатацию нового аэропорта «Эльга» и новой ВПП длиной 2200 метров на угольном месторождении компании «Колмар», построенного также по схеме государственно-частного партнерства. Первый пробный рейс был выполнен в ноябре 2023 года авиакомпанией Якутия на самолете Bombardier Dash8 Q300 с приемочной комиссией на борту.

6.4. Создание единой дальневосточной авиакомпания через развитие единой маршрутной сети, парка и летно-технической эксплуатационной инфраструктуры Дальневосточного региона

6.4.1. Концепция создания единой дальневосточной авиакомпания

Решение проблем региональной авиации Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока не представляется возможным без участия государства в тех формах, которые представляются целесообразными, в особенности в таких сферах, как модернизация авиатранспортной инфраструктуры, обновление воздушного парка, развитие механизмов государственного субсидирования местных и межрегиональных авиаперевозок за счет средств федерального бюджета и бюджетов субъектов РФ и др. Обсуждение форм участия государства – один из наиболее важных вопросов данной диссертационной работы. С этих позиций представляет интерес такая форма взаимодействия государства и бизнеса, как государственно-частное партнерство (ГЧП), ставшая основой в реализации поручения Президента Российской Федерации по созданию единой дальневосточной авиакомпания [62].

В процессе реализации были обозначены наиболее характерные подходы к формам участия государства в решении задач развития региональной авиации Крайнего Севера, Арктики, Сибири и Дальнего Востока. Были выделены следующие приоритеты, необходимые для процесса реализации:

- нормативно-правовое обеспечение развития авиатранспортной системы, включая создание необходимой нормативно-правовой базы для создания единой дальневосточной авиакомпания;
- механизмы государственно-частного партнерства, обеспечивающих четкое законодательное распределение прав, ответственности и рисков между государством и инвесторами, а также определения приоритетных сфер применения этих механизмов в интересах обеспечения реализации и эффективной работы авиатранспортной системы;

- государственная поддержка развития авиапредприятий;
- поддержание летной эксплуатационной годности, увеличение пропускной способности аэропортовой инфраструктуры, строительство (восстановление) аэродромов и посадочных площадок для малой авиации авиатранспортного комплекса [78, 85].

Существующее состояние авиатранспортной системы Дальнего Востока, масштабная деградация системы северных аэродромов и аэропортов и воздушного парка в 90-е годы указывают на то, что базовые инфраструктурные решения в ходе реализации проекта должны идти параллельно, исходя из сегодняшнего уровня авиатранспортной инфраструктуры, допуская только незначительные улучшения. [62, 78].

6.4.2. Определение основных параметров и формирование финансовой модели организации местных и региональных авиаперевозок

Во исполнение перечня поручений Президента Российской Федерации по итогам совещания с членами Правительства Российской Федерации от 14.01.2020 № Пр-36 и решений совещаний Заместителей Председателя Правительства Российской Федерации в соответствии с протоколами от 21.02.2020 № АБ-П9–15пр, от 14.05.2020 № АБ-П9–4876, от 28.05.2020 № ЮТ-П9–33п, от 02.11.2020 № АБ-П9–219пр, от 28.12.2020 № АБ-П9–285пр.

Определение основных параметров и формирование финансовой модели организации местных и региональных авиаперевозок в труднодоступные населенные пункты Дальневосточного федерального округа выполнено на основании опыта и наработок двух крупнейших авиакомпаний региона: АО «Авиакомпания «Аврора» и АО «Авиакомпания «Якутия». Обе авиакомпании на протяжении долгого времени осуществляют авиаперевозки в труднодоступные населенные пункты Дальнего Востока. За этот период был накоплен значительный опыт выполнения полетов, выработаны методики эффективного выполнения полетов на местных и региональных авиалиниях.

6.4.3. Основные положения создания единой дальневосточной авиакомпания

Дальний Восток – это 40,6% территории всей РФ, на которой проживает 5,5% населения (8,1 млн человек) с плотностью 1,17 чел./км². На территории Дальнего Востока расположено 385 труднодоступных населённых пунктов (рисунки 6.4–6.8).



Рисунок 6.4 – Население наиболее крупных административных единиц Дальнего Востока, млн чел.

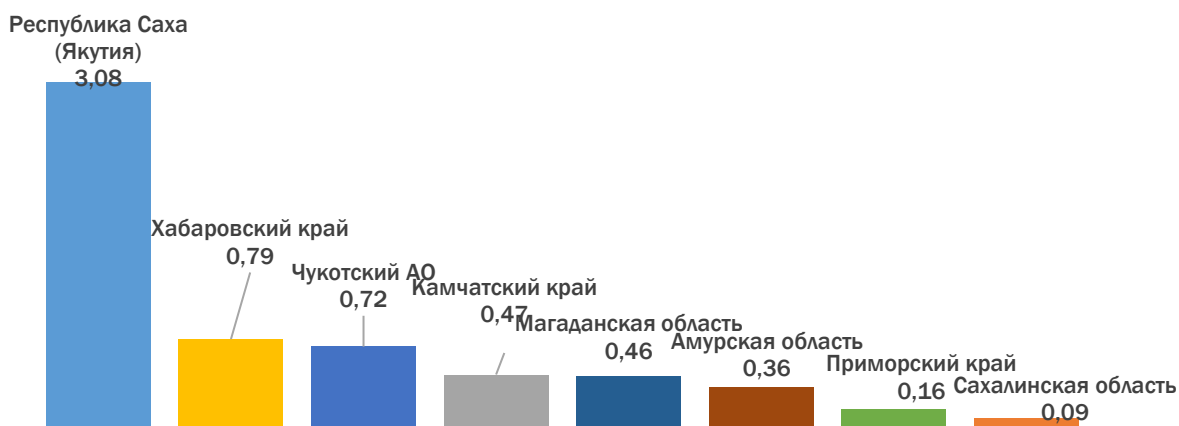


Рисунок 6.5 – Площадь территории наиболее крупных административных единиц Дальнего Востока, млн км

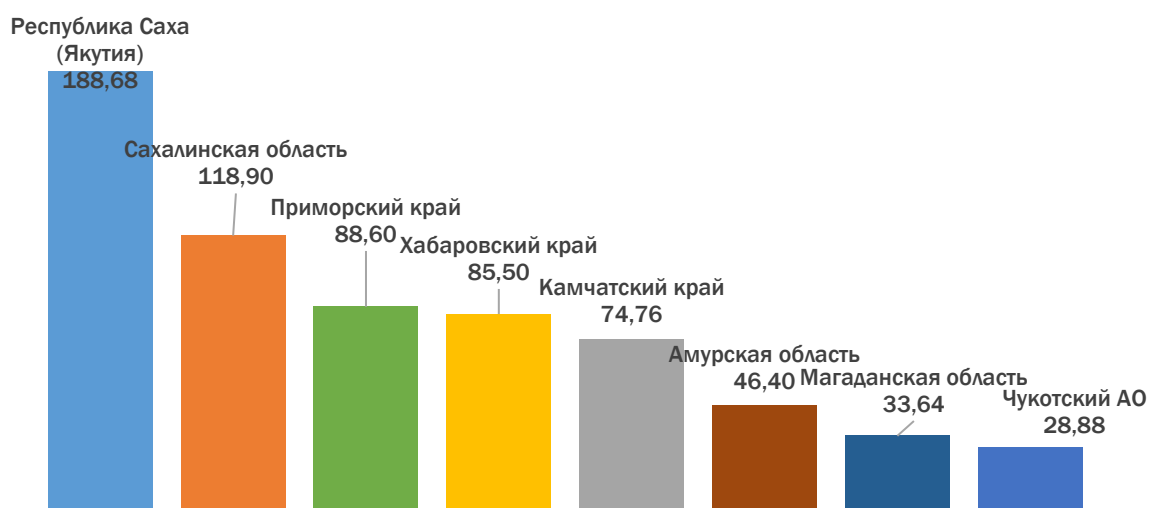


Рисунок 6.6 – Годовой бюджет наиболее крупных административных единиц Дальнего Востока, млрд руб.

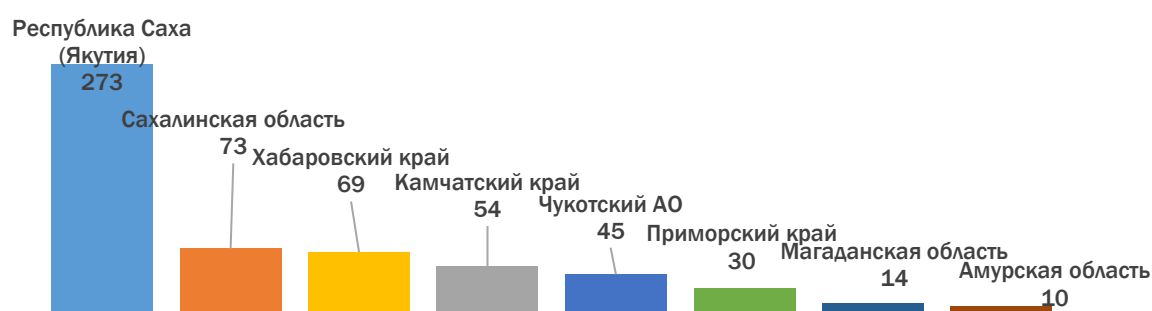


Рисунок 6.7 – Количество пассажиров перевозимого внутри региона наиболее крупных административных единиц Дальнего Востока, тыс. чел.

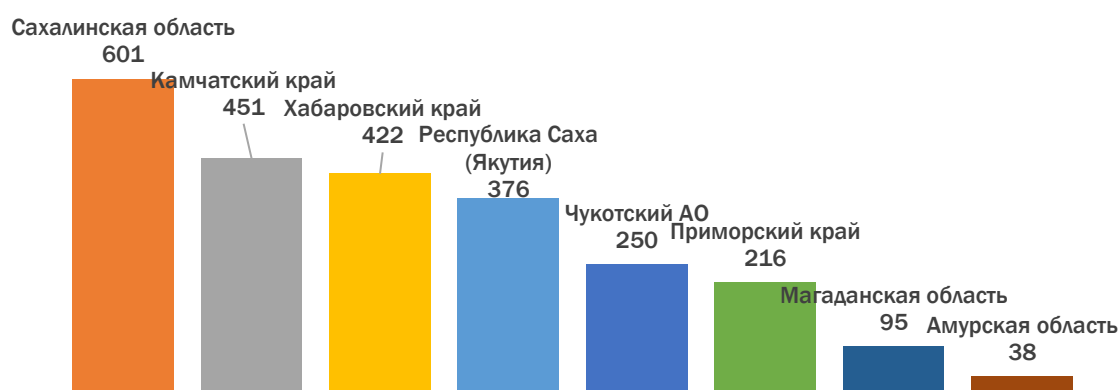


Рисунок 6.8 – Объемы субсидирования наиболее крупных административных единиц Дальнего Востока, млн руб.

Источник: материалы по созданию единой дальневосточной авиакомпании

Удаленность и низкая транспортная доступность населенных пунктов от административных, политических, экономических и культурных центров страны оказывает негативное влияние на хозяйственную деятельность и условия жизни. Исходя из объективных условий, жители Востока России и Арктической зоны чаще других пользуются услугами авиации. Во многих случаях это единственный вид транспорта [288].

Условия функционирования авиационного транспорта на Дальнем Востоке существенно отличаются от европейской части страны:

- низкая плотность населения. Следовательно, на Дальнем Востоке преобладают невысокие пассажиропотоки между населенными пунктами;
- расстояния между поселениями и, соответственно, структура полётов. В европейской части страны с силу небольших размеров субъектов – это полеты между регионами, межрегиональные маршруты, а на Дальнем Востоке – полеты внутри одного района;
- в настоящее время в Российской Федерации финансируются межрегиональные полёты в рамках Постановления Правительства № 1242 от 25.12.2013 года. В то же время социально-значимые авиаперевозки на территории ДФО находятся в ведении самих субъектов и финансируются из региональных бюджетов, которые являются дефицитными [53, 68, 80, 153].

6.4.4. Целевая концепция создания единой дальневосточной авиакомпания

Поскольку Дальний Восток является сложной территорией для развития любых видов деятельности (большая площадь, малая плотность населения, сложные климатические условия), развитие этой территории возможно лишь при опережающем развитии авиатранспортной системы. Сегодня только авиационный транспорт может обеспечить достойное качество жизни населения, достаточную скорость доставки грузов при более быстрой по отношению к другим видам транспорта скорости разворачивания регулярного сообщения. При разработке Концепции поставлены следующие цели:

- обеспечить жителям ДФО транспортную доступность;
- разработать концепцию оптимального и эффективного функционирования объектов авиатранспортной системы Дальнего Востока, единой авиакомпания, центров технического обслуживания и подготовки авиаперсонала;
- произвести оценку объемов перевозок, сформировать маршрутную сеть и парк ВС;
- разработать финансовую модель, определить размер субсидий для организации местных и региональных авиаперевозок;
- предложить и создать надежную структуру организации социально-значимых авиаперевозок Дальнего Востока с участием всех субъектов ДФО (СДФО) и местных авиаперевозчиков путем создания единой «Дальневосточной авиакомпании» (ДВА).

Учитывая, что дальнемагистральный и среднемагистральный сегменты обеспечивают существующую потребность населения и бизнеса на коммерческих условиях, основной акцент сделан на перевозках, где в силу низкой платежеспособности населения необходимо финансирование со стороны государства [53, 153].

6.4.5. Участники процесса построения единой системы авиаперевозок

Участниками процесса построения единой системы авиаперевозок на территории Дальнего Востока являются все субъекты Дальнего Востока, а также местные и региональные компании, осуществляющие полёты. На территории Дальнего Востока находится 11 субъектов [62]:

1. Сахалинская область.
2. Республика Саха (Якутия).
3. Камчатский край.
4. Приморский край.
5. Хабаровский край.
6. Амурская область.

7. Магаданская область.
8. Еврейская автономная область.
9. Чукотский автономный округ.
10. Республика Бурятия.
11. Забайкальский край.

Наиболее эффективным способом выполнения поручения Президента по обеспечению авиаперевозок в труднодоступных районах ДФО является консолидация существующих региональных авиакомпаний с государственным участием на принципах «унификации», «специализации», «укрупнения» и «кооперации».

– «Унификация флота» – минимальное количество типов ВС (самолетов и вертолетов) в парке региональных авиакомпаний, объединенный пул запасных частей, единый учебный центр, программы подготовки персонала, тренажеры. Текущий состав парка ВС ДФО требует обновления.

– «Специализация авиакомпаний» – на определенном сегменте авиаперевозок с минимальным количеством типов ВС в своем парке.

– «Укрупнение авиакомпаний», специализирующихся на одном сегменте авиаперевозок и имеющих однотипный парк ВС.

– «Кооперация» – на основе рыночных принципов сотрудничества (коммерческие соглашения, кодшер и т. д.).

В настоящее время на территории Дальнего Востока базируется 6 авиакомпаний с участием государства в лице субъектов ДФО [62]:

1. АО «Авиакомпания «Якутия».
2. АО «Полярные авиалинии».
3. АО «Авиакомпания «Аврора».
4. АО «Камчатское авиационное предприятие».
5. КГУП «Хабаровские авиалинии».
6. ГП ЧАО «ЧукотАвиа».

Совокупный парк авиакомпаний составляет 133 воздушных судна (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Структура собственности и состав флота авиакомпаний ДФО

Авиакомпания, оперирующая в ДФО	ВС в парке
АО «Авиакомпания «Аврора»: Правительство Сахалинской области – 49%, 51% ПАО «Аэрофлот» – 51%	Всего: 22 шт. А-319–111 (9), А319–112 (1), DHC-6 Series 400 (1), DHC-6 Series 400 Twin Otter (2), DHC-8–201 (1), DHC-8–311 (1), DHC-8–315 (2), DHC-8–402 (5)
АО «Авиакомпания «Якутия»: Минимущества Якутии – 73,41% акций авиакомпании, ОАО РИК плюс (на 100% принадлежит Минимущества Якутии) – 23,66%, ГУП Комдрагметалл Республики Саха (Якутия) – 2,93%	Всего: 15 шт. В737–7CT (1), В737–75В (1), В-737–85F (1), В-737–86N (1), DHC-8–311 (3), DHC-8–314 (3), RRJ-95В (2), RRJ-95LR-100 (3)
АО «Авиакомпания «Полярные авиалинии»: ОАО РИК плюс (на 100% принадлежит Минимущества Якутии) – 100%	Всего: 50 шт. DA 40 NG (2), L-410UVP-E (2), PC-6/B2-H4 (1), Ан-2 (3), Ан-24РВ (11), Ан-26Б (1), Ан-26Б-100 (1), Ан-26–100 (1), Ан-3Т (2), Ми-8 (1), Ми-8МТВ-1 (8), Ми-8Т (14)
Краевое государственное унитарное предприятие «Хабаровские авиалинии» Министерство транспорта и дорожного Хозяйства Хабаровского Края	Всего: 9 шт. L-410 UVP-E20 (4), Ан-24РВ (3), Ан-26Б (1), Ан-26–100 (1)
АО «Камчатское авиационное предприятие» Министерства имущественных и земельных отношений Камчатского края – 100%	Всего: 19 шт. L-410 UVP-E20 (3), Ан-26Б-100 (3), Ан-26–100 (2), Ан-28/Ап-28 (1), Ми-8МТВ-1 (2), Ми-8Т (5), Як-40 (1), Як-40К (2)
ГП ЧАО «ЧукотАВИА» Департамент финансов, экономики и имущественных отношений Чукотского Автономного Округа, ГКУСРФ	Всего: 18 шт. DHC-6 Series 400 Twin Otter (4), Ан-24РВ (1), Ан-26Б (1), Ан-26Б-100 (2), Ми-8МТВ-1 (2), Ми-8Т (8)

Построение эффективной корпоративной структуры и механизмов управления и взаимодействия является важной частью создания единой дальневосточной авиакомпании [62].

6.4.6. Этапы создания

В процессе создания Концепции были осуществлены следующие мероприятия (рисунок 6.9):

- реестр социально-значимых маршрутов;
- оценка состояния авиатранспортной инфраструктуры;
- «наложение» ЛТХ ВС на существующие ВПП;
- определение количества ВС по типам;
- формирование программы полетов; определение узловых аэропортов, стыковок и частоты полетов с учетом сезонности;
- определение пассажиропотока; прогнозирование пассажиропотока в соответствии с программой полетов;
- совместное с каждым субъектом ДФО определение тарифа на каждом участке;
- расчет расходов; на основании Программы полетов расчет расходов по выполнению полетов;
- расчет потребной субсидии; окончание создания финансовой модели.



Рисунок 6.9 – Основные этапы создания единой дальневосточной авиакомпании

Источник: материалы по созданию единой дальневосточной авиакомпании

6.4.6.1. Механизмы корпоративного управления

В соответствии с принятым решением «Дальневосточная авиакомпания» является вертикально интегрированным холдингом. Головной компанией является «АО «Авиакомпания «Аврора».

Структура акционеров «АО «Авиакомпания «Аврора» состоит:

- **одна «Золотая акция»** – Министерство по развитию Дальнего Востока и Арктики;
- **по 5%** – Республика Саха (Якутия), Камчатский край, Приморский край, Хабаровский край, Амурская область, Магаданская область, Еврейская автономная область, Чукотский автономный округ, Республика Бурятия, Забайкальский край;
- **50% минус 1 акция** – Правительство Сахалинской области.

