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

САМОЛЕТ И ХОЛОД

Климатические испытания и эксплуатация воздушных судов в условиях экстремально низких температур Арктики, Сибири и Крайнего Севера

Монография

Санкт-Петербург
Наукоемкие технологии
2023

УДК 656.7
ББК 39.5
Г67

Рецензенты:

Василий Сергеевич Шапкин, лауреат премии правительства РФ в области науки и техники, действительный член РАЕН, заслуженный работник транспорта РФ, доктор технических наук, профессор, первый заместитель генерального директора ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н. Е. Жуковского»;

Виктор Михайлович Рухлинский, доктор технических наук, профессор МГТУ ГА, первый заместитель председателя Межгосударственного авиационного комитета, председатель Комиссии по связям с ИКАО, международными и межгосударственными организациями Межгосударственного авиационного комитета

Г67 **Горбунов, В. П.**
Самолет и холод. Климатические испытания и эксплуатация воздушных судов в условиях экстремально низких температур Арктики, Сибири и Крайнего Севера. Монография. – СПб: Наукоемкие технологии, 2023. – 712 с.

ISBN 978-5-907618-46-6

Монография посвящена актуальнейшей проблеме освоения Крайнего Севера и Арктики, а именно использования авиации в обеспечении авиатранспортной доступности для решения широкого спектра народно-хозяйственных задач и необходимости расширения диапазона эксплуатационных температур с обеспечением постоянного базирования в самых сложных условиях экстремально низких температур Арктики, Восточной Сибири, Якутии и Дальнего Востока.

Представленная монография основана на 40 летнем опыте эксплуатации воздушных судов как отечественного, так и иностранного производства. Автор подводит личный итог почти 20 летней научной работы по северной тематике, что может быть интересно для широкой авиационной аудитории и специалистов, а также в качестве учебного пособия для студентов авиационных учебных заведений. Методы и результаты выполненных климатических испытаний, разработанные на их основе стандарты эксплуатации ВС в условиях экстремально низких температур, могут быть применены в качестве рекомендаций для отечественных разработчиков авиационной техники.

УДК 656.7
ББК 39.5

ISBN 978-5-907618-46-6 © Горбунов В. П., 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений и терминов 6
Введение 10
Теоретические и научные основы разработки метода поддержания летной годности воздушных судов с бортовым цифровым комплексом в условиях экстремально низких температур 40
Глава 1 Анализ факторов, ограничивающих эксплуатацию современных воздушных судов с цифровым бортовым оборудованием в условиях экстремально низких температур Крайнего Севера, Сибири и Арктики 50
1.1 Предпосылки проблем обеспечения безопасной эксплуатации и поддержания летной годности современных воздушных судов в условиях экстремально низких температур 50
1.2 Погодно-климатические факторы эксплуатации аналоговых и цифровых воздушных судов на Крайнем Севере, Сибири и в Арктике 64
1.2.1 Динамические факторы и опасные последствия охлаждения ВС 69
1.3 Системы современных воздушных судов, ограничивающие их эксплуатацию в условиях низких и экстремально низких температур 71
1.3.1 Вопросы теплофизической надежности микроэлектронных устройств и компонентов цифровых систем авионики 77
1.3.2 Уязвимость цифровых систем бортового комплекса авионики 81
1.3.3 Сбои в цифровых системах авионики ВС в условиях низких и экстремально низких температур 84
1.3.4 Общий анализ физических факторов воздействия окружающей среды и механизма разрушения электронных элементов авионики 89
1.3.5 Влияние температуры на работоспособность интегральных схем 93
1.3.6 Проблемные вопросы эксплуатации гидромеханических систем и силовых установок 96
1.3.7 Особенности эксплуатации водяной системы (*Water/Waste system*) 105
1.4 Методологические принципы задачи обеспечения надежности эксплуатации современных воздушных судов в условиях экстремально низких температур Крайнего Севера, Сибири и Арктики 114
Выводы по главе 1 123

Глава 2 Выполнение комплекса работ по климатическим испытаниям, тепловым оценкам и установлению зон и систем уязвимости современных воздушных судов в условиях экстремально низких температур 124
2.1 Постановка задач по выполнению климатических испытаний при экстремально низких температурах 124
2.1.1 Обоснование задачи выполнения климатических испытаний при экстремально низких температурах 124
2.1.2 История испытаний ВС и их систем при экстремально низких температурах 127
2.2 Базовые положения комплекса работ по выполнению климатических и сертификационных испытаний ВС в условиях экстремально низких температур 136
2.2.1 Цели, объекты и условия комплекса работ по климатическим и сертификационным испытаниям ВС в условиях экстремально низких температур 136
2.2.2 Объекты испытания при выполнении климатических и сертификационных испытаний ВС 136
2.2.3 Обоснование выбора места проведения испытаний 137
2.2.4 Организационные мероприятия, хронология и условия испытаний 139
2.3 Выполнение климатических и сертификационных испытаний ВС в условиях экстремально низких температур 159
2.3.1 Организация системы регистрации параметров. Описание, циклограмма, состав и расположение на самолете систем сбора информации 161
2.3.2 Точность измерения параметров температуры, давления и перемещений 165
2.4 Определение зон и систем уязвимости по результатам климатических испытаний ВС в условиях экстремально низких температур 167
Выводы по главе 2 172
Глава 3 Методы оценки параметров охлаждения и надежности ВС в условиях экстремально низких температур 173
3.1 Теплофизические оценки процесса охлаждения ВС в условиях экстремально низких температур 173

3.2 Методы оценки надежности современных ВС с цифровым бортовым оборудованием в условиях экстремально низких температур . 181
3.3 Фактор дисперсии при оценке надежности современных ВС с цифровым бортовым оборудованием в условиях экстремально низких температур 190
Выводы по главе 3 196
Глава 4 Разработка метода тепловой компенсации с целью расширения диапазона рабочих температур ВС в область экстремально низких значений 198
4.1 Постановка задачи и предпосылки метода тепловой компенсации 198
4.1.1 Постановка задачи разработки метода тепловой компенсации 198
4.1.2 Анализ существующих методов обеспечения безопасной и надежной эксплуатации ВС в условиях низких температур 201
4.1.3 Сравнение методов поддержания температурных режимов работы бортового радиоэлектронного оборудования – БРЭО ВС с аналоговой и цифровой базой 205
4.2 Экспериментальная отработка метода тепловой компенсации в ходе испытаний при экстремально низких температурах 221
4.3 Разработка стандартов эксплуатации ВС в условиях экстремально низких температур, эксплуатационной документации и рекомендаций для отечественных разработчиков авиационной техники 232
4.3.1 Разработка стандартов эксплуатации ВС в условиях экстремально низких температур и эксплуатационной документации – *BLUE BOOK* 232
4.3.2 Разработка рекомендаций по эксплуатации современных ВС отечественного производства в климатических зонах Крайнего Севера, Сибири и Арктики 237
Выводы по главе 4 238
Заключение 239
Приложения 241
Список литературы 702