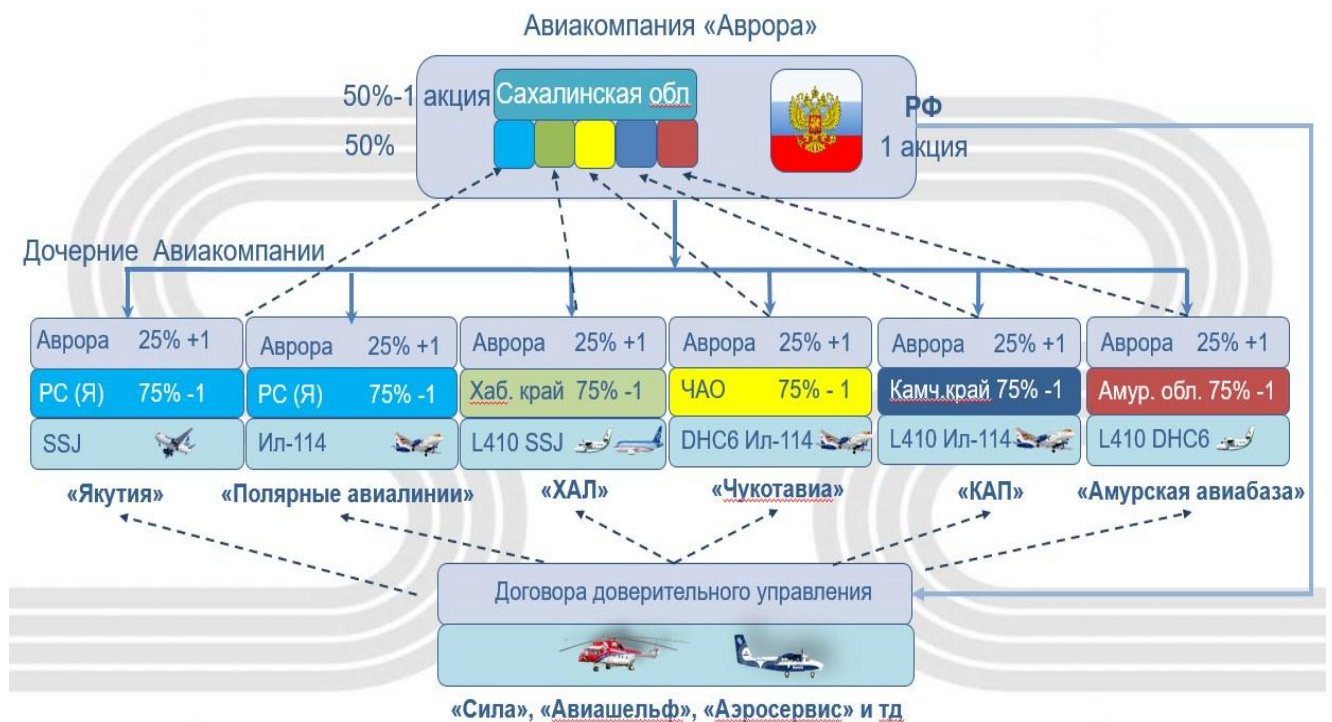


Рисунок 6.10 – Корпоративная структура единой дальневосточной авиакомпании

Источник: материалы по созданию единой дальневосточной авиакомпании

Органы управления и организационные мероприятия:

1. Общее собрание акционеров. Одна акция дает 1 голос.

2. Совет директоров общества состоит из 13 членов – 1 от Минвостокразвития, по одному от каждого субъекта ДФО и генеральный директор общества.

3. Подписание пакета соглашений между АО «Авиакомпания «Аврора» и дочерними авиакомпаниями, обеспечивающими организацию авиаперевозок, продажу перевозок, производственную и иную деятельность (интерлайн, код-шер, франчайзинг, взаимные услуги и т.д.).

4. Создание единого информационного пространства для пассажиров (сайт, социальные сети, контакт-центр и другое).

Дальневосточная авиакомпания после проведения всех необходимых мероприятий по приватизации и акционированию (при необходимости) становится владельцем 25%+1 акция региональных авиакомпаний [62] (рисунок 6.10).

6.4.6.2. Операционная и финансовая модели. Маршрутная сеть

Для разработки устойчивой операционной и финансовой модели необходимо определить наиболее востребованные населенные пункты, нуждающиеся в круглогодичном регулярном пассажирском авиасообщении, где приоритетной задачей является повышение транспортной доступности, что, в свою очередь, является одной из первостепенных задач каждого субъекта РФ. Решение транспортных проблем населения несет важнейшую социальную функцию, открывает для жителей отдаленных районов и населенных пунктов доступ к услугам высокотехнологичной медицинской помощи, различных форм образования, административных и государственных услуг, доступа к магистральной транспортной сети и повышает авиационную подвижность населения в целом [110].

В основе формирования модели лежит проведенный экспертной группой авиакомпаний альянса анализ транспортной доступности РФ и Дальнего Востока 2019 года как показательного до COVID 19 года и до времени введения западных санкций. Определено, что на региональных и местных воздушных линиях ДФО

показатель авиационной подвижности населения составляет **0,22** за 2019 г., что почти в 4 раза ниже среднероссийского уровня [62].

Исходя из целей концепции, приоритетной задачей является дальнейшее увеличение показателей авиационной подвижности населения в сегменте местных и региональных авиаперевозок с его увеличением в 2 раза. Решение данной задачи находится в рамках исполнения Указа Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». Приведение коэффициента подвижности населения в соизмерный со среднероссийским уровнем, по предварительным расчетам, может дать увеличение пассажиропотока в данных сегментах в два раза.

В основе объединенной программы полетов лежит единый реестр социально значимых маршрутов Дальнего Востока, формирование которого происходит на основании вводных данных от Правительств субъектов ДФО. На основании полученной информации (населенных пунктов, маршрутов, инфраструктуры, пассажиропотоков) была сформирована единая программа полетов. Был принят во внимание базирующийся в ДФО совокупный парк воздушных судов всех шести вышеперечисленных авиакомпаний, их пассажировместимость, взлетно-посадочные характеристики с учетом состояния аэродромной сети. Исходя из этого, определена маршрутная сеть и частотность выполнения рейсов с учетом сезонности [123].

При разработке программы полетов в местном и региональном сегменте приняты следующие допущения:

- существующие тарифы;
- обновление флота с замещением устаревшего флота ВС советского периода, прежде всего Ан-2, Ан-24/26, Ан-28, на современные отечественные ВС, такие как ЛМС Байкал, обновленные Л-410, Ил-114–300, Суперджет SJ100 и Ту-214 [58, 157];

- увеличение пассажиропотока в два раза и достижение авиационной подвижности до среднероссийского уровня 2017 года.

В условиях отсутствия национального социального стандарта транспортной доступности населения программа полетов дополнительно учитывала:

- без альтернативности части авиационных маршрутов;
- соразмерность воздушного судна существующему аэродрому или посадочной площадке без существенных капиталовложений на реконструкцию.

6.4.7. Реестр социально-значимых маршрутов

Для целей разработки финансовой модели определены наиболее востребованные населенные пункты, нуждающиеся в круглогодичном регулярном пассажирском авиасообщении. Для исключения субъективного подхода отдельно взятой авиакомпания, совместно с Министерством по развитию Дальнего Востока и Арктики была проведена работа со всеми одиннадцатью субъектами ДФО. Транспортная доступность является одной из первостепенных задач каждого субъекта РФ, где ежедневно решаются транспортные проблемы населения, принимая во внимание реальные потребности населения отдаленных поселений в доступности услуг высокотехнологичной медицинской помощи, различных форм образования, административных и государственных услуг, доступа к магистральной транспортной сети и т. д. [62].

В итоге проведенной совместной работы авиакомпаний и региональных Правительств отработан единый реестр, включающий 385 труднодоступных населенных пункта ДФО и 535 маршрутов, из них 66 по межрегиональным и 469 по местным маршрутам со следующими распределением по субъектам ДФО (таблица 6.2).

Таким образом, сформированная маршрутная сеть обеспечит транспортной доступностью 410 труднодоступных населенных (из общего числа местных и межрегиональных) пункта к 2025 году [58, 78].

Таблица 6.2 – Количество маршрутов по регионам Дальнего Востока

Республика Саха	Камчатский край	Хабаровский край	ЧАО	Приморский край	Республика Бурятия	Забайкальский край	Магаданская область	Сахалинская область	Амурская область	ЕАО
179	94	53	44	34	31	31	26	21	19	3

Концепция маршрутной сети подразумевает использование следующих определений и сегментации рынка авиаперевозок в Дальневосточном федеральном округе:

Внутрирегиональный или местный сегмент

Местные маршруты

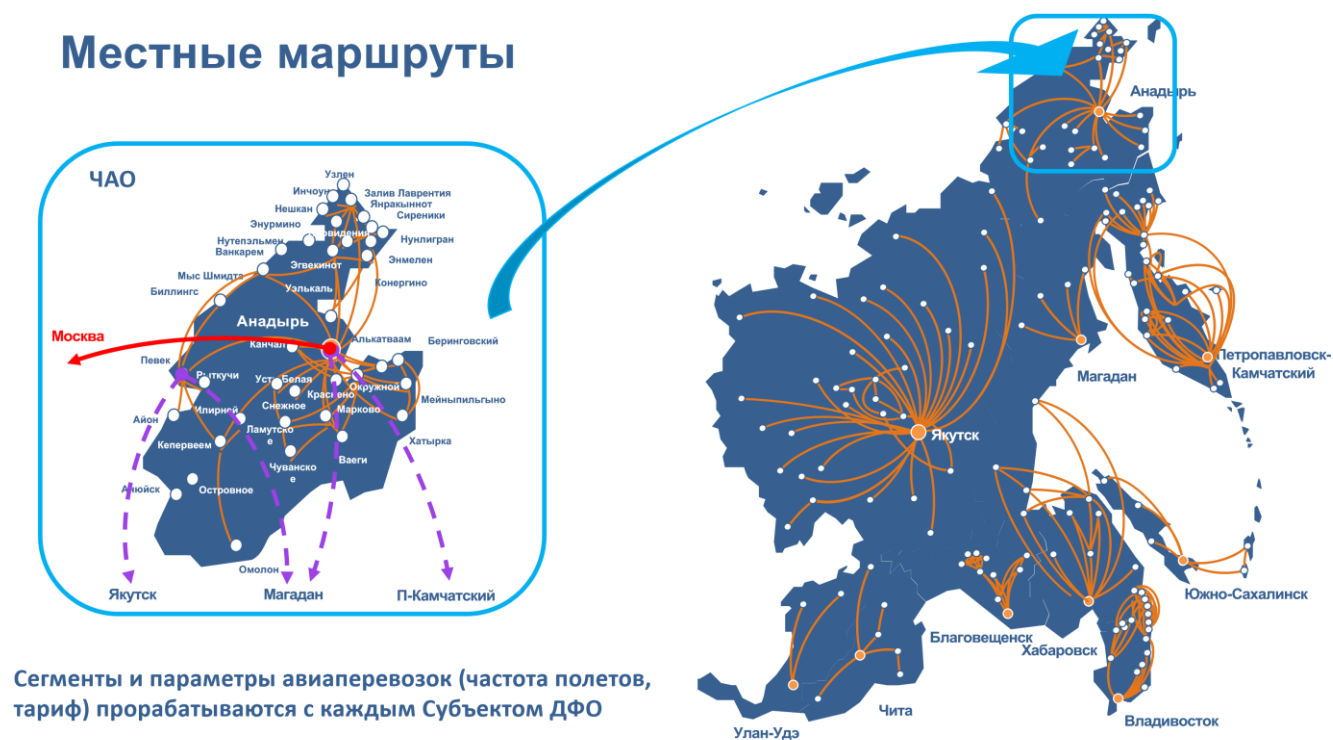


Рисунок 6.11 – Маршрутная сеть местных авиалиний авиатранспортной сети Дальневосточного федерального округа. *Источник:* материалы по созданию единой дальневосточной авиакомпании

Полеты из удаленных и труднодоступных (при отсутствии всесезонной доступности наземным транспортом) населенных пунктов на самолётах

вместимостью до 20 человек и вертолетах, способных эффективно выполнять полеты на расстояния свыше 500 км, на грунтовые взлетно-посадочные полосы (ВПП) длиной от 600 до 1000 метров (рисунок 6.11).

Межрегиональный и региональный

Полёты внутри одного субъекта (не имеющих всесезонной доступности наземным транспортом) или между субъектами ДФО на турбовинтовых ВС вместимостью от 30 до 80 человек; способных эффективно выполнять полеты дальностью свыше 2 000 км на грунтовые взлетно-посадочные полосы длиной от 1000 до 1800 метров. Себестоимость в данном сегменте в условиях ДФО значительно выше платежеспособного спроса (рисунок 6.12).



Рисунок 6.12 – Региональные и межрегиональные маршруты авиатранспортной сети Дальневосточного федерального округа. *Источник:* материалы по созданию единой дальневосточной авиакомпания

Среднемагистральный

Полёты на узкофюзеляжных среднемагистральных ВС вместимостью свыше 90 человек, дальностью свыше 3000 км являются конкурентными авиаперевозками, спрос на которые полностью удовлетворен. На данный вид авиаперевозок осуществляется гос. поддержка слоев населения с низким уровнем дохода – молодежь, пенсионеры (рисунок 6.13).

Среднемагистральные



Рисунок 6.13 – Маршрутная сеть среднемагистральных авиалиний авиатранспортной сети Дальневосточного федерального округа.

Источник: материалы по созданию единой дальневосточной авиакомпании

Дальнемагистральный

Полёты на широкофюзеляжных дальнемагистральных ВС из столиц субъектов ДФО в европейскую часть РФ также являются конкурентными перевозками, где спрос полностью удовлетворен, за исключением одностороннего пикового спроса в начале и конце летнего периода [62].

6.4.8. Оценка аэродромной инфраструктуры

На основании сводного реестра социальных маршрутов, полученных от субъектов ДФО из открытых источников, была собрана информация об имеющейся в ДФО аэродромной инфраструктуре. При этом учитывались сведения по всем аэродромам и посадочным площадкам, включая существовавшие в советское время, принадлежащие компаниям и ведомствам. Оценивались следующие показатели – качество покрытия, ширины и длины ВПП от 600 до 2000 метров, оснащённость радиотехническими средствами посадки, регламент работы.

Все аэродромы сгруппированы по пяти категориям, в зависимости от летно-технических характеристик ВС, способных эффективно выполнять полеты: вертолеты, Ан-2/Ан-24/26, Twin Otter DHC 6–400, L410 UVP-E20, Ил-114/Bombardier Q300/ Q400, SSJ100/A320/B737 (таблица 6.3).

Таблица 6.3 – Потребная длина ВПП для различных видов воздушных судов

	Потребная длина ВПП	Воздушные суда
1	До 600 м	Вертолеты
2	Более 600 м	Аналоги Ан-2, DHC-6
3	Более 900 м	Аналоги Ан-2, DHC-6, L410
4	Более 1 500 м	Аналоги Ан-2, DHC-6, L410, Ил-114, Q300/400
5	Более 2 000 м	Для всех ВС

Как правило, данными характеристиками обладают региональные (местные) аэропорты и посадочные площадки. Отдельное внимание уделяли инфраструктуре, способной принимать самолет Сухой Суперджет SSJ100 [62, 337].

6.4.9. Пассажиропотоки

Перед началом формирования финансовой модели был проведен анализ транспортной доступности РФ и Дальнего Востока. Среднероссийский показатель авиационной подвижности за 2019 г. составил 0,87, в ДФО: 0,97 (7 899 718 пассажиров / 8 169 203 чел. население). При этом на региональных и местных

воздушных линиях ДФО данный показатель составил 0,22 за 2019 г., что почти в 4 раза ниже среднероссийского уровня [62, 195, 198, 199].

Принимая данные показатели как отправную точку, был выполнен расчет авиационной подвижности населения ДФО по годам по нескольким сегментам (таблица 6.4).

Таблица 6.4 – Расчет авиационной подвижности в ДФО

Расчет авиационной подвижности РФ	Перевозки пассажиров, всего чел.	Численность населения РФ (на 1 янв), чел.	Авиационная подвижность
2018	116 196 917	146 780 720	0,79
2019	128 127 780	146 748 590	0,87
2020	69 244 544	146 238 185	0,47

Расчет авиационной подвижности ДФО (и местные, и региональные)	Перевозки пассажиров (туда и обратно) в пределах ДФО всего, Чел.	Численность населения ДФО (на 01 янв), чел.	Авиационная подвижность
2018	1 749 988,00	8 188 623,00	0,21
2019	1 806 000,00	8 169 203,00	0,22
2020	2 022 000,00	8 167 400,00	0,25

Расчет авиационной подвижности местных ДФО	Перевозки пассажиров (туда и обратно) в пределах ДФО на местных линиях, чел.	Численность населения ДФО (без учета численности в столицах субъектов), чел.	Авиационная подвижность
2018	649 934,00	5 073 580,00	0,13
2019	714 092,00	5 044 764,00	0,14
2020	585 814,00	5 047 659,00	0,12

Расчет авиационной подвижности региональных перевозок ДФО	Перевозки пассажиров (туда и обратно) в пределах ДФО на региональных линиях, чел. *	Численность населения ДФО, чел.	Авиационная подвижность
2018	1 100 054,00	8 188 623,00	0,13
2019	1 091 908,00	8 169 203,00	0,13
2020	1 436 186,00	8 167 400,00	0,18

Примечание. Знаком * обозначены перевозки внутри ДФО минус перевозки на местных ВЛ внутри ДФО.

Исходя из целей концепции, необходимо обеспечить коэффициент подвижности населения в сегменте местных и региональных авиаперевозок (увеличив в 2 раза в рамках исполнения Указа Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»), соразмерный со среднероссийским уровнем. Пассажиропоток увеличивается в два раза в данных сегментах [251].

6.4.10. Формирование программы полетов

На основании полученной информации (населенных пунктов, маршрутов, инфраструктуры, пассажиропотоков) была сформирована программа полетов, исходя из подобранных типов воздушных судов. Осуществлено определение частоты полетов с учетом сезонности.

При разработке программы полетов в местном и региональном сегменте приняты следующие допущения:

- существующие тарифы;
- обновление флота (замена советских самолетов на современные ВС);
- удвоение пассажиропотока и достижение авиационной подвижности до среднероссийского уровня 2017 года.

В условиях отсутствия национального социального стандарта транспортной доступности населения программа полетов дополнительно учитывала:

- без альтернативности части авиационных маршрутов;
- соразмерность воздушного судна существующему аэродрому (посадочной площадки) без существенных капиталовложений на реконструкцию;
- перевозки пассажиров из труднодоступного населенного пункта в региональный узловой аэродром на самолетах местных воздушных линий, далее в центр Субъекта ДФО на региональном воздушном судне и далее на средне- и дальнемагистральные рейсы.

Региональный узловой аэродром – аэродром, обеспечивающий транзит с местных воздушных линий на региональные для организации перевозки в административный центр своего или соседнего субъекта РФ [62, 78].

6.4.11. Консолидированная маршрутная сеть ДФО



Рисунок 6.14 – Сформированная общая маршрутная сеть Дальневосточного федерального округа, включая международные, региональные, межрегиональные и маршруты между труднодоступными населенными пунктами.

Источник: материалы по созданию единой дальневосточной авиакомпании

На рисунке 6.14, как результат, представлена консолидированная маршрутная сеть Дальневосточного федерального округа, включая международные, региональные, межрегиональные и маршруты между труднодоступными населенными пунктами.

6.4.12. Парк воздушных судов: поставки и вывод

В таблице 6.5 представлены показатели поставок и вывода парка воздушных судов. В таблице 6.6 приведен график поставки Российской авиационной техники в Дальневосточный Федеральный округ. Пассажиропотоки в местном и региональном сегментах показаны таблице 6.7.

Таблица 6.5 – Парк воздушных судов: поставки и вывод

	Тип ВС	Количество ВС						Поставки / вывод					
		2019	2021	2022	2023	2024	2025	2021	2022	2023	2024	2025	Итого
местные	Ми-8	92	88	80	74	69	65	-4	-8	-6	-5	-4	-27
	DHC-6	7	10	15	21	26	29	3	5	6	5	3	22
	L-410	17	17	17	17	21	25				4	4	8
	ЛМС				2	6	10			2	4	4	10
региональные	Ан24/26/Як40/Ан-2/3 и др.	80	72	57	32	5	0	-8	-15	-25	-27	-5	-80
	Q300	6	6	6	6	6	6	0	0	0	0	0	0
	Ил-114 (Q400)	5	9	15	24	34	34	4	6	9	10	0	29
	SSJ-100	8	9	12	14	16	16	1	3	2	2	0	8
	Итого	215	211	202	190	183	185	1	-9	-12	-7	2	-30
	в т.ч. Ил-114 по графику поставки ВС				3	11	19			3	8	8	19
	в т.ч. всего российских самолетов	25	26	29	36	54	70	1	3	7	18	16	45

Таблица 6.6 – График поставки Российской авиационной техники
в Дальневосточный Федеральный округ

Потребность в ВС российского производства для ввода в эксплуатацию в ДФО						
Тип ВС	2021	2022	2023	2024	2025	ИТОГО
SSJ100	1	3	2	2	-	8
Ил-114 (или аналог)	-	-	3	8	8	19
L410	-	-	-	4	4	8
ЛМС*	-	-	2	4	4	10
Итого	1	3	7	18	16	45

Таблица 6.7 – Пассажиропотоки в местном и региональном сегментах, тыс. чел.

Субъект	2019	2021	2022	2023	2024	2025
Камчатский край	58	58	70	81	90	98
Республика Бурятия	22	30	39	41	46	51
Забайкальский край	15	22	31	34	36	40
Магаданская область	14	16	22	25	28	31
Республика Саха (Якутия)	247	248	278	302	324	324
Хабаровский край	76	98	118	132	143	141
Сахалинская область	109	131	153	163	169	180
Приморский край	40	40	43	53	56	58
Еврейская Автономная область				4	4	4
Чукотский автономный округ	36	37	46	50	54	57
Амурская область	3	6	8	10	12	15
Итого местные и региональные	620	687	807	894	961	999
Итого межрегиональные	418	635	889	957	1 008	1 029
Всего	1 038	1 322	1 696	1 851	1 969	2 028

Финансовая модель рассчитывалась в середине 2020 г., поэтому 2021 г. требует дополнительного сбора информации и актуализации расчетов [62] (таблица 6.8).

Таблица 6.8 – Основные показатели финансовой модели

Показатель					
(местные, региональные и межрегиональные перевозки)	2021	2022	2023	2024	2025
Маршруты	503	509	532	535	535
Пункты	394	400	407	410	410
Количество ВС	211	202	190	183	185
В т.ч. российских самолетов	26	29	36	54	70
Пассажиропоток, тыс. чел.	1 278	1 661	1 827	1 947	2 028

6.4.13. Тарифы

Определение пассажирского тарифа является наиболее сложной задачей. Влияние на рост себестоимости авиаперевозки оказывают следующие факторы:

- обновление парка ВС в ДФО;
- сложная и дорогая логистика;
- протяженные расстояния между населенными пунктами;
- низкие пассажиропотоки;
- дефицит квалифицированного персонала;
- повышенный размер заработной платы летного и технического персонала;
- дефицит авиационных учебных заведений в ДФО;
- сравнительно низкий платежеспособный спрос;
- разреженная аэродромная сеть, следовательно, отсутствие «маршрутных» запасных приводит к снижению коммерческой загрузки и росту удельных расходов;

- ограниченный регламент работы большинства местных аэропортов (только светлое время суток) требует повышенного количества воздушных судов;
- высокие аэропортовые сборы [64, 66, 78].

Учитывая вышеизложенное, за основу принят вариант расчета, основанный на действующих тарифах, льготность перевозки принята на уровне 5% (на основании факта по субсидируемым рейсам Авроры за 2019 г.). т.е. в расчете от тарифа вычитается 5%, т. к. дети до 12 лет оплачивают 50% от тарифа, также другие льготные категории пассажиров. Доходность перевозки груза, почты, платного багажа – факт, а/к Аврора за 2019 г. [62].

6.4.14. Расчет расходов

При расчете расходов были использованы следующие допущения.

В условиях отсутствия точного технического заказа с установленными экономическими параметрами, а также отсутствия детализированной информации (например, летно-технические и экономические параметры ВС Ил-114) были приняты следующие допущения.

1. Общие:

- консервативный (пессимистичный) подход к расчетам;
- использование фактических данных об экономике и параметрах производства полетов на самолетах SSJ, L410, Q400 и DHC6–400, полученных от субъектов ДФО (в случае появления уточненных данных параметры концепции пересчитываются с получением более позитивных результатов);
- применен существующий подход к формированию тарифов для пассажира;
- данные об аэродромной инфраструктуре взяты из открытых источников;
- не учтен возможный переход пассажиров с наземных видов транспорта.

2. Инфляция:

- годовая инфляция – 3,5% ежегодно;
- количество лет в расчете – 5.

3. Загрузка и частота полетов:
- базовая загрузка кресел дифференцирована, в зависимости от региона и типа авиалинии;
 - при определении частоты полетов за основу использовались доступные исторические данные по авиаперевозке пассажиров и данные, полученные от субъектов ДФО.

Маршруты с учетом исторических данных по пассажиропотоку и количеству рейсов были про сегментированы. Средняя загрузка между труднодоступными населенными пунктами с наименьшей численностью населения в расчете составляет 24%. Доля маршрутов с такой загрузкой в пассажиропотоке составляет не более 2,7%. Полеты выполняются на вертолетах. Например, на Чукотке, Камчатке, в Якутии [62] (рисунок 6.15).



Рисунок 6.15 – Карта маршрутов с низкой загрузкой в Камчатском крае

Между административными центрами субъектов и узловыми региональными аэропортами загрузка более 60%, доля в пассажиропотоке составляет 85% с частотой полетов в среднем 4 рейса в неделю (таблица 6.9).

Таблица 6.9 – Расчет расходов

Сегмент для ЗПК	Занятость кресел в расчете					Пассажиропоток					Доля пассажиропотока					Средняя частота в неделю			
	2021	2022	2023	2024	2025	2021	2022	2023	2024	2025	2021	2022	2023	2024	2025	2022	2023	2024	2025
Малые пункты	24%	24%	24%	24%	24%	36 549	47 411	53 338	54 421	55 601	2,9%	2,9%	2,9%	2,8%	2,7%	0,3	0,3	0,3	0,3
Столица – малый	40%	40%	40%	40%	40%	127 645	209 964	236 201	249 312	254 783	10,0%	12,6%	12,9%	12,8%	12,6%	1,1	1,1	1,2	1,2
Основные	62%	62%	62%	62%	62%	1 114 023	1 403 260	1 537 136	1 643 052	1 717 130	87%	85%	84%	84%	85%	3,3	3,6	3,9	4,1
Итого	58%	57%	57%	57%	58%	1 278 216	1 660 636	1 826 676	1 946 785	2 027 514	100%	100%	100%	100%	100%	0,7	0,9	1,1	1,1

4. Рентабельность – 5,8%.

На основании собранных данных и принятых допущений оформлены сводные таблицы Microsoft Excel.

Расходы сгруппированы в три группы:

– 1 группа – прямые эксплуатационные расходы, включающие расходы на аэронавигационное, аэропортовое, наземное техническое обслуживание, авиатопливо;

– 2 группа – условно-постоянные расходы, связанные с воздушным судном и летно-техническим составом (фонд оплаты труда, владение воздушным судном, поддержание летной годности, др.) и прочие производственные расходы (административные, накладные, продажа перевозок и др.). Расходы рассчитаны на основании фактических данных, представленных субъектами ДФО.

6.4.15. Расчет потребной субсидии

Все данные были погружены в электронные таблицы, которые сформировали нам отрицательный финансовый результат. Принимая во внимание, что одним из

основных принципов создания ДВА является безубыточность, сумма непокрытого убытка эквивалентна потребной субсидии – 30,7 млрд руб. в год (таблица 6.10).

Таблица 6.10 – Субсидия, млрд руб. в год

Показатель	2021	2022	2023	2024	2025
Местные и региональные	10,07*	11 721	13 020	14 066	14 893
Межрегиональные	4,07**	12 987	14 075	15 415	15 875
Всего	14,14	24,708	27,094	29,481	30,768

***10,07** (4,08 предусмотрено в бюджете субъектов ДФО на 2021 год + 5,99 доп. потребность из Федерального бюджета) – согласно Письму Минвостокразвития №АБ-09–14/1181 от 01.02.2021 г.

****4,07** из расчета доп. маршрутов на 2021 – согласно протоколу Дитриха Е.И. от 23.10.2020 № 55, федеральный бюджет.

На период 2022–2025 гг. субсидия в соответствии с финансовой моделью, разработанной в середине 2020 г. Расчетная субсидия позволит в два раза увеличить объем авиаперевозок, обеспечить оплату лизинговых платежей при сложившихся пассажирских тарифах 2019 г. при полном обновлении флота [153].

6.4.15.1. Обновление сценарных условий с учетом постепенного вывода советской авиатехники и замены на современные аналоги

Рассчитан инвестиционный бюджет на привлечение новой авиатехники, который состоит из расходов на аренду воздушных судов, поддержание летной годности авиатехники и мобилизационные расходы (обучение персонала, сертификация, приемка воздушных судов, формирование склада зап. частей и др.). Используются представленные ГТЛК лизинговые ставки, а также расходы на поддержание летной годности воздушных судов. Также учтены текущие расходы авиакомпаний ДФО на поддержание летной годности воздушных судов [62].

Сценарий учитывает только дополнительные средства при реализации сценария постепенного вывода советской авиатехники и, соответственно, постепенной замены

на современные воздушные суда, помимо субсидирования местных и региональных перевозок со стороны субъектов ДФО в текущем объеме (таблица 6.11).

Таблица 6.11 – Показатели по финансовой модели единой дальневосточной авиакомпании. Местные и региональные перевозки

Показатель	2021	2022	2023	2024	2025	Комментарий
Количество новых ВС	4	13	25	49	68	
в том числе российского производства	1	4	11	29	45	

Инвестиционный бюджет, млрд руб.						
Инвестиционный бюджет, млрд руб.	0,914	3,297	5,864	10,242	13,908	
в том числе:						
Мобилизация	0,428	0,830	0,850	1,753	1,275	
Лизинг	0,200	1,130	2,348	3,855	5,772	
Поддержание летной годности	0,286	1,338	2,666	4,634	6,861	
На российскую авиатехнику – федеральный бюджет	0,914	1,292	3,176	6,843	10,049	

Субсидии на перевозки – федеральный бюджет, млрд руб.						
Субсидия на перевозки, млрд руб.	2,664	7,484	9,538	13,879	16,753	Без учета текущей субсидии регионов ДФО на местные перевозки в размере 4 млрд руб ежегодно
в том числе:						
Внутри субъекта	0,128	2 026	2 732	5 539	6 721	
Между субъектами	2,535	5 458	6 805	8 341	10 032	

Пассажиропоток, чел.	577 733	1 077 763	1 270 197	1 754 145	2 045 035	с учетом 20 дополнительных маршрутов по 1242 и внутрирегиональных перевозок, субсидируемых текущим бюджетом субъектов ДФО
Субсидия на 1 пассажира, руб.	15 240	11 090	10 997	10 272	10 202	
Занятость кресел	62%	63%	62%	63%	62%	
Себестоимость летного часа, тыс.руб.	497	481	475	461	456	

В модели заложено повышение эффективности эксплуатации парка воздушных судов, рост налета на 1 воздушное судно в месяц. Также учтен постепенный рост загрузки. Как следствие, субсидия на 1 пассажира и себестоимость летного часа снижаются (таблица 6.12).

Таблица 6.12 – Прогноз поставок ВС

Прогноз поставок						
Тип ВС	2021	2022	2023	2024	2025	0
DHC-6		2	4	4	3	13
L-410 / аналог				4	4	8
ЛМС / аналог			2	4	4	10
DHC-8-300	2	1				3
DHC-8-402	1	3	1	2	0	7
Ил-114 / аналог			3	8	8	19
SSJ-100 / аналог	1	3	2	2	0	8
Итого	4	9	12	24	19	68
в том числе российская авиатехника	1	3	7	18	16	45

Аналог предусматривается в случае неготовности поставки отечественной авиатехники в запланированном объеме.

Доля российской авиатехники в инвестиционном бюджете к 2025 году составит более 70% с ростом возможностей поставок со стороны Минпромторга. Также в графике поставок учтено резервирование отечественной техники современными аналогами с целью обеспечения программы полетов в запланированном объеме и повышения регулярности [58, 62].

6.4.15.2. Формирование парка ВС российского производства и Центр ТОиР российской в ДФО

Практическое выполнение проекта на основании вышеизложенных принципов подчеркивает необходимость реализации нескольких важных инфраструктурных решений. Первым таким решением является создание двух

опорных региональных центров по ТОиР и 7 линейных станций по техническому обслуживанию по типам ВС в основных аэропортах ДФО [62].

Так, АО «Авиакомпания «Якутия» в качестве участника проекта и на основании имеющихся уникальных компетенций по эксплуатации воздушных судов SSJ-100, эксплуатируемых с 2012 года в условиях экстремально низких температур Якутии до – 54С с базированием в аэропорту Якутск, предложена как опорная организация для развития компетенций по летно-технической эксплуатации современных отечественных ВС всего Дальневосточного региона [56, 61, 67]. АО «Авиакомпания «Якутия» имеет практический опыт выполнения полетов на международных линиях на воздушных судах SSJ-100 из аэропортов Якутск, Хабаровск, Владивосток, Улан-Удэ в ключевые страны Дальнего Востока, Китай, Ю. Корею и Японию [337]. Кроме того – уникальный опыт и отработанную практику полетов в сложных метеоусловиях Крайнего Севера, в аэропорты Арктической зоны, Тикси, Певек, Полярный и Чукотский Анадырь. Авиакомпания «Якутия» располагает опытным летным и инженерно-техническим составом, наземной инфраструктурой, базой технического обслуживания, уникальными для Дальнего Востока компетенциями по подготовке летного состава. За 10 лет эксплуатации специалистами Центра по ТОиР освоены все формы самостоятельного технического обслуживания SSJ100 и канадских Bombardier Dash8 Q300, включая трудоемкие C-Check, замены двигателей, устранения сложных дефектов и выполнение сервисных бюллетеней и модификаций. Обладание уникальными данными и не имеющими аналогов в регионе компетенциями может служить основой создания сети линейных станций по ТО в базовых аэропортах субъектов ДФО. Передача опыта и компетенций Якутского Центра по ТОиР позволят развить многопрофильный Центр по ТОиР в Хабаровске до уровня регионального центра по технической эксплуатации перспективных Байкал, Ил-114, MC-21 и CRJ929 [59, 62, 67].

Поэтому наиболее оптимальным является создание специализированного Центра технического обслуживания и ремонта в составе двух имеющихся

авиационно-технических баз и ангарных мощностей в Якутске и Хабаровске [62] (рисунок 6.16).



Рисунок 6.16 – Карта развития опорных Центров по ТООР в аэропорту Якутска и аэропорту Хабаровск, а также линейных станций в крупнейших аэропортах ДФО.

Источник: материалы по созданию единой дальневосточной авиакомпании

Также на основе действующего сертификата ФАП-285 АО «Авиакомпания «Якутия» создаст возможность развития сети линейных станций в 7 аэропортах административных центров субъектов ДФО, а именно: в Улан-Удэ, Чите, Благовещенске, Магадане, Анадыре, Петропавловске-Камчатском, включая как

первый этап создание регионального центра по техническому обслуживанию ВС типа SSJ-100 в Хабаровске [62] (рисунок 6.16).

Первым шагом реализации явилось подписание в 2020 году между авиакомпанией «Якутия» и АО «Хабаровский аэропорт» Меморандума о стратегическом сотрудничестве и партнерстве, согласно которому подразумевается базирование ВС SSJ-100 авиакомпании «Якутия» в аэропорту Хабаровска. В рамках Стратегии развития авиакомпании «Якутия» на период до 2025 года и основные направления до 2032 года, а также на периоды реконструкции ИВПП-2 аэропорта Якутска запланировано базирование SSJ-100 в аэропорту Хабаровска. В этой связи и в целях развития авиаперевозок по Дальнему Востоку и эффективной эксплуатации отечественных ВС типа SSJ-100 создание сертифицированной линейной станции технического обслуживания для ВС SSJ-100 хорошо вписывается в общую стратегию формирования единой дальневосточной авиакомпании [62, 337].

В качестве дальнейших шагов и создания инфраструктурной основы для успешного развития эксплуатационно-технической платформы для поддержания летной годности (ПЛГ) всего флота единой дальневосточной авиакомпании необходима реализация следующих планов:

- организация ремонта и запуска в работу имеющегося, но не использующегося в настоящее время в, а\п Хабаровск Ангара номер 2;
- оснащение ангара необходимым оборудованием для выполнения ТО ВС SSJ-100 и поступающих на базирование других типов ВС;
- создание склада запасных частей в целях обеспечения бесперебойной эксплуатации ВС SSJ-100 и других типов, сокращения времени оборачиваемости компонентов по принципу общего пула [3];
- на основе имеющихся лабораторных и ремонтных мощностей советской авиатехники необходима организация и развитие производственных компетенций в части обслуживания современных систем авионики, аккумуляторных батарей,

ремонта колес, тормозов, структурных и композитных элементов конструкции современных ВС [286].

6.4.15.3. Локализация подготовки авиационного персонала на Дальнем Востоке

Важнейшим условием успешного функционирования единой дальневосточной авиакомпания является локализация подготовки летного и технического состава на базе Якутского и Хабаровского филиалов ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации».

Кроме получения среднего и высшего образования на базе вышеупомянутых учебных заведений, подготовки всей номенклатуры авиационных специалистов, необходима локализация переподготовки летного и технического состава по программам подготовки по типам ВС персонала авиакомпаний ДФО.

Снижение дефицита и высокой стоимости квалифицированных специалистов летного и инженерно-технического персонала (ИТС), в первую очередь для региональной и местной авиации, создание учебного центра летного и ИТС на Дальнем Востоке с возможностью экспорта данной услуги на основе современных методов подготовки (MPL):

- дооборудование АУЦ Авроры тренажерными комплексами отечественных ВС;
- развитие подготовки коммерческих пилотов на базе образовательных организаций на принципах государственно-частного партнерства с АУЦ авиапредприятий, по мере развития объемов малой и региональной авиации возобновление поэтапной квалификационной подготовки пилотов;
- снижение требований к медицинскому освидетельствованию пилотов коммерческой авиации и линейных пилотов авиакомпании, выполняющих региональные и местные воздушные перевозки на турбовинтовых самолетах с

максимальной сертифицированной взлетной массой менее 30 000 кг, включая легкие воздушные суда (взлетная масса до 5 700 кг);

– обучение пилотов в учебных заведениях ГА на «выпускных» типах воздушных судов, реально эксплуатируемых в авиакомпаниях.

Для выполнения подготовки летного состава и бортпроводников необходима организация тренажерного центра с установкой полноценного тренажера для переподготовки на типы ВС и прежде всего летного тренажера (FFS – Full Flight Simulator) самолета SSJ-100. Наличие данного тренажера на Дальнем Востоке обосновано частой необходимостью прохождения летным составом программ периодической полугодовой подготовки и восстановления навыков после перерыва в летной работе, прохождение которых в настоящий момент возможно только на базе тренажерного центра в г. Жуковский в Московской области и на базе Ульяновского института гражданской авиации [62].

Не менее важным является установка в Хабаровске тренажеров «Вода-Суша», «Emergency Evacuation Trainer» и «Door Trainer», необходимых для реализации программ периодической подготовки по аварийно-спасательным процедурам. Это позволит организовать полный цикл первоначальной подготовки бортпроводников, прохождения ими программ КПК (курсов повышения квалификации), подготовки на месте инструкторского состава и старших бортпроводников, что значительно снизит и оптимизирует затраты авиакомпаний Дальневосточного федерального округа и Восточной Сибири [62].

6.4.15.4. Обсуждение результатов

В процессе создания и реализации Концепции в 2021–2023 годах были осуществлены следующие мероприятия:

- определен реестр социально-значимых маршрутов;
- дана оценка состояния инфраструктуры; «наложение» ЛТХ ВС (летно-технических характеристик) на характеристики существующих ВПП;
- определено оптимальное количество ВС по типам;

- выполнено формирование программы полетов; определение узловых аэропортов, стыковок и частоты полетов с учетом сезонности;
- определены параметры пассажиропотока; прогнозирование пассажиропотока в соответствии с программой полетов;
- выполнено совместное с субъектом ДФО определение тарифов на авиаперевозку на каждом участке;
- на основании программы полетов выполнен расчет расходов по выполнению полетов;
- выполнен расчет потребной субсидии и создание финансовой модели.

В целях дальнейшего развития плана создания единой дальневосточной авиакомпании произведена оценка потребного обновления флота, на основании которой между ПАО «ГТЛК», АО «Аврора», Минпромторгом России и авиапроизводителями сформирован и подписан график поставки 45 отечественных воздушных судов на период до 2025 года [58, 64] (таблица 6.13).

Таблица 6.13 – График поставки Российской авиационной техники
в Дальневосточный Федеральный округ. Потребность
в ВС российского производства для ввода в эксплуатацию в ДФО

Тип ВС	2021	2022	2023	2024	2025	Итого
SSJ100	1	3	2	2	-	8
Ил-114			3	8	8	19
L410			-	4	4	8
ЛМС			2	4	4	10
Итого		3	7	18	16	45

Наиболее ответственной задачей в успешной реализации плана создания единой дальневосточной авиакомпании является определение пассажирского тарифа как конечный результат для потребителя, т. е. пассажира, что в результате должно привести к востребованности услуги авиаперевозки, ее доступности и, соответственно, повышению уровня авиационной подвижности населения ДФО [62, 201].

Были проанализированы обстоятельства и факторы, влияющие на рост себестоимости авиаперевозки, которые необходимо принимать во внимание для успешной реализации проекта:

- обновление парка ВС в ДФО;
- протяженные расстояния между населенными пунктами;
- низкие пассажиропотоки;
- дефицит квалифицированного персонала;
- повышенный размер заработной платы летного и технического персонала;
- недостаток авиационных учебных заведений в ДФО и их оснащение, отсутствие тренажерных центров для реализации программ подготовки и переподготовки ЛС и ИТР;
- сравнительно низкий платежеспособный спрос;
- разреженная аэродромная сеть и, как следствие, отсутствие запасных аэродромов по маршруту, что приводит к снижению коммерческой загрузки и росту удельных расходов;
- ограниченный регламент работы большинства местных аэропортов (только светлое время суток) требует повышенного количества воздушных судов;
- многократно завышенные аэропортовые сборы в большинстве аэропортов районов Крайнего Севера и Арктики;
- высокая стоимость авиатоплива, сложная и дорогая логистика его доставки для обеспечения Арктических районов [60, 65].

При оценке и расчете общих расходов были использованы следующие допущения. В условиях отсутствия точного технического заказа с установленными экономическими параметрами, а также отсутствия детализированной информации, например, летно-технические и экономические параметры ВС Ил-114, были приняты следующие допущения, носящий общий характер, консервативный (пессимистичный) подход к расчетам, а именно:

- использование фактических данных об экономике и параметрах производства полетов на самолетах SSJ, L410, Q300, Q400, полученных от

субъектов ДФО (в случае появления уточненных данных параметры концепции пересчитываются с получением более позитивных результатов);

- применен существующий подход к формированию тарифов для пассажира;
- данные об аэродромной инфраструктуре взяты из открытых источников;
- не учтен возможный переход пассажиров с наземных видов транспорта.

Успешная реализация плана создания единой дальневосточной авиакомпания имеет целью получить мультипликативный эффект в экономической и социальных составляющих стратегического развития региона, создание дополнительных рабочих мест и, главное, решения проблем транспортной доступности Дальнего Востока, в особенности удаленных и не имеющих транспортных альтернатив, кроме воздушного транспорта районов Крайнего Севера и Арктики. Кроме того, объединением маршрутных сетей в рамках единой дальневосточной авиакомпании решается широкий комплекс задач и проблем, таких как расширение географии полетов, формирование единого расписания, где реализация согласованной тарифной политики позволит значительно улучшить авиационную подвижность населения.

Важнейшей составляющей в самой концепции и подходах реализации плана создания является консолидация усилий по обновлению флота авиакомпаний региона через единый заказ воздушных судов, что позволит добиться снижения себестоимости содержания и эксплуатации ВС [239, 267].

Совместная и скоординированная политика использования опорных Центров по ТОиР в Якутске и Хабаровске с формированием единых складов запасных частей, логистических схем их поставки позволит получить искомый синергетический эффект и, соответственно, снижение издержек авиакомпаний на поддержание летной годности и себестоимости летного часа. Наряду с этим, создание единой авиационно-учебной базы подготовки авиаперсонала с оснащением необходимыми тренажерными комплексами всей линейки отечественных ВС Ил-114, SSJ100 позволит развить в Хабаровске компетенции по

полному циклу подготовки авиаперсонала и для перспективных отечественных ВС МС-21, а в будущем и совместного Российско-Китайского CR929. В долгосрочной перспективе и учитывая выгодное географическое расположение Хабаровска и его международную транспортную доступность, позволит сделать его привлекательным и для заказчиков Юго-Восточной Азии как центра с широкими возможностями полного цикла сопровождения эксплуатации перспективных отечественных ВС – от технического обслуживания, ремонта, обеспечения запасными частями и компонентами до подготовки всей линейки авиационного персонала.

Выводы по главе 6

1. Показано, что потенциал использования механизмов ГЧП при решении проблем развития региональной авиации Крайнего Севера, Арктики, Сибири и Дальнего Востока обусловлен тем, что ГЧП имеет системное содержание как инвестиционный долгосрочный инструмент с проработанным аппаратом оценки параметров эффективности, сроков окупаемости, оценки рисков проектов и других показателей.

2. В отношении системы понятий эффективности ГЧП необходимо понимать, что среди множества видов эффективности (социально-экономическая, региональная, отраслевая, эффективность баланса интересов, бюджетная, финансовая, экономическая, общественная, коммерческая, предпринимательская) отсутствует техническая эффективность, что неприемлемо при описании такого проекта, как развитие региональной авиации Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока.

3. Определены и обоснованы основные положения создания единой дальневосточной авиакомпания через развитие единой маршрутной сети, парка и летно-технической эксплуатационной инфраструктуры Дальневосточного региона. На основании указанных положений сформулирована концепция создания единой Дальневосточной авиакомпания в формате альянса авиакомпаний под лидерством

«Аврора», которая позволила реализовать проект и выполнить поручение Президента Российской Федерации по созданию единой дальневосточной авиакомпанияи.

4. Разработана единая тарифная политика с применением сквозного тарифа, программы лояльности пассажиров с возможностью приобретения многосегментного маршрута в одном классе по всей маршрутной сети альянса, что способствует росту авиационной подвижности всех категорий населения ДФО.

5. Созданная концепция расположения центров ТОиР в ДФО согласно специализации по типам ВС показала значительный эффект снижения издержек авиакомпаний на поддержание летной годности ВС.

6. Показано, что несмотря на создание новых маршрутов, единой дальневосточной авиакомпанияи предстоит проделать большую работу по оптимизации использования имеющегося и нового парка ВС. Для обеспечения комфортности пассажироперевозок воздушным транспортом потребуются новые ВС, которые будут производиться в Российской Федерации.

7. Показано, что до 2022 года было внедрено 20 новых маршрутов, а их общее количество в 2025 году благодаря деятельности, созданной единой Дальневосточной авиакомпанияи должно составлять 1,5 тысячи.

8. Полученные показатели роста доказывают правильность выбранной стратегии создания единой дальневосточной авиакомпанияи, как исполнение поручений Президента Российской Федерации по итогам совещания с членами Правительства Российской Федерации от 14.01.2020 № Пр-36 и решений совещаний Заместителей Председателя Правительства Российской Федерации в соответствии с протоколами от 21.02.2020 № АБ-П9–15пр, от 14.05.2020 № АБ-П9–4876, от 28.05.2020 № ЮТ-П9–33п, от 02.11.2020 № АБ-П9–219пр, от 28.12.2020 № АБ-П9–285пр.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги, рекомендации, перспективы дальнейшей разработки темы диссертации заключаются в следующем:

1. Достигнута цель диссертационного исследования – найдено решение научной проблемы построения эффективной авиатранспортной системы Дальнего Востока на основе разработанной методологии, охватывающей методы решения проблемы поддержания летной годности современных ВС в условиях низких и экстремально низких температур, формирования состава и структуры парка воздушных судов, аэродромной и маршрутной сети, повышения эффективности деятельности авиапредприятий, систем их материально-технического и топливного обеспечения.

2. Определены основные особенности авиатранспортной сети региона, главная из которых - безальтернативный характер использования воздушного транспорта на значительной части территории в связи с высокой удаленностью от Европейской части России либо в связи с практическим отсутствием наземного транспортного сообщения. Территории с низкими зимними температурами охватывают примерно 3/4 регионов страны. Показано, что применительно к задачам построения эффективной авиатранспортной системы и региональной авиации Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока особое значение имеет погодно-климатический фактор, обусловленный суровостью климата, где факторы ветра и температуры являются наиболее критичными с точки зрения деятельности человека и поведенческих характеристик машин и механизмов, таких как авиационная техника.

3. Показано, что современное состояние авиации региона усугубляется системным кризисом, связанным с проблемами в авиастроительной отрасли, влекущими дефицит поставок современных ВС российского производства и авиадвигателей, интенсивное старение имеющегося парка западной авиатехники, проблемы поддержания летной годности ВС западного производства в связи с

прекращением поставок запчастей, летно-технической документации и конструкторского сопровождения.

4. Доказано, что решение выдвинутой автором гипотезы, как определяющей главное направление научного поиска, где с целью решения поставленной научной проблемы выполнено системное моделирование на основе факторного взаимодействия основных элементов и моделей воздушного транспорта «аэропорт — самолет — топливо», позволило впервые разработать методический комплекс научного обоснования структуры авиатранспортной системы региона, включающий механизмы выбора типов ВС, формирования их парков и распределения ВС по маршрутной сети, с учетом специфики длительного цикла доставки топлива в регион и его последующего использования (в течение года, или более года).

5. Определено, что для решения задачи формирования флота единой дальневосточной авиакомпании необходимо применять метод исследования математических моделей воздушных судов через параметрическое моделирование оптимальной линейки ВС на основе представленных разработчиками основных характеристик и параметров для эксплуатации в районах Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока.

6. Разработан и научно обоснован оптимальный модельный ряд ВС для формирования парков авиакомпаний региона Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока.

7. Рассмотренная математическая модель оптимизации модельного ряда ВС для эксплуатации в условиях Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока показывает, что выполнение задачи оптимизации требует анализа планов Минпромторга Российской Федерации по расширению модельного ряда и увеличению количества самолетов гражданского сегмента в соотношении с располагаемыми производственными мощностями и ресурсами авиационной промышленности Российской Федерации.

8. Определено, что для решения задачи формирования флота единой дальневосточной авиакомпании необходимо применять метод исследования

моделей воздушных судов через параметрическое моделирование оптимальной линейки ВС для эксплуатации в районах Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока. Предложено рассматривать параметрическое моделирование как метод исследования моделей воздушных судов через представленные разработчиками основные характеристики и параметры.

9. Установлено, что достоверного результата при решении таких слабоформализованных задач, как принятие решений управления процессами и системами, в средне- и долгосрочной перспективе, можно достичь с использованием методов, основывающихся на различных идеях и подходах, а именно композициях методов исследования временных рядов. Поэтому для исследования использованы такие факторы, как производственно-ресурсный потенциал, маршрутная сеть, параметры аэродромов для расчёта консонанса – коэффициента выравнивания модели по значимым параметрам.

10. Проведена оценка стоимости жизненного цикла воздушных судов на основе сравнительного анализа. По результатам проведенного анализа установлено, что существуют определенные отличия в распределении стоимостей типичного жизненного цикла авиационной техники, обусловленное наличием в стране ВС отечественного и зарубежного производства. Исходя из этого установлено, что типичное распределение стоимости жизненного цикла авиационной техники, разработка и производство которой проходило внутри страны, и зарубежных ВС имеют значительные отличия, которые необходимо учесть при построении парка ВС для потребностей гражданской авиации Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока.

11. Показано, что типичное распределение стоимости ЖЦ самолетов по основным стадиям и этапам позволяет определить зависимость между стоимостью серийного образца авиационной техники и расходами на стадию использования его по назначению, при условии выполнения в полном объеме всех видов работ по поддержанию летной годности, эксплуатации и ремонту.

12. Исследование предложенной методики формирования системы формализованных критериев рациональности программы развития

авиатранспортной системы и гражданской авиации Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока на долгосрочной перспективе показывает, что для формирования количественной системы формализованных критериев рациональности программы развития системы авиации Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока на долгосрочной перспективе была обоснована необходимость учета стоимости закупки единицы серийного образца воздушного судна j -го типа, который может рассматриваться как альтернативный тип новой авиационной техники для приобретения необходимых возможностей.

13. Также доказано, что обязательному учету подлежит обобщенная стоимость года эксплуатации одного самолета j -го типа. Обосновано, что полученные аналитические материалы необходимо сопоставить с планом расширения маршрутной авиатранспортной сети и календарным планом производства авиационной техники как в целом для авиационной отрасли страны, так и для единой дальневосточной авиакомпания.

14. Научно обоснована транспортная схема авиатопливообеспечения региона с учетом факторов поставок топлива в аэропорты Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока с применением методов корреляционно-регрессионного анализа.

15. Выполненная оценка факторов оптимизации завоза авиатоплива в регион Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока показывает, что наиболее весомыми факторами являются количество перевалок топлива и стоимость его транспортировки.

16. В качестве альтернативного решения по оптимизации логистики поставляемого в удаленные аэропорты авиатоплива предложен и обоснован метод транспортировки с помощью танк-контейнеров, позволяющий снизить число перевалок топлива с восьми-девяти до трех-четырех, что экономически более выгодно и позволяет сохранить качество поставляемого авиационного топлива.

17. Получены весомые научные результаты исследования методологических аспектов низкотемпературной надежности авионики при эксплуатации современных воздушных судов в условиях Крайнего Севера и Арктики. Показано, что современные ВС с цифровым бортовым комплексом авионики по показателям

надежности не полностью отвечают требованиям для работы в условиях экстремально низких температур аэропортов Крайнего Севера и Сибири, в связи с этим обозначены подходы и рассмотрены методы решения научной задачи поддержания летной годности и эксплуатационной надежности современных воздушных судов в условиях низких и экстремально низких температур. Выявлено, что при низких и экстремально низких температурах возникают проблемы с поддержанием летной годности ВС прежде всего из-за возрастания параметра потока отказов.

18. Автором получено и научно обосновано, что понятия надежности, безопасности полетов и поддержания летной годности ВС с бортовым цифровым комплексом авионики могут рассматриваться как целостная группа понятий, к общим признакам которых относятся отказы с обоснованием теоретических аспектов исследования, а также метода определения соотношения количества неявных отказов авионики. Получено, что указание на такой тип дефектов как не учитываемые отказы, имеет принципиальное значение при обсуждении сбоев авионики, наблюдаемых при климатических и сертификационных испытаниях ВС в условиях экстремально низких температур. В частности, к такому роду дефектов могут быть отнесены отказы авионики с неявным или скрытым характером, а также малоизученные отказы или отказы неопределенного происхождения, где применение политики *NFF – No Fault Found* позволяет значительно сократить затраты авиакомпаний на ПЛГ в части минимизации необоснованных замен дорогостоящих компонентов авионики и отсутствия возможности отправки их в зарубежные центры проверок и ремонтов, что в условиях базирования современных ВС в удаленных аэропортах Крайнего Севера и Арктики является наиболее разумным и экономически обоснованным.

19. На основании выполненного теплофизического моделирования надежности систем авионики найдено научно-обоснованное решение - разработан метод тепловой компенсации, обеспечивающий надежность безопасного функционирования бортового комплекса авионики и поддержание в целом летной годности современных воздушных судов в условиях экстремально низких

температур Арктики и Крайнего Севера до минус 54 градусов Цельсия. На основе полученных результатов теплофизического моделирования, автором разработано и закреплено патентом изобретение для поддержания температуры в отсеке авионики воздушных судов при обеспечении длительных межрейсовых стоянок в условиях экстремально низких температур удаленных аэропортов Арктики и Крайнего Севера.

20. На основании проведенного диссертационного исследования, можно сделать вывод, что дальнейшее освоение Арктики и Крайнего Севера, а также развитие полярной авиации, обеспечение безопасного функционирования Северного Морского Пути (СМП) без современной полярной авиации и создания современных ВС «под Арктику» невозможны.

21. На основе разработанных в диссертации подходов сформирована общая концепция формирования и реализации проекта единой дальневосточной авиакомпания, методы и принципы формирования маршрутной сети, парка ВС, эффективные логистические схемы материально-технического обеспечения, создания двух опорных учебных центров и двух опорных организаций по ТОиР с сетью из 8 линейных станций в качестве принципиально нового подхода в построении эффективной авиатранспортной системы Дальнего Востока.

22. Автором получено, что реализация проекта создания единой дальневосточной авиакомпании по поручению Президента и Правительства РФ по созданию единой дальневосточной авиакомпании обеспечит рост коэффициента подвижности населения в сегменте местных и региональных авиаперевозок с нынешнего 0,35 до уровня среднероссийского 0,72, а также увеличение количества перевезенных пассажиров дальневосточников с 1038 тыс. чел. в 2019 году до 2030 тыс. чел. в 2025 году, с целевым показателем достижения ежегодной перевозки 4000 тыс. чел. к 2030 году.

23. Таким образом, благодаря разработанной методологии построения эффективной авиатранспортной системы, в диссертационном исследовании автором решена, имеющая важное народно-хозяйственное и социально-экономическое значение научная проблема обеспечения повышения уровня

транспортной доступности и авиационной подвижности населения Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока до общероссийских показателей в целях решения стратегических задач развития важнейшего региона страны в новых технологических, экономических и геополитических условиях.

24. Перспективными направлениями дальнейших разработок по теме диссертации являются исследования в области развития транспортных систем доставки грузов в регион Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока беспилотными летательными аппаратами, создания надежной инфраструктуры для их обслуживания в аэропортах Арктической зоны для обеспечения устойчивого функционирования Северного Морского Пути (СМП).

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ, ТЕРМИНОВ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АЗ – Арктическая зона

АТР – азиатско – тихоокеанский регион

АТС – авиатранспортная система

АО – акционерное общество

АУЦ – авиационный учебный центр

БРЭО – бортовое радиоэлектронное оборудование

ВС – воздушное судно

ВСУ – вспомогательная силовая установка

ВЭФ – всемирный экономический форум

ГЧП – государственно – частное партнерство

ГСМ – горюче-смазочные материалы

ГТЛК – государственная транспортная лизинговая компания

ДФО – дальневосточный федеральный округ

ЖКИ – жидкокристаллический индикатор

ЖЦ – жизненный цикл

ИВПП – искусственная взлетно-посадочная полоса

ИМА – интегрированный модульный комплекс авионики

ИТР – инженерно-технические работники

ИТС – инженерно-технический состав

КБ – конструкторское бюро

КПК – курсы повышения квалификации

ЛС – летный состав

ЛТХ – летно-технические характеристики

МАК – межгосударственный авиационный комитет

МТК – метод тепловой компенсации

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод

ОрВД – организация по организации воздушного движения

ПЛГ – поддержание летной годности

ПТЭ – процесс технической эксплуатации

СМП – северный – морской путь

ТВГ – температура выходящих газов

ТД – транспортная доступность

ТО – техническое обслуживание

ТОиР – техническое обслуживание и ремонт

ЭТ – эксплуатационная технологичность

ФАП – федеральные авиационные правила

ФКП – федеральное казенное предприятие

ADIRU – Air Data & Inertial Reference Unit

Assisted parking (*Airbus*) – стоянка ВС с присутствием персонала на борту

Attended parking (*Boeing*) – стоянка ВС с присутствием персонала на борту

CPCP – Corrosion Preventing Control Program

CIDS – Cabin Indication Display System

CEO – Classic Engine Option

Cold Weather Operation – эксплуатация в условиях низких температур

Cold soak with controlled temperature – глубокая заморозка ВС с управляемым температурным режимом

CRT – Cathode Ray Tube

ECAM – Electronic Centralized Aircraft Monitor

ECB – Electronic Control Box

Extreme Cold Weather Maintenance / Servicing Procedures – процедуры ТО в условиях экстремально низких температур

FAC – Flight Augmentation Computer

FAP – Flight Attendant Panel

FCC – Flight Control Computer

FCU – Flight Control Unit

EFIS – Electronic Flight Indication System

Fly-by-Wire – электро-дистанционная система управления

FMC – Flight Management Computer

FMGS – Flight Management Guidance System

IATA – International Air Transport Association

ICAO –International Civil Aviation Organization

IDG – Integrated Drive Generator

IMA –Integrated Module Avionics

LCD –Liquid Crystal Display

LCC – Low Cost Company

MFD – Multi-Functional Display

ND – Navigation Display

NEO – New Engine Option

PFD – Primary Flight Display

Thermal Shock – термальный шок

Touch Screen – жидко-кристаллический индикатор с активацией касанием

ЛИТЕРАТУРА

1. Андронов, А. М. Прогнозирование развития транспортной системы региона / А. М. Андронов, А. Н. Киселенко, Е. В. Мостивенко. – Сыктывкар: КНЦ УРО РАН, 1991. – 178 с.
2. Андреева Е. С. Оценка эффективности проектов государственно-частного партнерства: методологический подход // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – № 12. – Том 16. С. 300–303.
3. Айеле Ю. З., Барабади А., Барабади Дж., Динамическая модель транспортировки запасных частей для арктического производственного предприятия // Международный журнал System Assurance Engineering and Management. – 2016. – № 7(1). – С. 84–98. DOI: 10.1007/s13198-015-0379-x.
4. Арепьев, К. А. Обзор условий эксплуатации парка самолетов типа Ан-24 в Российской Федерации в 2017-2018 гг. К. А. Арепьев, С. А. Ковалевский, Т. Н. Симонов // Научный вестник ГосНИИ ГА. – 2019. – № 28(339). – С. 41–49.
5. Арктическое пространство России в XXI веке: факторы развития, организация, управление: монография / Под ред. В. В. Ивантера. – СПб.: Издательский Дом «Наука», 2016. – 1040 с.
6. Афанасьева, А. М. Проблемы и перспективы кроссполярных маршрутов над территорией России / А. М. Афанасьева // Научный электронный журнал «Меридиан». – 2017. – № 3(6). – С. 3–5.
7. Багинова, В. В. Обзор современных исследований транспортного обеспечения регионов Крайнего Севера / В. В. Багинова, Д. В. Кузьмин, Д. В. Мусатов // Вестник транспорта Поволжья. – 2020. – № 1(79). – С. 9–105.
8. Бажина, Д. Б., Лукинский, В. С., Николаевский, Н. Н. Имитационное моделирование цепей поставок на основе системной динамики // Логистика и управление цепями поставок. – 2020. – № 1(96). – С. 47–56.
9. Балясников В. В., Богданов А. А., Маслаков В. П., Староселец В. Г. Многокритериальная оптимизация транспортных систем массового обслуживания // Транспорт Российской Федерации. – 2012. – № 6(43). – С. 73 – 76.

10. Баттон К. Дж., Дох С., Юань Дж. Роль малых аэропортов в экономическом развитии // Журнал управления аэропортом. – 2010. – № 4(2). – С. 125–136.
11. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. наука и технологии комплексной безопасности: постановка проблем: Сводный том по выпуску 60-томной серии «Безопасность России» Н. В. Абросимов, А. И. Агеев, В. А. Акимов [и др.]. – М.: Международный гуманитарный общественный фонд «Знание им. академика К. В. Фролова, 2021. – 576 с.
12. Безруков, Л. А. Проблемы формирования транспортной системы сибирской Арктики / Л. А. Безруков // ЭКО. – 2018. – Т. 48. – № 4. – С. 29–47. DOI: <http://dx.doi.org/10.3068WEC00131-7652-2018-4-29-47>.
13. Беляев, В. М. Основы организации авиатранспортной системы северных регионов / В. М. Беляев, Н. А. Филиппова // Мир транспорта. – 2017. – Т. 15, 1(68). – С. 162–167.
14. Береснев А. Е. Оценка обеспеченности транспортной сетью Районов Красноярского края А. Е. Береснев, К. А. Морачевская, А. В. Шендрик / Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. – 2017. – т. 3(69), № 3. – ч. 1. – С. 12–22.
15. Бериков В. Б. Современные тенденции в кластерном анализе / В. Б. Бериков, Г. С. Лобов // Wayback Vachine. Всероссийский конкурсный отбор обзорноаналитических статей по приоритетному направлению «Информационно-телекоммуникационные системы», 2008. – 26 с.
16. Богумил В. Н. Использование технологии BRT для повышения эффективности пассажирских перевозок в регионах с суровыми климатическими условиями / В. Н. Богумил, В. М. Власов, М. Х. Дуке Саранго // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2020. – № 4(63). – С. 94–99.
17. Большаков Н. М. Стратегия развития дорожно-транспортной сети региона: методология и практика Н. М. Большаков, В. В. Жиделева [и др.]; под общ. ред. д-ра экон. наук, проф. В. В. Жиделевой. – СПб: СПбГЛТУ, 2015. – 288 с.

18. Бондаренко Л. А. Возможности формирования Аква территориально-производственных комплексов (АТПГК) в зоне Северного морского пути / Л. А. Бондаренко, В. Д. Ионова, В. Ю. Малов, О. В. Тарасова. Азиатская часть России: моделирование экономического развития в контексте опыта истории Отв. ред. В. А. Ламин, В. Ю. Малов. – Новосибирск: изд-во СО РАН, 2012. – С. 219–242.

19. Борисенко Л. В. Медицинская эвакуация с применением авиационного транспорта и ее роль в службе медицины катастроф / Л. В. Борисенко, О. А. Гармаш, А. В. Попов, В. Ю. Пичугин. Медицина катастроф. – 2011. – № 1. – С. 10–14.

20. Бочкарев А. А. Задачи динамического и стохастического программирования в логистике и их решение в среде Matlab / А. А. Бочкарев, Т. И. Савенкова. Логистика и управление цепями поставок. – 2021. – № 1(102). – С. 47–56.

21. Бочкарев А. А. Информационные системы для автоматизации планирования доставки и их функциональные возможности / А. А. Бочкарев // Вестник ИНЖЭКОНа. Серия: Экономика. – 2013. – № 2(61). – С. 149–155.

22. Бочкарев А. А. Надежность и устойчивость цепей поставок: модели и алгоритмы / А. А. Бочкарев, П. А. Бочкарев. – СПб: Лань, 2022. – 264 с.

23. Бочкарев, А. А. Организация материального потока в условиях цифровой экономики: место и роль технологии цифрового двойника А. А. Бочкарев, Е. Р. Добронравин // Научное обозрение: теория и практика. – 2020. – № 9(77). – С. 1869–1884.

24. Бугроменко В. Н. Транспорт в территориальных системах / В. Н. Бугроменко. – М.: Наука, 1987. – 112 с.

25. Бугроменко В. Н. Транспортная дискриминация населения: пути решения проблемы / В. Н. Бугроменко // Промышленная политика в Российской Федерации. – 2003. – № 1. – М.: Институт экономики и управления в промышленности, 2003. – С. 8–22.

26. Бугроменко В. Н. Что стоит за сменой парадигм / В. Н. Бугроменко Транспорт России. – Электрон. журн. – 2010. [Электронный ресурс]. – Режим

доступа: <http://www.tmnstportms.sia.mitransppn-i-obschestvo/chto-stoit-za-smenpy-paradigm.htm>.

27. Бурков В. Н. Качественные оценки рисков в управлении проектов / В. Н. Бурков, И. В. Бурков, Д. Ю. Адамец // Материалы XII мульти конференции по проблемам управления (МКПУ-2Ш 9). В 4-х п., 2019. – С. 175–178.

28. Варнавский В. Г. Государственно-частное партнерство: в 2-х т. М.: ИМЭМО РАН, 2009. – 312 с. – 1 т. Рекомендации по реализации проектов государственно-частного партнерства. Лучшие практики. – М., 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://minek.rk.gov.ru/file/File/minek/2016/g4p/recommend_gchp_2016.pdf.

29. Варнавский В. Г. Государственно-частное партнерство: в 2-х т. – М.: ИМЭМО АН. 2009. 1 т.

30. Васильева В. В. Инфраструктура вне государства: «дикие» зимники и вывоз промысловой продукции на Таймыре / В. В. Васильева // Этнографическое обозрение. – 2019. – № 4. – С. 61–75.

31. Васильева И. И. Логистическая стратегия организации завоза товаров в районы Крайнего Севера И. И. Васильева // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2009. – № 3(59). – С. 95–98.

32. Вильсон А. Дж. Энтропийные методы моделирования сложных систем / А. Дж. Вильсон. – М.: Наука, 1978. – 248 с.

33. Вейбулл Дж. В. Аксиоматический подход к измерению доступности // Региональная наука и экономика города. – 2006. – С. 357–79.

34. Волосов Е. Н. Региональная авиация Сибири и Дальнего Востока: проблемы и перспективы // Проблемы социально-экономического развития Сибири. – 2016. – № 4. – С. 60–68.

35. Воробьев А. В. Научные основы создания отказоустойчивых интегрированных вычислительных комплексов систем управления летательными аппаратами: автореферат дис. ... док. тех. наук: 05.13.05 / Воробьев Александр Владимирович. – М., 2010. – 32 с.

36. Воронина Е. П. Транспортное освоение арктических территорий: стратегические задачи и анализ рисков // Арктика: экология и экономика. – 2017. – № 3 (27). – С. 61–68. DOI: 10.25283/2223-4594-2017-3-61-68.

37. В рамках XVIII научно-технической конференции «Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н.Е. Жуковского» / Сборник статей / «Определение и систематизация ключевых факторов современного состояния региональной авиации Крайнего Севера и Арктики».

38. Гасников А. В. Заметка об эффективной вычислимости конкурентных равновесий в транспортно-экономических моделях А. В. Гасников // Математическое моделирование. – 2015. – Т. 27, 12. – С. 121–136.

39. Гасников А. В. Поиск стохастических равновесий в транспортных моделях равновесного распределения потоков / А. В. Гасников, Е. В. Гасникова, П. Е. Двуреченский и др. Труды МФТИ. – 2015. – Т. 7, № 4. – С. 114–128.

40. Гимади И. С. Модель развития транспортного комплекса региона / И. С. Гимади, В. В. Добродей, И. А. Матушкина // Экономика региона. – 2005. – № 3. – С. 50–63.

41. Гольц Г. А. Магистральные грузовые перевозки и валовой внутренний продукт: историко-метрическое исследование для прогнозных целей Г. А. Гольц // Проблемы прогнозирования. – 2009. – № 2(113). – С. 151–157.

42. Гольц Г. А. Пути развития транспорта России / Г. А. Гольц, В. Н. Филина // Проблемы прогнозирования. – 1998. №23. – С. 74–86.

43. Гольц Г. А. Структурные сдвиги на транспорте / Г. А. Гольц, В. Н. Филина // Автомобильный транспорт. – 1995. – № 5. – С. 22.

44. Гольц Г. А. Транспорт и население. М.: Наука, 1981. – 248 с.

45. Гольц Г. А. Транспорт, экономика, экология: тенденции взаимосвязанного развития / Г. А. Гольц, В. Н. Филина // Проблемы прогнозирования. – 1999. – № 1. – С. 62–76.

46. Гончаров Р. В. Соборы в пустыне или опорные базы? Типология населенных пунктов Российской Арктики по характеру взаимосвязей с окружающей территорией / Р. В. Гончаров, М. А. Данькин, Н. Ю. Замятина,

В. А. Молодцова // Городские исследования и практики. – 2021. – Т. 5, № 1. – С. 33–56. DOI: 10.17323/usp51202033–56.

47. Горбунов В. П. Дальнемагистральные перевозки – перспективная бизнес-модель низкобюджетных авиакомпаний // «Авиасоюз». Международный авиакосмический журнал. – 2016. – № 6. – С. 18–19.

48. Горбунов В. П. Анализ перспектив развития низкобюджетных авиакомпаний в современных условиях российской авиатранспортной системы // Качество и Жизнь. – М.: «Академия Проблем Качества», 2018. – № 1. – С. 60–65.

49. Горбунов В. П. Принципы и методология бизнес – моделирования // Качество и Жизнь. – М.: «Академия Проблем Качества», 2018. – № 2. – С. 28–35.

50. Горбунов В. П. Системно-интегральная методология при исследовании принципов бизнес – моделирования низкобюджетных авиакомпаний // Качество и Жизнь. – М.: «Академия Проблем Качества», 2018. – № 3. – С. 45–52.

51. Горбунов В. П. Факторы и параметры структурной организации базовой (архетипической) модели низкобюджетных авиакомпаний // Качество и Жизнь. – М.: «Академия Проблем Качества», 2018. – № 4. – С. 16–22.

52. Горбунов В. П. Эволюция бизнес-моделей низкобюджетных авиакомпаний – фактор аэропорта / В. П. Горбунов // Качество и Жизнь. – М.: «Академия Проблем Качества». – 2019. – № 2. – С. 106–112.

53. Горбунов В. П. Анализ практики и перспективы государственной поддержки региональной авиации при решении стратегических инфраструктурных проектов / В. П. Горбунов, В. М. Рухлинский // Качество и Жизнь. – М.: «Академия Проблем Качества». – 2022. – № 3(35). – С. 46–52.

54. Горбунов В. П. Эволюция представлений о транспортной доступности // Бюллетень транспортной информации. – 2019. – № 8(290). – С. 10–14.

55. Горбунов В. П. Метод повышения авиатранспортной доступности через внедрение инновационной бизнес модели низкобюджетных авиакомпаний // Научный вестник ГосНИИ ГА. – М.: ГосНИИ ГА, 2018. – № 22. – С. 143–151.

56. Горбунов В. П., Чалик И. П. Адаптация технологий и практик низкобюджетных авиакомпаний в дальнемагистральном сегменте перевозок для

повышения транспортной доступности Дальнего Востока // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2024. № 46. С. 74–85.

57. Горбунов В. П. Теплофизическое моделирование при оценке низкотемпературной надежности воздушных судов с цифровым бортовым комплексом / В. П. Горбунов // Научный вестник ГосНИИ ГА. – М.: ГосНИИ ГА. – 2022. – № 38. – С. 27–41.

58. Горбунов В. П. Метод формирования оптимальной линейки воздушных судов через параметрическое моделирование // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2024. № 46. С. 96–105.

59. Горбунов В. П. Проблемы эксплуатации современных самолетов в условиях низких и сверхнизких температур Сибири, Крайнего Севера и Арктики [Текст] / В. П. Горбунов // Научный вестник МГТУ ГА. – М.: МГТУ ГА, 2014. – № 204. – С. 110–114.

60. Горбунов В. П. Метод корреляционно-регрессионного анализа оценки факторов поставки авиатоплива в труднодоступные арктические районы Севера / В. П. Горбунов, Самойленко В. М, Кузнецов С. В, Стручкова А. М. // Научный вестник МГТУ ГА. – Москва: МГТУ ГА, 2022. – Том 25. № 6. – С. 23–39.

61. Горбунов В. П. Метод поддержания летной годности воздушных судов с бортовым цифровым комплексом в условиях экстремально низких температур: дис. ... канд. тех. наук: 05.22.14 / Горбунов Владимир Павлович. – М., 2018. – 176 с.

62. Горбунов В. П. Основные аспекты создания единой дальневосточной авиакомпания через развитие единой маршрутной сети, флота и летно-эксплуатационной инфраструктуры дальневосточного региона // Международный информационно-аналитический журнал «Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык». – 2023. – № 2(37) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ce.if-mstuca.ru/wp-content/uploads/2023/02/Gorbunov_CE_2023-2.pdf. DOI: 10.51955/2312–1327_2023_2_44.

63. Горбунов В. П. Методология оценки эффективности авиатранспортной сети / В. П. Горбунов // Наука и Бизнес: Пути развития – М.: 2022. – № 5(131). С. 153–160.

64. Горбунов В. П. Перспективы развития региональной авиации Крайнего Севера и задачи увеличения транспортной доступности Арктики и Дальнего Востока / В.П. Горбунов // Арктика: экология и экономика. – М.: 2022. Т. 12. № 3. – С. 367–375.

65. Горбунов В. П. Метод решения проблемы транспортировки авиатоплива в труднодоступные аэродромы Арктических районов Якутии и Крайнего Севера / В. П. Горбунов, Стручкова А. М. // Арктика: экология и экономика. – М.: 2023. Т. 13. – № 2. – С. 271–279.

66. Горбунов В. П., Рухлинский В. М., Саввина А. М. Роль природных и антропогенных факторов в современном состоянии региональной авиации Арктики и Крайнего Севера // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 6. – С. 32–37.

67. Горбунов В. П. Самолет и холод. Климатические испытания и эксплуатация воздушных судов в условиях экстремально низких температур Арктики, Сибири и Крайнего Севера / В. П. Горбунов. – СПб.: Научные технологии, 2023. – 712 с.

68. Горбунов В. П. Математическая модель работы аэропортов Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока на основе экономического и топливного критериев в условиях транспортной системы страны / Проблемы внедрения и применения инновационных исследований и пути их решения / Айгуль С., Айна Б., Айнабат М., Баева С. С., Бахтеева А. А., Безденежных И. А., Васильев А. М., Василькина М. В., Вепа Б., Горбунов В. П., Гордеева В. В., Евграфов А. В., Кальнер Н. В., Коток Н. Ю., Кузнецова Н. В., Лагутина Н. В., Минкова О. Г., Михайлов В. В., Мяхри А., Нежелченко Е. В. и др. Монография. Издательство: ООО «Аэтерна». Выпуск 85. Уфа. 2024, С. 5–52.

69. Горев А. Э. Установление закономерностей в изменении объема пассажирских перевозок от численности жителей населенного пункта / А. Э. Горев, С. А. Аземша, С. В. Скирковский // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – № 5(76). – С. 206–2016.

70. Горчаков Я. Л. Оценка транспортной сети Восточносибирского экономического района / Я. Л. Горчаков // Известия Байкальского государственного университета. – 2002. – № 4. – С. 34–43.

71. Государственная программа Республики Саха (Якутия) «Обеспечение безопасности жизнедеятельности населения РС(Я) на 2020–2024 гг.», утвержденная Указом Главы РС (Я) от 06.11.2019 № 804 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/561614505?ysclid=lwbs6d7we6634374814>.

72. Глава «Роснефти» Игорь Сечин обеспокоен растущей активностью Китая в Арктике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.portnews.ru/news/181671/>.

73. Государственно-частное партнерство: теоретические основы, базовые принципы и практика реализации: труды коллективной монографии / под ред. д-ра экон. наук, проф. В. В. Глухова – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 568 с.

74. Государственно-частное партнерство: теоретические основы, базовые принципы и практика реализации: труды коллективной монографии / под ред. д-ра экон. наук, проф. Глухова В. В. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 568 с.

75. Гранберг А. Г. Моделирование пространственного развития национальной и мировой экономики: Эволюция подходов / А. Г. Гранберг // Регион: Экономика и Социология. – 2017. – № 1. – С. 87.

76. Гранберг А. Г. О программе фундаментальных исследований пространственного развития России / А. Г. Гранберг // Регион: Экономика и Социология. – 2014. – № 2. – С. 166.

77. Гранберг А. Г. Экономико-математические исследования пространственного развития России на основе межотраслевых моделей / А. Г. Гранберг, Н. Н. Михеева, В. И. Суслов, Ю. С. Ерошов // Межотраслевой баланс – история и перспективы. (доклады, статьи, материалы), Министерство экономического развития Российской Федерации, ГУ «Институт макроэкономических исследований», Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации, 2011. – С. 46–55.

78. Грин Р. К. Аэропорты и экономическое развитие // Экономика недвижимости. 2007. – № 3(1). – С. 91–112. DOI: 10.1111/j.1540-6229.2007.00183.x.

79. Гурлев И. В. Анализ состояния и развития транспортной системы Северного морского пути / И. В. Гурлев, А. А. Макоско, И. Г. Малыгин // Арктика: экология и экономика. – 2022. – Т. 12. – № 2(46). – С. 258–270.

80. Грузинов М. В. Арктические транспортные магистрали на суше, акваториях и в воздушном пространстве / М. В. Грузинов, Ю. В. Зворыкина, Ю. Ф. Сычев, О. В. Тарасова, Б. Н. Филин // Арктика: экология и экономика. – 2019. – № (33). – С. 6–20. DOI: 10.25283/2223-4594-2019-1-6-20.

81. Гурьев И. В. Проблемы обеспечения национальной безопасности России в Арктике / И. В. Гурьев Вестник Евразийской науки. – 2020. – Т. 12, 3. – С. 31.

82. Гущина А. С. Сравнение российского и зарубежного опыта субсидирования авиаперевозок // Вектор экономики. – 2017. – № 3. – С. 10.

83. Дабиев Д. Ф. Оценка транспортной инфраструктуры макрорегионов России / Д. Ф. Дабиев, У. М. Дабиева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 11–2. – С. 283–284.

84. Дадеркина Е. А., Усик М. Ю. Риски государства и бизнеса при реализации проектов государственно-частного партнерства (ГЧП) // Экономика и управление. – 2012. – № 4. – С. 21–30.

85. Далингер Я. М. Анализ пассажиропотоков региональной сети аэропортов / Я. М. Далингер // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. – 2016. – № 3(12). – С. 98–108.

86. Далингер Я. М. Системный подход к анализу региональной сети аэропортов / Я. М. Далингер // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. – 2016. – № 2(11). – С. 91–100.

87. Дегтярев А. Р. Модели и алгоритмы управления конфигурацией систем интегрированной модульной авионики: дис. ... канд. тех. наук: 05.13.05 / Дегтярев, Алексей Робертович // Ульяновский Государственный технический университет. – Ульяновск, 2016. – 163 с.

88. Делахова А. М. Анализ показателей транспортной обеспеченности Республики Саха (Якутия) / А. М. Делахова // Журнал научных и прикладных исследований. – 2016. – № 5–2. – С. 54–59.

89. Делахова А. М. Проблемы ценообразования внутрирегиональных пассажирских перевозок в Республике Саха (Якутия) / А. М. Делахова, А. С. Ефимов, Г. П. Григорьев // Устойчивый Север: общество, экономика, экология, политика: Сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции. – Якутск, 2021. – С. 258–265.

90. Демографическая ситуация в Республике Саха (Якутия) // Официальный сайт Министерства труда и социального развития Республики Саха (Якутия) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mintrud.sakha.gov.ru>.

91. Дехтярук Ю. Д., Добродеев А. А., Сазонов К. Е. Некоторые вопросы создания морских транспортных систем для вывоза углеводородов из Арктики. // Арктика: экология и экономика. – 2013. – № 2(10). – С. 84–91.

92. Дианский Н. А., Соломонова И. В., Гусев А. В. Прогностические оценки климатических изменений в Арктике на основе комбинированного сценария // Российская Арктика. – 2019. – № 4. – С. 24–33. DOI: 10.24411/2658-4255-2018-00003.

93. Дронов В. П. Инфраструктура и территория: географические аспекты теории и российской практики / В. П. Дронов. М.: Изд-во МПГУ, 1998. – 246 с.

94. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. Множественная регрессия. – М.: «Диалектика», 2007. – 912с.

95. Дубовкин Н. Ф., Маланичева В. Г., Массур Ю. П., Федоров Е. П. Справочник // Физико-химические и эксплуатационные свойства топлив. – М.: Химия, 1985. – С. 87–91.

96. Евсеев О. В. Транспортно-экономический баланс и его роль в координации транспортного планирования в условиях цифровой трансформации / О. В. Евсеев, В. В. Мурашев, А. И. Забоев // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2018. – Т. 14, № 3. – С. 717–726. DOI: 10.25559/SITITO.14.201803.717–726.

97. Егорова Т. П. Методический инструментарий комплексной оценки транспортной обеспеченности локальных экономических систем в регионах Севера Т. П. Егорова // Тренды и управление. – 2018. – №1. – С. 14–28. DOI: 10.7256/2454–0730.2018.1.24926.

98. Егорова Т. П. Пространственная дифференциация развития северного региона: социальное измерение Т. П. Егорова, А. М. Делахова, С. А. Сукнева [и др.]; под общ. ред. С. А. Сукнёвой. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2020. – 203 с.

99. Егорова Т. П. Разработка инструментария оценки дифференциации уровня транспортной доступности северного региона / Т. П. Егорова, А. М. Делахова Теоретическая и прикладная экономика. – 2020. – № 4. – С. 81–94. DOI: 10.25136/2409–8647.2020.4.34637.

100. Егорова Т. П., Делахова А. М., Разработка инструментария для оценки дифференциации уровня транспортной доступности северного региона // Теоретическая и прикладная экономика. – 2020. – № 4. – С. 81–94. DOI: 10.25136/2409-8647.2020.4.34637.

101. Егошин С. Ф., Смирнов А. В. Авиатранспортная доступность и транспортная дискриминация населения в субъектах Российской Федерации // Научный вестник МГТУ ГА. – 2018. – № 21(3). – С. 78–90.

102. Егошин С. Ф. Оценка структуры полных затрат на пассажирские авиаперевозки в местном сообщении / С. Ф. Егошин // Научный вестник ГосНИИ ГА. – 2019. – № 28(339). – С. 80–92.

103. Егошин С. Ф. Интегрированные авиационные системы комплексного жизнеобеспечения в малонаселенных регионах России: перспективы и принципы построения / С. Ф. Егошин // Международная научно-практическая конференция «Регионы России: стратегии развития и механизмы реализации приоритетных национальных проектов и программ». Курск, 05–06 июня 2020 г. – М.: Институт научной информации по общественным наукам РАН, 2020. – С. 903–909.

104. Емельянова В. В. Имитационное моделирование систем / В. В. Емельянова, С. И. Ясиновский. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – 584 с.

105. Еськин А. В. Транспортная инфраструктура Чукотского автономного округа / А. В. Еськин // Развитие региональной инфраструктуры. – С. 291–298. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://Tederalbook.ruTlles/Infrastruktura/Soderjaniye\[IWEsykin.pdf](http://Tederalbook.ruTlles/Infrastruktura/Soderjaniye[IWEsykin.pdf).
106. Ефимов В. В., Ефимова М. Г. Конкурентоспособность легких самолетов авиации общего назначения российского производства и пути ее повышения // Научный Вестник МГТУ ГА. – 2000. – № 23. – С. 45–50.
107. Ефимов В. В., Чернигин К. О. Совершенствование метода определения технического уровня самолетов гражданской авиации // Научный вестник МГТУ ГА. – 2016. – № 19(6). – С. 24–34.
108. Железная И. П. К вопросу о развитии региональной авиации в Российской Федерации // Научный вестник МГТУ ГА. – 2014. – № 205. – С. 137–140.
109. Жесткое приземление: эпоха дешевой авиации в мире заканчивается. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iz.ru/1359663/dmitrii-migunov/zhestkoe-prizemlenie-epokha-deshevoi-aviatcii-v-mire-zakanchivaetsia>.
110. Заверткина А. И. Проблемы региональной авиации и пути её развития / А. И. Заверткина // Местное самоуправление сегодня: сборник студенческих научных работ: Сборник студенческих научных работ по итогам IV Международной научно-практической конференции, Москва, 25–26 апреля 2019 года. – М.: Государственный университет управления, 2019. – С. 105–107.
111. Закон Правительства РФ от 19.02.1993 № 4520–1 «О государственных гарантиях и компенсациях для лиц, работающих и проживающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях» Закона Республики Саха (Якутия) от 20 февраля 2020 г. 119–3 № 214-III «Об особом режиме завоза грузов в арктические и северные районы Республики Саха (Якутия)» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/10102007/?ysclid=1wbsb0u7vl267127363>.
112. Залкинд Л. О., Серова Н. А. Инвестиционный рейтинг регионов Севера // ЭКО. – 2008. – № 11. – С. 61–67.
113. Замятина Н. Ю. Новый подход к освоению северных и арктических территорий России: локальная транспортная система / Н. Ю. Замятина,

А. Н. Пилясов // Проблемы развития территории. – 2018. – № 4(96). – С. 26–41. DOI: 10.15838/ ptd.2018.4.96.2.

114. Зворыкина Ю. В. Определение маршрута. О транспортной доступности районов Крайнего Севера и Дальнего Востока // Neftegaz.ru – 2018 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inveb.ru/attachments/article/53>.

115. Золотокрылин А. Н. Природно-климатические условия и социальногеографическое пространство России / А. Н. Золотокрылин; под ред. А. Н. Золотокрылин, В. В. Виноградова, О. Б. Глезер. – М.: Институт географии РАН, 2018. – 154 с. DOI: 10.15356/ncsgsrus.

116. Исаев С. С. Трансформация территориальной организации международных пассажирских авиаперевозок в конце XX–начале XXI в.: автореф. дис. ... канд. географ. наук: 25.00.24 / Исаев Сергей Сергеевич. – М., 2011. – 24 с.

117. Казаков А. Л. Многокритериальная оптимизация транспортной системы региона на основе ее гиперграфа / А. Л. Казаков, М. Б. Петров, А. М. Маслов // Экономика региона. – 2014. – № 4. – С. 119–208.

118. Катцов В. М., Порфирьев Б. Н. Климатические изменения в Арктике: последствия для окружающей среды и экономики // Арктика: экология и экономика. – 2012. – № 2(6). – С. 66–79.

119. Киселенко А. Н. Исследование транспортной доступности европейского и приуральского Севера России на основе модифицированного показателя Энгеля / А. Н. Киселенко, П. А. Малащук, И. В. Фомина // Региональная экономика: теория и практика. – 2019. – Т. 17, № 9(468). – С. 1668–1680. DOI: 10.24891/re.17.9.1668.

120. Киселенко А. Н. Исследование транспортной доступности территорий европейского и приуральского Севера России на основе применения программноцелевого подхода и стратегического планирования / А. Н. Киселенко, Е. Ю. Сундуков // Региональная экономика: теория и практика. – 2019. – Т. 17, № 1. – С. 34–49. DOI: 10,24891/ re.17.1 34.

121. Киселенко А. Н. Методы анализа и моделирования развития транспортной системы региона / А. Н. Киселенко, Е. Ю. Сундуков // Региональная экономика: теория и практика. – 2010. – № 11(146). – С. 1–7.

122. Киселенко А. Н., Малащук П. А., Сундуков Е. Ю., Фомина И. В. Прогнозные ориентиры развития транспортных подходов к западной части арктической транспортной системы // Север и рынок: формирование экономического порядка – 2019. – № 3(65). – С. 63–73.
123. Ключкин Н. П. Географические основы транспортного освоения территорий / Н. П. Ключкин. – Новосибирск: Наука, 2003. – 163 с.
124. Концепция развития малой авиации и АОН в Республике Саха (Якутия) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/553261633?ysclid=lwbqkdfx8x2828367>.
125. Колесников Н. Г. Методика оценки транспортной связанности территории на примере сети всесезонных автодорог Республики Саха (Якутия) Н. Г. Колесников // Экономика Востока России. – 2017. – № 1(7). – С. 102–106.
126. Коренько А. «Ил-114 над хлопчатником». 2015. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ato.ru/content/il-114-nad-hlopchatnikom>.
127. Кочегура Д. Ю. Мультипликативная оценка эффективности функционирования транспортно-логистических систем (ТЛС) региона / Д. Ю. Кочегура, Е. А. Лебедев, Л. Б. Миротин // Транспортные и транспортно-технологические системы. Материалы Международной научно-технической конференции. Отв. редактор Н. С. Захаров. – Тюмень, 2021. – С. 133–136.
128. Красильников С. А. Менеджмент. Управление холдингом: учебное пособие для вузов / С. А. Красильников, А. С. Красильников; под редакцией С. А. Красильникова. – М.: Издательство Юрайт, 2024. – 169 с.
129. Крыжановский Г. А. Имитационная модель для определения характеристик пассажиропотоков в интермодальной транспортной сети / Г. А. Крыжановский, Ю. И. Палагин // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2016. – № 6. – С. 23–27.
130. Крылья над Колымой: из истории авиации Севера сост. М. Н. Никитин. – Среднеколымск: Медиа-холдинг Якутия. – 192 с.

131. Кугаевский А. А. Транспорт Восточного сектора Арктики: состояние и перспективы развития / А. А. Кугаевский // Экономика Востока России. – 2015. – № 1(3). – С. 51–57.

132. Куклина В. В. Роль зимников в обеспечении транспортной доступности арктических и субарктических районов Республики Саха (Якутия) / В. В. Куклина, М. Е. Осипова // Общество. Среда. Развитие. – 2018. – № 2. – С. 107–112.

133. Куклина В. В. Транспортная доступность и образ жизни населения на севере на примере Республики Саха (Якутия) / В. В. Куклина, В. В. Филиппова // География и природные ресурсы. – 2019. – № 2. – С. 132–140. DOI: 10.21782/GWR0206-1619-2019-2(132–140).

134. Курлов А. Б. Методология информационной аналитики / А. Б. Курлов, В. К. Петров. – Москва: Проспект, 2014. – 384 с. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785392131334-SCN0000.html>.

135. Курмангазиева Л. Т., Оразбаев Б. Б. Разработка математических моделей и оптимизация химико-технологических систем при нечеткости исходной информации. Монография // Академия Естествознания. – 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://monographies.ru/ru/book/section?id=7633&ysclid=lt8f9rts4f594116110>.

136. Ключков В. В. Авиатранспорт в малонаселенных регионах: оценка затрат и эффективности инновационных технологий [Текст] // Региональная экономика: теория и практика. – 2014. – № 3(330). – С. 58–68.

137. Конторович А.: Нефтедобыче нужны новые технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sib-science.info/ru/institutes/nuzhny-novye-t-19012018>.

138. Кондратов Н. А. Особенности развития транспортной инфраструктуры в Арктической зоне России // Географический вестник. – 2017. – № 4(43). – С. 68–80. DOI: 10.17072/2079-7877-2017-4-68-80.

139. Концепция устойчивого развития коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации // Правительство Российской Федерации. Распоряжение от 25 августа 2016 г. № 1792-р. Москва.

[Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71375714/?ysclid=lwbpc7btrl878359753>.

140. Крюков В. А., Крюков Я. В. Экономика Арктики в современной системе координат // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. – 2019. – Т. 12. № 5. – С. 25–52. DOI: 10.23932/2542-0240-2019-12-5-25-52.

141. Лавриненко П. А. Сравнение эффективности видов транспорта на основе прямых и косвенных издержек потребителя // Проблемы прогнозирования. – 2017. – № 4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-effektivnosti-vidov-transporta-na-osnove-priamyh-i-kosvennyh-izderzhek-potrebitelya>.

142. Лавриненко П. А. Транспортная доступность как индикатор развития региона П. А. Лавриненко, А. А. Ромашина, П. С. Степанов, П. А. Чистяков // Проблемы прогнозирования. – 2019. – С. 136–146.

143. Лаженцев В. Н. Социально-экономическая география и междисциплинарный синтез в изучении Севера и Арктики России В. Н. Лаженцев // Пространственная экономика. – 2015. – № 4 – С. 117 – 130.

144. Лебедева М. Ю. К вопросу о государственно-правовом регулировании транспортной инфраструктуры / М. Ю. Лебедева, В. П. Маслаков // Научный Вестник МГТУ ГА. – 2013. № 196. – С. 51–56.

145. Лёвин Б. А. Информационное моделирование при управлении транспортом / Б. А. Лёвин // Перспективы науки и образования. – 2017. – № 3(27). – С. 50–54.

146. Лёвин Б. А. Оптимизация движения в транспортной сети / Б. А. Лёвин, В. Я. Цветков // Наука и технологии железных дорог. – 2022. – Т. 6, № 3(23). – С. 12–19.

147. Лёвин Б. А. Развитие интеллектуальных транспортных систем / Б. А. Лёвин, В. Я. Цветков // Мир транспорта. – 2020. – Т. 4, № 13. – С. 15.

148. Лексин В. Н. Другая Арктика: опыт системной диагностики / В. Н. Лексин, Б. Н. Порфирьев // Проблемы прогнозирования. – 2022. – № 1(190). – С. 34–44.

149. Лексин В. Н. Специфика трансформации пространственной системы и стратегии переосвоения российской Арктики в условиях изменений климата В. Н. Лексин, Б. Н. Порфирьев // Экономика региона. – 2017. – Т. 13, вып. 3. – С. 641–657.

150. Леонтьев Р. Г. Прогнозирование авиапотоков и оптимизация управления воздушной транспортной системой / Р. Г. Леонтьев. – М.: Наука, 1984. – 184 с.

151. Лаженцев В. Н. Социально-экономическое пространство и территориальное развитие Севера и Арктики России // Экономика региона. – 2018. – Т. 14. Вып. 2. – С. 353–365.

152. Лексин В. Н., Порфирьев Б. Н. Российская Арктика: логика и парадоксы перемен // Проблемы прогнозирования. – 2019. – № 6. – С. 4–21.

153. Ле Мань Туан. Экономические факторы и механизмы государственной поддержки деятельности северных аэропортов // Научный вестник МГТУ ГА. – 2011. – № 167. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskie-factory-i-mehanizmy-gosudarstvennoy-podderzhki-deyatelnosti-severnyh-aeroportovv>.

154. Лукинский В. С., Серова, Е. Г. Методы и инструменты интеллектуального анализа данных в цифровой логистике и управлении цепями поставок / В. С. Лукинский, Е. Г. Серова // Логистика и управление цепями поставок. – 2018. – № 87. – С. 73–80.

155. Малая авиация и базовый проект ГК Ростехнологии. Региональная авиация России и СНГ-2013. 3-я международная конференция и выставка, 16–17 октября 2013 года, Москва [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://aviacenter.org/d/166600/d/o-perspektivah-razvitiya-rossiyskoy-grazhdanskoy--aviacii-i-samoletostroeniya-v-segmente-maloy-aviac_9.pdf.

156. Матюха С. В. Анализ влияния территориальных кластеров на комплексное развитие экономики регионов и их авиационную транспортную инфраструктуру / С. В. Матюха // EurasiaScience. – М.: Актуальность. РФ, 2022. – С. 189–193.

157. Магдин А. Г. Алгоритм целевого выбора воздушного судна / А. Г. Магдин, А. Д. Припадчев, А. А. Горбунов // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2019. – № 10(83). – С. 48–54.

158. Майоров Н. Н. Факторы выбора имитационного моделирования, как универсального средства, для исследования транспортных процессов / Н. Н. Майоров // Проблемы и перспективы экономики и управления: материалы Международной научной конференции, Санкт-Петербург, апрель 2012 г. – СПб.: Реноме, 2012. – С. 224–228. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://moluch.ru/conf/econ/archive/15/2086/>.

159. Мадера А. Г. Интервально стохастическая неопределенность оценок в многокритериальных задачах принятия решений. Искусственный интеллект и принятие решений // Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем информатики Российской академии наук. – 2014. – С. 105–115. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=28122.

160. Макоско А. А. Инфраструктура Сибири, Дальнего Востока и Арктики. Состояние и три этапа развития до 2050 года / А. А. Макоско, В. В. Цыганов, И. Г. Малыгин [и др.]. – СПб.: Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН, 2019. – 468 с.

161. Малыгин И. Г. Комплекс моделей для управления стратегическим развитием транспортной инфраструктуры Сибири, Дальнего Востока, Российской Арктики в условиях изменения климата / И. Г. Малыгин, В. В. Цыганов // Транспорт России: проблемы и перспективы, Материалы Международной научно–практической конференции. ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко Российской академии наук, 2022. – С. 19–23.

162. Мамаев Э. А. Оценка потенциала транспортно-логистического комплекса региона / Э. А. Мамаев // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России Сборник научных трудов. – 2018. – С. 341–343.

163. Маркин Б. Г. Методы кластер-анализа для поддержки принятия решения: обзор: репринт WP7/2011/03 / Б. Г. Миркин. – М.: Изд. дом Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», 2011. – 88 с.

164. Маркин В. В. Циркумпольный регион в контурах социально-пространственной трансформации территории (на примере Ямала) / В. В. Маркин, А. Н. Силин // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2016. – № 6(48). – С. 28–52. DOI: 10.15838/esc.2016.6.48.2.

165. Маслов А. М. Основные положения методики оптимизации транспортной инфраструктуры региона в рамках формирования пространственно-локализованной экономической системы А. М. Маслов // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. – 2016. – № 4(48) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eee-region.ru/article/4836/>.

166. Материалы конференции 2021. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sworld.com.ua/konfer32/476.pdf>.

167. Маринцева К. В. Классификация аэропортов и приоритетность их реконструкции // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2014. – Вип. 2(50). – С. 119–129. Режим доступа: <https://stp.ust.edu.ua/article/view/23788/21956>.

168. Минакир П. А. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года: политическая реакция на вызовы XXI века / П. А. Минакир // Вызовы и политика пространственного развития России в XXI веке. – М., 2020. – С. 346–362.

169. Минакир П. А. Экономическая наука и региональное экономическое развитие: Дальний восток / П. А. Минакар, О. М. Рензин // Пространственная экономика. – 2021. – Т. 17, № 3. – С. 7–37.

170. Миротин Л. Б. Повышение эффективности грузовых перевозок на основе создания устойчивой транспортно-логистической системы мультимодального типа для высокоскоростной обработки и доставки грузов / Л. Б. Миротин, А. Г. Некрасов, В. А. Гудков [и др.]; под ред. Л. Б. Миротина, А. Г. Некрасова. – М.: Техполитграфцентр, 2013. – 232 с.

171. Миротин Л. Б. Цифровая экономика на транспорте / Л. Б. Миротин, А. К. Покровский, И. А. Башмаков // Вестник транспорта. – 2019. – № 7. – С. 22–29.
172. Михеева Т. И. Системный анализ объектов транспортной инфраструктуры в геоинформационной среде / Т. И. Михеева // Программные продукты и системы. – 2018. – № 1(31). – С. 12–18.
173. Мир Арктики. В 3-х т. Т. 1: Возможности и ограничения. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2018. – 337 с.
174. Мнишко А. В. Развитие рынка низкобюджетных авиаперевозок в Российской Федерации: дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05 / Мнишко Александр Владимирович. – М., 2015. – 156 с.
175. Мойсеенко С. С. Методологические основы проектирования региональной транспортно-логистической системы / С. С. Мойсеенко // Эксплуатация морского транспорта. – 2011. – № 2(64). – С. 14–18.
176. Молчанов В. П. Риски чрезвычайных ситуаций в арктической зоне Российской Федерации / В. П. Молчанов, В. А. Акимов. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011. – 300 с.
177. Некрасов А. Г. Архитектурный подход к цифровой трансформации транспортно-логистических систем / А. Г. Некрасов, А. С. Сеницына // Мир дорог. – 2021. – № 142. – С. 94–95.
178. Некрасов А. Г. Проактивный мониторинг процессов интероперабельности и организационной устойчивости в сфере транспорта / А. Г. Некрасов, А. С. Сеницына // Академик Владимир Николаевич Образцов основоположник транспортной науки: труды международной научно-практической конференции, посвященной 125-летию университета, Москва, 22 октября 2021 года. – М.: Российский университет транспорта, 2021. – С. 637–647. DOI: 10.4758112022/Obrazcov.85. – EDN: ULSRLk.
179. Некрасов А. Г. Сетцентризм и цифровизация интегрированных транспортно-логистических систем: монография / А. Г. Некрасов, А. С. Сеницына, С. М. Резера. – М.: Ай пи Ар Медиа, 2022. – 279 с.

180. Некрасов А. Концепция проактивного управления транспортно-логистическими системами / А. Некрасов, А. Сеницына // Логистика. – 2020. – № 10(167). – С. 43–49.

181. Немудрый К. В. Аэродромы и аэропорты как элемент системы региональной авиации России К. В. Немудрый // Труды МАИ, 2014. – № 75. – 9 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://trudymai.ru/published.php?ID=49715>.

182. Неретин А. С. Транспортная связанность и освоенность Восточных регионов России / А. С. Неретин, М. В. Зотова, А. И. Ломакина, С. А. Тархов // Известия РАН. Серия Географическая. – 2019. – № 6. – С. 35–52.

183. Низаметдинов Р. Р. Роль государства и формы государственной поддержки развития малой и региональной авиации в Российской Федерации // Научный вестник МГТУ ГА. – 2014. – № 202(4). – С. 49–52.

184. Николаев М. В. Современные проблемы социально-экономического развития арктической зоны Республики Саха (Якутия) / М. В. Николаев, П. В. Гуляев // Проблемы современной экономики. – 2015. – № 3(55). – С. 249–252.

185. Новикова Е. С. Экономика измерений: настоящее и будущее / Е. С. Новикова, С. В. Новиков // Восточная аналитика. – 2020. – № 2. – С. 60–67. – DOI: 10.31696/2227-5568-2020-02-060-067.

186. Носова Е. В. Моделирование процесса управления доходами авиакомпаний на уровне рейсов // Современные технологии. 2011. № 141. С. 70–75.

187. Общий курс транспорта: Аэропорты Украины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://na-uroke.in.ua/191-32.html>.

188. Олейников В. А. К вопросу авиатранспортного обеспечения исследования и освоения Арктической зоны Российской Федерации // Наука и транспорт. – Гражданская авиация. – 2013. № 3(7). – С. 10–13.

189. О развитии региональных авиаперевозок (VII Международный форум «Транспорт России»). 6 декабря 2013 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docplayer.ru/40120631-O-razvitii-regionalnyh-aviaperevozok-vii-mezhdunarodnyy-forum-transport-rossii.html>.

190. Отдел водного транспорта. Министерство транспорта и дорожного хозяйства РС(Я) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mintrans.sakha.gov.ru/deyat/ovt/>.

191. Отчет о научно-исследовательской работе «Стратегия развития низкобюджетных авиаперевозок в российской федерации» ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации». – М., 2014. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gsga.ru/favt_new/sites/default/files/201402-otchet.pdf.

192. Первым из лоукостеров начал летать Norwegian на Airbus A380 [Электронный ресурс]. 2018 – Режим доступа: <http://www.ato.ru/content/norwegian-pervym-iz-loukosterov-nachal-letat-na-airbus-a380>.

193. Пилясов А. Н. Арктика России: состояние и перспективы «Российский Север: модернизация и развитие» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rosnord.ru/strategy/standpoint/65>.

194. Подпрограмма развития арктического транспорта. Сост. Яковец Ю. В. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pandia.ru>.

195. Полешкина И. О. Методика оценки транспортной доступности населенных пунктов Арктической Зоны России / И. О. Полешкина // Железнодорожный транспорт. – 2022. – № 5. – С. 32–37.

196. Полешкина И. О. Модель развития направлений пассажирских авиасообщений в структуре маршрутной сети аэропорта «Якутск» / И. О. Полешкина, О. С. Шапошникова // Мир транспорта и технологических машин. 2022. – № 3–5(78). – С. 27–38. DOI: 10.33979/2073-7432-2022-5(78)-3-27-38.

197. Полешкина И. О. Полифункциональность транспортной системы северных регионов И.О. Полешкина // Мир транспорта. – 2019. – Т. 7, № 22. – С. 104–116. DOI: 1030932/1992-3252-2019-17-2-104-116.

198. Полешкина И. О. Развитие аэропортовой сети Чукотского автономного округа: повышения транспортной доступности региона / И. О. Полешкина,

И. О. Созыкин // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – № 3–5(78). – С. 6372. DOI: 10.33979/2073-7432-2022-5(78)-3-63-72.

199. Полешкина И. О. Роль малой авиации в обеспечении транспортной доступности арктических регионов: проблемы и направления развития / И. О. Полешкина // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2022. т. 25, № 2. – С. 54–69. DOI: 10.26467/2079-0619-2022-25-2-54-69.

200. Полешкина И. О. Технология блокчейн: перспективный инструмент отслеживания доставки грузов «Северного Завоза» / И. О. Полешкина, А. С. Ефремов // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – № 3–5(78). – С. 78–87. DOI: 10.33979/2073-7432-2022-5(78)-3-78-87.

201. Полешкина И. О. Транспортная система Республики Саха (Якутия): анализ состояния и проблемы развития И. О. Полешкина // Мир транспорта. – 2021. – Т. 19, № 4 (95). – С. 82–91.

202. Полешкина И. О. Влияние региональной сети авиаперевозок на развитие Крайнего Севера. В: Пыжикова Н. И., Лукиных В. Ф., Швалов П. Г., Пантелеев В. И. (ред.) Логистика – Евразийский мост // Материалы 15-й Международной научно-практической конференции. – Красноярский государственный аграрный университет: – Красноярск, 2020. – С. 124–127.

203. Постановление Правительства РФ от 20.12.2017 № 1596 (ред. от 29.03.2019) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы» Ведомственный проект «Развитие инфраструктуры воздушного транспорта» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/document/cons>.

204. Поручение Президента Российской Федерации от 14.01.2020 г. № Пр-36 «Внести предложение по созданию авиационной компании, эксплуатирующей воздушные суда российского производства, основной деятельностью которой будет осуществление перевозок пассажиров и грузов в Дальневосточном федеральном округе и в труднодоступных районах, определив потребность в

воздушных судах с указанием их типов и пассажироместимости» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.glavbukh.ru/npd/edoc/99_564161097

205. Постановление Правительства РФ от 20 декабря 2007 г. № 907 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета организациям (за исключением федеральных государственных учреждений и федеральных казенных предприятий), эксплуатирующим аэродромы, находящиеся в федеральной собственности или в собственности акционерных обществ, 100 процентов акций которых находится в федеральной собственности, и расположенные в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/12158051/>.

206. Постановление Правительства РФ от 30 декабря 2011 г. № 1212 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским авиакомпаниям, региональным унитарным предприятиям, не являющимся российскими авиакомпаниями, на финансовое обеспечение части затрат на уплату лизинговых или арендных платежей за воздушные суда, получаемые указанными организациями по договорам лизинга или аренды для осуществления внутренних региональных и местных воздушных перевозок». (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/70132288/>.

207. Постановление Правительства РФ от 18 июня 2013 г. № 509 «О предоставлении в 2013 году субсидий организациям воздушного транспорта на осуществление региональных воздушных перевозок пассажиров на территории Российской Федерации и формирование региональной маршрутной сети Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70298920>.

208. Постановление Правительства РФ от 22.07.2009 г. № 599 «О порядке обеспечения доступа к услугам субъектов естественных монополий в аэропортах» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_89863/.

209. Постановление Правительства Республики Саха (Якутия) от 26 декабря 2016 года № 455 о проекте стратегии социально-экономического развития Республики Саха (Якутия) на период до 2030 года с определением целевого видения до 2050 года // Официальный интернет-портал правовой информации. 2017. 332 с. Официальный интернет-портал правовой информации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/1400201701030003?rangeSize=50>.

210. Полярная авиация России [Электронный ресурс]. 2022. – Режим доступа: <http://pro-arctic.ru/16/05/2014/technology/8454>.

211. Полярная авиация // aeroo.ru: портал новостей авиации [Электронный ресурс]. 2020. – Режим доступа: <https://aeroo.ru/31678-polyarnaya-aviaciya.html>.

212. Постановление Правительства Республики Саха (Якутия) от 15.09.2021 г. № 343 «Об утверждении государственной программы Республики Саха (Якутия) «Развитие транспортного комплекса Республики Саха (Якутия) на 2020–2024 годы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/577929578?ysclid=lwbsxziiu0167355087>.

213. Постановление Правительства Республики Саха (Якутия) от 27 декабря 2012 г. № 604 «О мерах по совершенствованию системы обеспечения продовольственными товарами труднодоступных, отдаленных населенных пунктов Республики Саха (Якутия)» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/473507615?ysclid=lwbt0wz4ln814184230>.

214. Постановление правительства Российской Федерации от 20.12.2017 года № 1596 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/71843998/?ysclid=lwbt2r7ghg245693538>.

215. Постановление Правительства Чукотского автономного округа от 21.10.2013 г. № 411 Об утверждении государственной программы «Развитие транспортной инфраструктуры Чукотского автономного округа» (с изменениями

на 03.06.2021 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/45609252/?ysclid=lbwt3zdif0335138910>.

216. Постановлением правительства Республики Саха (Якутия) от 1 февраля 2021 г. № 12 «Об утверждении программы государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи в Республике Саха (Якутия) на 2021 г. и на плановый период 2022 и 2023 гг.» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/571095801?ysclid=lbwt6v45yp685143884>.

217. Приказ Министерства транспорта и дорожного хозяйства Республики Саха (Якутия) № ОД-60 от 03.03.2022 г. «Об утверждении правил предоставления субсидий из государственного бюджета Республики Саха (Якутия) организациям воздушного транспорта на возмещение недополученных доходов при обеспечении транспортной доступности межулусных воздушных перевозок пассажиров от населенных пунктов арктической зоны Республики Саха (Якутия) до узлового аэропорта «Якутск» и в обратном направлении» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/578179167?ysclid=lbwt8w0wff910076459>.

218. Приказ Министерства транспорта и дорожного хозяйства Республики Саха (Якутия) № ОД-98 от 29.03.2022 г. «Об утверждении маршрутной сети социально значимых воздушных перевозок в Республике Саха (Якутия)».

219. Приказ Министерства транспорта и дорожного хозяйства Республики Саха (Якутия) № ОД-213 от 02.06.2021 г. «Об утверждении правил предоставления субсидий из государственного бюджета Республики Саха (Якутия) организациям воздушного транспорта на возмещение недополученных доходов в связи с государственным регулированием тарифов при выполнении воздушных перевозок пассажиров по социально значимым маршрутам Республики Саха (Якутия)» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/document/1401202106240031?ysclid=lbwtem83jj165045862>.

220. Практическое руководство по вопросам эффективного управления в сфере государственно-частного партнерства: Организация Объединенных Наций,

2008 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01004102038?ysclid=lwbqp371u2257827487>.

221. Пространственная организация социально-экономических систем северных регионов ресурсного типа: монография С. А. Сукнёва, А. С. Барашкова, П. В. Гуляев [и др.]; под общ. ред. П. В. Гуляева. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2021 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.svfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/instituty/niires/nt/222.pdf>.

222. Реактивные топлива (Электрические свойства топлива) / Нектон-Сиа. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // https://nec-ton-sea.ru/articles/reaktivnye_topliva_%28elektricheskie_svoystva_topliva%29.

223. Распоряжение Правительства РФ от 13 февраля 2019 г. № 207-р утверждена «Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/docs/35733/>.

224. Распоряжение Правительства РФ от 27 ноября 2021 г. № 3363-р «Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 г. с прогнозом на период до 2035 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZlOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf>.

225. Распоряжение правительства РФ от 30 сентября 2018 г. № 2101-р «Об утверждении комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mintrans.gov.ru/documents/2/9742?ysclid=lwbtiwfdns783835134>.

226. Распоряжение Правительства республики Саха (Якутия) от 5 апреля 2019 года № 364-р «О Концепции развития малой авиации и авиации общего назначения в Республике Саха (Якутия)» (с изменениями на 10 июня 2022 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/48189070/>.

227. Регионы Севера и Арктики Российской Федерации: современные тенденции и перспективы развития: монография. Апатиты: КНЦ РАН, 2017. – 171 с.

228. Реестр аэродромов (аэропортов), находящихся на территории Республики Саха (Якутия). Министерство транспорта и дорожного хозяйства Республики Саха

(Якутия) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mintrans.sakha.gov.ru/deyat/Informatsionnie-i-analiticheskie-materiali/reestr-aerodromov-aeroportov-nahodjaschihsja-na-territorii-respubliki-saha-jakutija>.

229. Росавиация: Итоги за 2018 г. и задачи на 2019 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.favt.ru/o-rosaviacii-kollegija-materially/?id=5204>
<https://www.aex.ru/docs/2/2019/3/17/2890>.

230. Руководство Lufthansa Group одобрило создание низкотарифного подразделения [Электронный ресурс]. 2014 – Режим доступа: <http://www.ato.ru/content/rukovodstvo-lufthansa-group-odobrilo-sozdanie-nizkotarifnogo-podrazdeleniya>.

231. Рухлинский В. М. Обеспечение безопасности полетов при эксплуатации самолетов нового поколения: монография / В. М. Рухлинский, Л. Г. Большедворская. – М.: Московский государственный технический университет гражданской авиации, 2019. – 370 с.

232. Семёнов А. А. Территориальная структура низкобюджетных пассажирских авиаперевозок мира: дис. ... канд. географ. наук: 25.00.24 / Семёнов Александр Александрович. – М., 2014. – 207 с.

233. Сергеев А. А. Особенности рисков в государственно-частном партнёрстве / Сергеев А. А. // Изв. ВолгГТУ. Серия «Актуальные проблемы реформирования российской экономики (теория, практика, перспектива)». Вып. 11: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2011. – № 4. – С. 17–22.

234. Серова Н. А., Гутов С. В. Ключевые тенденции развития инвестиционных процессов в Арктической зоне РФ в 2008- 2017 гг. // Арктика и Север. – 2019. – № 34. – С. 77–89. DOI: 10.17238/issn2221-2698.2019.34.77.

235. Серова В. А. Проблемы транспортной обеспеченности Севера: социальный аспект // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2010. – № 32. – С. 66–71.

236. Серова Н. А., Серова В. А. Основные тенденции развития транспортной инфраструктуры российской Арктики // Арктика и Север. – 2019. – № 36. – С. 42–56. DOI: 10.17238/issn2221-2698.2019.36.42.

237. Смирнов О. А. Онтологические компоненты формирования транспортной системы обеспечения транспортной доступности / О. А. Смирнов // Контекст и рефлексия: философия о мире и человеке. – 2020. – Т. 9. – № 5–2. – С. 233–237. – DOI 10.34670/AR.2020.21.95.003.

238. Смирнов О. М. Стратегия развития гражданской авиации России // Транспорт Российской Федерации. – 2016. – № 6(67). – С. 12–15.

239. Соболев Л. Б. Большая миссия малой авиации // Экономический анализ: теория и практика. – 2016. – № 3. – С. 4–16.

240. Соколов М. Ю., Маслова С. В. Управление рисками в проектах государственно-частного партнерства Вестник С.-Петерб. ун-та. Сер. Менеджмент. – 2013. – Вып. 4. – С. 43-54

241. Спицына Т. А. Оценка эффективности инфраструктурных инвестиционных проектов: дис... канд. экон. наук: 08.00.10 / Спицына Татьяна Андреевна. – М., 2009. – 156 с.

242. Стефенсон С. Р., Агню Дж. А. Работа сетей: встраивание фирм, транспорта и государства в нефтегазовый сектор российской Арктики // Окружающая среда и планирование А: экономика и пространство. 2016. – № 48(3). С. 558–576. DOI: 10.1177/0308518X15617755.

243. Страдомский О. Ю. Мониторинг рынка авиаперевозок и парка воздушных судов российских авиакомпаний / Страдомский О. Ю., И. А. Самойлов, И. В. Лесничий, В. И. Самойлов, Д. А. Кипчарский // Научный вестник ГосНИИ ГА. – 2020. – № 32(343). – С. 17–28.

244. Тарасов П. И., Зырянов И. В., Хазин М. Л., Транспортный переход через Западную Якутию // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2018. – № 6. – С. 170–184. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-6-0-170-184.

245. Татаркин А. И., Логинов В. Г., Захарчук Е. А., Социально-экономические проблемы развития Арктической зоны России. Вестник РАН. – 2017. – № 8 (1). – С. 12–21. DOI: 10.1134/S101933161701004X.

246. Тимошенко А. И. Советский опыт освоения Арктики и Северного морского пути: формирование мобилизационной экономики // Историко-экономические исследования. – 2013. Вып. 14. № 1–2. – С. 73–95.

247. Ткаченко И. Н. Стейкхолдерская модель корпоративного управления в проектах государственно-частного партнерства / И.Н. Ткаченко М.В. Евсеева // Управленческие науки. – 2014. – № 1(10). – С. 26–33.

248. Ткаченко М. В. Оценка эффективности проектов ГЧП (история формирования, специфика, подходы и методы). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://p3institute.ru/netcat_files/24/26/28.08.2014.pdf.

249. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства РФ от 22 ноября 2008 года № 1734-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?element_id=19188.

250. Транспортная инфраструктура в районах Крайнего Севера и Арктической зоны России // «В Якутии расходы на авиацию растут, но Якутяне летают все меньше» [Электронный ресурс] / Госсобрание Ил Тумэн – подпрограмма «Воздушный транспорт» на 2012–2019 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://yakutia.info/article/179687>.

251. Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43027>.

252. Указ Президента Республики Саха (Якутия) от 12 октября 2011 г. № 985 «О государственной программе Республики Саха (Якутия) "Обеспечение безопасности жизнедеятельности населения Республики Саха (Якутия) на 2012–2019 годы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/26727472/#friends>.

253. Уланов И. С. Обоснование конструктивно-технологических решений упрочнения слабых оснований земляного полотна скоростных железнодорожных магистралей: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.06 / Уланов Иван Сергеевич. – М., 2019. – 246 с.

254. Ульченко М. В., Башмакова Е. П. Проблемы развития транспортной инфраструктуры в регионах Арктической зоны Российской Федерации // Экономика и управление: проблемы и решения. – 2018. – № 7(11). – С. 45–52.

255. Фадеев А. Эффективное освоение арктических территорий [Электронный ресурс. – Режим доступа: [http:// www/csef.ru](http://www/csef.ru).

256. ФАП – Федеральные авиационные правила. Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации (утв. приказом Минтранса РФ от 31 июля 2009 г. № 128) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/196235/b89690251be5277812a78962f6302560/?ysclid=lwbq3gjeiv415865305>.

257. Фаузер В. В. Демографический потенциал северных регионов России // Межрегиональная научно-практическая конференция «Республика Саха (Якутия) – 2030/2050: Стратегия успеха». – Якутск – 2016. С. 6–15

258. Фёдоров В. «Транспортная инфраструктура в районах Крайнего Севера и Арктической зоны России практически отсутствует» [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://iltumen.ru/content/viktor-fedorov-transportnaya-infrastruktura-v-raionakh-krainego-severa-i-arkticheskoi-zony>

259. Федеральный проект «Развитие региональных аэропортов и маршрутов» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn--80aavcebfcm6cza.xn--p1ai/upload/iblock/dfb/Razvitie-regionalnykh-aeroportov-i-marshrutov.pdf>.

260. Фёдорова А. С. Оценка обеспеченности транспортной сетью районов Республики Саха (Якутия) / А. С. Фёдорова, А. Н. Саввинова, М. И. Захаров // Материалы международной конференции «ИнтерКарто. ГИС». – 2022. – Т. 28. – С. 105–114. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-1-28-105-114.

261. Филиппова Н. А. Обеспечение эффективности транспортных процессов в районах Крайнего Севера / Н. А. Филиппова, Д. Б. Ефименко, А. А. Ледовский Мир транспорта. – 2018. – № 4. – С. 150–159.

262. Филиппова Н. А. Практическая апробация метода прогнозирования начала и окончания навигации для снижения риска недопоставки грузов Северного Завоза / Н. А. Филиппова, В. Н. Ботумил // Вестник Московского автомобильно-

дорожного государственного технического университет (МАДИ). – 2019. – № 3(58). – С. 88–93.

263. Филиппова Н. А. Сопоставление методов планирования доставки грузов в северные регионы РФ / Н. А. Филиппова, В. М. Беляев // Логистика. – 2016. – № 11 (120). – С. 22–27.

264. Филиппова Н. А. Обеспечение эффективной и надежной доставки грузов северного завоза для районов Крайнего Севера и Арктической зоны России / Н. А. Филиппова, В. М. Власов, В. Н. Богумил. – М.: ООО «Технополиграфцентр», 2019. – 224 с.

265. Фомина И. В. О применении показателей для оценки транспортной доступности северного региона / И. В. Фомина // Транспорт России: проблемы и перспективы. – 2020. Материалы Юбилейной международной-научно-практической конференции. – СПб.: ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко Российской академии наук, 2020. – С. 75–79.

266. Фомина И. В. Показатели оценки транспортной доступности северных территорий / И. В. Фомина // Актуальные проблемы, направления и механизмы развития производительных сил Севера. – 2020. Сборник статей Седьмой Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием): в 2 ч. – Сыктывкар, 2020. – С. 60–65.

267. Фридлянд А. А. Экономика региональной авиации и развитие авиапарка // Aviation Explorer / 26 ноября 2018 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.aex.ru/docs/2/2018/11/21/2841>.

268. Хасанов Р. Х. Партнерство государства и бизнеса в рамках кластерных взаимосвязей // Partnership of the state & business using the concept of cluster [Текст]: монография / Р. Х. Хасанов. – Омск: Изд-во Омского филиала негосударственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московская финансово-промышленная академия», 2010. – С. 240.

269. Хашев А. И. Комбинированное имитационно-аналитическое моделирование в транспортно-логистических системах / А. И. Хашев, Э. А. Мамаев, А. Н. Гуда // Вестник Ростовского государственного университета

путей сообщения. – 2022. – № 1(85). – С. 117–125. DOI: 0.46973/0201-727X_2022_1_117-228.

270. Холдин Р. С. Большие правовые проблемы малой авиации / Р. С. Холдин, Е. Л. Фарафонтова // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2010. – т. 2, № 6. – СМ. 350–352.

271. Цена авиаперелетов экономом за год выросла самым быстрым темпом с 2012-го. По прогнозу экспертов, стоимость билетов в 2022 году может увеличиться на 15–20% / РБК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rbc.ru/business/03/02/2022/61fa463b9a7947da489da8f8>.

272. Цукерман В.А. Северный морской путь и инновационное развитие Арктической зоны России. В. А. Цукерман. Вестник транспорта. 2018. № 11. С. 17–20.

273. Цыганов В. В. Комплексные модели стратегического управления транспортной инфраструктурой Сибири, Дальнего Востока и российской Арктики // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2023): труды Шестнадцатой международной конференции, 26–28 сентября 2023 г., Москва. – М.: 2023. – С. 126-137. DOI: 10.25728/mlsd.2023.

274. Шейнин В. М., Козловский В. И. Весовое проектирование и эффективность пассажирских самолетов. Т. 1. Весовой расчет самолета и весовое планирование. – М.: Машиностроение. – 1977. – 344 с.

275. Шишацкий Н. Г. Стратегическое позиционирование арктического региона как объекта территориального развития (на примере Хатангско-Анабарского региона) / Н. Г. Шишацкий, Е. А. Брюханова, В. С. Ефимов, А. М. Матвеев // Арктика и Север. – 2016. – № 25. – С. 173–195.

276. Шишигина А. Н. Разработка предложений к совершенствованию государственного регулирования обеспечения арктических районов Республики Саха (Якутия) продовольственными товарами, лекарственными средствами и комбикормами: отчет о научно-исследовательской работе Арктического научно-исследовательского центра Академии наук Республики Саха (Якутия) в 4-х т. / А. Н. Шишигина. – Якутия, 2021.

277. Шульц Д. Н. Оценка экономических эффектов снижения транспортных издержек на основе DSGE – моделирования / Д. Н. Шульц, П. А. Лавриненко // Проблемы прогнозирования. – 2020. – № 5. – С. 120–132.
278. Экономическая безопасность российской Арктики: особенности и проблемы обеспечения. – Апатиты: КНЦ РАН, 2018. – 103 с.
279. Юданова В. В. Оптимизация бизнес-процессов в сфере обслуживания методами имитационного моделирования // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – № 11 (ноябрь). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ekoncept.ru/2017/174018.htm>.
280. Юн Г. Н. Системный подход к проектированию / Г. Н. Юн, К. В. Маринцева // Вісник інженерної академії України. 2012. № 2 // [Электронный ресурс]. 2012. – URL: www.irbis-nbuv.gov.ua (дата обращения: 21.11.2021).
281. Юрина Е. А. Кластерные модели развития региональных систем / Е. А. Юрина, Е. В. Иванова // Социально-экономические явления и процессы. – 2015. т. 10, № 10. – С. 189–194.
282. Ярошевич Н. Ю. Модель прогнозирования спроса на авиаперевозки аэропорта в условиях меняющейся конъюнктуры рынка / Н. Ю. Ярошевич, В. Ж. Дубровский // Известия УрГЭУ. – 2014. – № 6(56). – С. 54–61.
283. Airport in the Arctic 2019 // Nordregio. – Аосwna: <https://nordre.io/ma/s/airports-in-the-arctic-2019/>.
284. Alaska Aviation System Plan, Phase111, CFAPT00484 IMP 30200000242018. Alaska Department of Transportation & Public Facilities Statewide Aviation, 2021.
285. Alvarez J., Yumashev, D., Whiteman G. A framework for assessing the economic impacts of Arctic change // Ambio. 2020. No 49. Pp. 407–418. DOI: 10.1007/s13280–019–01211-z.
286. Ayele Y. Z. Spare part transportation management in High North/ Y. Z. Ayele, A. Barabadi, T. Markeset // Proceedings of the 22nd International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions June 9–13, 2013 Espoo, Finland.

287. Baker D. Regional aviation and economic growth: cointegration and causality analysis in Australia / D. Baker, R. Merkert, M. Kamruzzaman // *Journal of Transport Geography*. – 2015. – Vol. 43. – Pp. 140- 150. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2015.02.001.

288. Bardal A. Economic Accessibility of Transport Services for the Population of the Region: Russian Far East // 2018 Eleventh International Conference "Management of large-scale system development" (01–03 October 2018). Moscow: IEEE, 2018. DOI: 10.1109/MLSD.2018.8551874.

289. Barykin S. Y. The place and role of digital twin in supply chain management / S. Y. Barykin, M. Sergeev, A. A. Bochkarev, E. Dobronravin // *Academy of Strategic Management Journal*. – 2021. – Vol. 20, no. 2. – Pp. 1–19.

290. Birtchnell T. The missing mobility: friction and freedom in the movement and digitization of cargo / T. Birtchnell // *Applied Mobilities*. – 2016. – Vol. 1. – Pp. 85 101. – DOI: 10.1080/23800127.2016.1148324.

291. Biryukova P. A. Problems and limitations of government regulation by the example of the general aviation in Russia / P. A. Biryukova // *Business. Society. Power*. – 2018. – № 2 (27). – Pp. 179–196.

292. Blockchain and Beyond: Encoding 21st Century Transport // *International Transport Forum*. – Paris: OECD. – 2018. Noeryna. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.itf-oecd.org/blockchain-and-beyond>.

293. Boonekamp T. Determinants of air travel demand: The role of low-cost carriers, ethnic links and aviation-dependent employment / T. Boonekamp, J. Zuidberg, G. Burghouwt // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. – 2018. – Vol. 112. – Pp. 18–28. – DOI: 10.1016/J.TRA.2018.01.004.

294. Button K. J. The role of small airports in economic development // *Acanços do Transporte Aéreo Brasileiro*. 2009. 4(2). pp. 643-657.

295. Civil Aviation Infrastructure in the North. Transport Canada. Spring Reports of the Auditor General of Canada to the Parliament of Canada, 2017 // Office of the Auditor General of Canada. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.oagbvg.gc.ca/internet/English/parl_oag_201705_06_g_42228.html.

296. Dhamodharavadhani S., Rathipriya R. Variable Selection Method for Regression Models Using Computational Intelligence Techniques// Periyar University, India 2020, OCEM Journal of Management, Technology & Social Science, pp. 416–436.
297. Doh S., Yuan.J. Journal of airport management. 2010. Vol. 4, iss. 2. pp.125–136.
298. Doustmohammadi E. Comparison of Freight Demand Forecasting Models / E. Doustmohammadi, V. P. Sisiopiku, M. D. Anderson, M. Doustmohammadi, A. Sullivan // International Journal Of Traffic and Transport Engineering. – 2016. – Vol. 5, no. 1. – Pp. 19–26. DOI: 10.5923/j.ijtte20160501.03.
299. Fauzer V. V. Demographic potential of the Russia's northern regions as a factor and condition of economic development of the Arctic / V. V. Fauzer // Economy of Region. – 2014. – Vol. 4, iss. 40. – Pp. 69–81.
300. Filippova N. A. The development of basic algorithms for processing navigation data in dispatching control system of road transportation of goods and passengers / N. A. Filippova, V. M. Belyaev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Ng 832 (1). – ID: 012047. – DOI: 10.1088/1757-899-0832/1/012047. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://translate.google.com/?hl=ru&s1=en&t1=ru&text-01%3A%2010.1088%2F1757>.
301. Green K. C. Structured analogies for forecasting / K. C. Green, J. S. Armstrong // International Journal of Forecasting. 2007 – Vol. 23. – Pp. 365–376. DOI' 10.1016/j.ijforecast.2007.05.005.
302. Grosche T. Gravity models for airline passenger volume estimation / T. Grosche, F. Rothlauf, A. Heinzl // Journal of Air Transport Management. – 2007. – Vol. 13, iss. 4. – Pp. 175–183. DOI: 10.1016/J.JAIRTRAMAN.2007.02.001.
303. Gorbunov V. P. Identifying and Systemizing Key Factors behind the Current State of Regional Aviation of Russia's Far North and Arctic // IEEE Xplore – 2022. DOI: 10.1109/TSCZh55469.2022.9802466.
304. Große C. Airports as Critical Infrastructure: The Role of the Transportationby-Air System for Regional Development and Crisis Management / C. Große // 2019 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM). – Macao, 2019. – Pp. 440–444. DOI: 10.1109/1EEM44572.2019.8978905.

305. Irina Poleshkina. Development of the air transport network in the Arctic zone of Eastern Siberia / Irina Poleshkina, Vladimir Gorbunov // International conference of Arctic transport accessibility: networks and systems/ ScienceDirect / Transportation Research Procedia / (2021). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.elsevier.com/locate/procedia.

306. Hjort J., Karjalainen O., Aalto J., Westermann S., Romanovsky V., Nelson F., Etzelmüller B., Luoto M. Degrading permafrost puts Arctic infrastructure at risk by mid-century // Nature Communications. 2018. No 9. 5147. DOI: 10.1038/s41467-018-07557-4.

307. Halpern N. Airport route development: A survey of current practice / N. Halpern, A. Graham // Tourism Management. – 2015. – vol. 46. – Pp. 213–221. DOI:10.1016/j.tourman.2014.06.011.

308. Heleniak T. Der Große Exodus: Demographische Trends an Russlands Nördlicher Peripherie / T. Heleniak, T. Holzlehner, E. Khlinovskaya, R. Barth Osteuropa. – 2011. – Vol. 61, no. 2/3. – Pp. 371–386 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.jstor.org/stable/44937085>.

309. Huskey L. Development in remote regions: What do we know? / L. Huskey, T. A. Morehouse // Arctic. 1992. – vol. 45, no. 2. – Pp. 128. DOI: 10.14430/arctic1384.

310. Ivanova O. The role of transport infrastructure in regional economic development: TØI Report 671/2003 / O. Ivanova. – Oslo, 2003. – 160 p. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [//www.toi.no/getfile.php?mmfileid=9223](http://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=9223).

311. Judith Kloeg. Hanna Schaal. Low-cost, long-haul –Flight of fancy or business of the future? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.prologis.aero/wp-content/uploads/2014/12/Low-cost-long-haul-Flight-of-fancy-or-business-of-the-future.pdf>.

312. Kent T. E. Analytic approach to optimal routing for commercial formation flight / T. E. Kent, A. G. Richards // Journal of Guidance, Control, and Dynamics. – 2015. vol. 38, no. 10. – Pp. 1872–1884. – DOI: 10.2514/10000806.

313. Koenker R. Quantile regression / R. Koenker. – Cambridge university press, 2005. – 349 p. DOI: 10.1017/009780511754098.

314. L. Chen, H. Pawlikowski. The Expansion of Low Cost Carriers into the Long-Haul Market: A Strategic Analysis of Norwegian Air Shuttle ASA. <https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2375490/masterthesis.PDF?sequence=1>.

315. Lee W. Y. Providing support for the use of analogies in demand forecasting / W. Y. Lee, P. Goodwin, R. Fildes, K. Nikolopoulos, M. Lawrence // *International Journal of Forecasting*. – 2007. – Vol. 23. – Pp. 377–390.

316. Lui G. L. Introduction to the combinatorial mathematics / G. L. Lui. McGraw Hill, 1968. – 424 p. DOI: 10.4018/978-1-5225-7900-7.ch002.

317. Low Cost Business Model for Long-Haul Sectors. 27/10/2015 By Marc Israel Comments are Off Benchmark, Research & Studies. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.airlineprofiler.eu/2015/10/low-cost-business-model-for-long-haul-sectors>.

318. Low-cost aiming for long-haul. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dare.uva.nl/cgi/arno/show.cgi?fid=95775>.

319. Magnello M. // Karl Pearson and the Establishment of Mathematical Statistics. *International Statistical Review / Revue Internationale De Statistique*, 2009, pp. 3–29.

320. Möller D. P. F. Introduction in transportation analysis, Modeling and Simulation. Computational Foundation and Multimodal application / D. P. F. Möller. London: Springer-Verlag, 2014. – 343 p.

321. Müller F. The arctic circle airport – a comparative study: Møreforskning Molde. Report 1515 / F. Müller, S. Bråthen, H. J. Svendsen [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.moreforsk.no/publikasjoner/rapporter/transportokonomi/1515-the-arctic-circleairport---a-comparative-study/> 1094/2985.

322. Milaković A., Gunnarsson B., Balmasov S., Hong S., Kim K., Schütz P., Ehlers S. Current status and future operational models for transit shipping along the Northern Sea Route // *Marine Policy*. 2018. Vol. 94. Pp. 53–60. DOI: 10.1016/j.marpol.2018.04.02.

323. Mulligan C. ICT and the Future of Transport / C. Mulligan. – Ericsson, Networked Society Lab, 2014.

324. Obuchowski N. A. Multivariate statistical methods / Am J Roentgenol. 2005, 185(2), pp. 299–309.

325. Ortúzar J. D. Modelling transport. 4th ed. / J. D. Ortúzar, L. G. Willumsen. – John Wiley & sons, 2011. – 608 p.

326. Patel M. H. Air cargo pickup schedule for single delivery location / M. H. Patel, Y. Dessouky, S. Solanki, E. Carbonel // Computers & Industrial Engineering. 2006. – Vol. 51, no. 3. – Pp. 553 – 565. DOI: 10.1016/j.cie.2006.08.014.

327. Perboli G. Blockchain in logistics and supply chain: a lean approach for designing real-world use cases / G. Perboli, S. Musso, M. Rosano // IEEE Access. – 2018. vol. 6. – Pp. 62018 – 62028. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2875782.

328. Prosvirina N. V. Analysis of small aviation problems in Russia and possible ways of their solution / N. V. Prosvirina // Natural humanitarian studies. – 2020. – No 28(2). – Pp. 232–238. DOI: 10.24411/2309-4788-2020-10107.

329. Rengaraju V. R. Modeling for air travel demand / V. R. Rengaraju, A. V. Thamizh // Journal of Transportation Engineering. – 1992. – Vol. 118. – Pp. 371–380.

330. Rodrigue J. P. The Geography of Transport Systems. 5th ed. / J. P. Rodrigue. – New York: Routledge, 2020. – 456 p.

331. Rousseeuw P. J. Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis / P. J. Rousseeuw // Journal of Computational and Applied Mathematics. – 1987. – Vol. 20. – Pp. 53–65.

332. Russon M. G. Airport substitution in a short haul model of air transportation M. G. Russon, N. F. Riley // International Journal of Transportation Economics. – 1993. vol. 20. – Pp. 157–173.

333. Schosser M. Status quo of strategic network planning in airlines. In: Big Data to Improve Strategic Network Planning in Airlines / M. Schosser. – Springer, 2019. – Pp. 161–194.

334. Smith L., Stephenson S. New Trans-Arctic shipping routes navigable by mid-century // PNAS. 2013. № 110(13). Pp. 4871–4872. DOI: 10.1073/pnas.1214212110 24. Francis J., Vavrus S., Cohen J. Amplified Arctic warming and mid-latitude weather: new

perspectives on emerging connections // WIREs Clim Change. 2017. Vol. 8. e474. DOI: 10.1002/wcc.4744.

335. Sven Maertens. The new Eurowings flights from Germany – Breakthrough for ‘long haul low cost’ or just old wine in new bottles? Institute for Air Transport and Airport Research Cologne, 16 March 2015.

336. Vladimir Gorbunov. Methodological aspects of avionics reliability at low temperatures during aircraft operation in the Far North and the Arctic / Vladimir Gorbunov, Sergey Kuznetsov, Anna Savvina, Irina Poleshkina // International conference of Arctic transport accessibility: networks and systems / ScienceDirect / Transportation Research Procedia / 2021. Режим доступа: www.elsevier.com/locate/procedia.

337. Vladimir Gorbunov, Anna Struchkova. Investigation of the impact of the take-off and landing characteristics of the RRJ-95B/LR aircraft on the prospects for expanding its operation in the Far Eastern region / Scientific Bulletin of The State Scientific Research Institute of Civil Aviation, 2023, no. 44, pp. 60–70.

338. Vladimir Gorbunov. Identification and analysis of relevant factors in the activities of airports based on the principle of de-composition of operational models / Air transport is the basis of logistics communications // Aviatrans-2022 // Topical Aspects Of Logistics Communications Development // Russian-Armenian Logistics Forum. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Publisher: LLC "DSTU-PRINT", Rostov-on-Don, 2023, pp. 60–68.

339. Vladimir Gorbunov. Methods of optimizing the model range in the formation of the composition and structure of the aircraft fleet within the framework of the creation of a single far eastern airline // International information and analytical journal "Crede Experto: transport, society, education, language". No. 3 (42). September 2024, pp. 69–81. DOI 10.51955/2312-1327_2024_3_

340. Verkerk Hans. The feasibility of intercontinental low cost airlines. Erasmus School of Economics Bachelor Thesis 12–8-2014.

341. V. Stureson. Can the low cost boom in aviation reach long distance destinations? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://hig.diva-portal.org/smash/get/diva2:404141>.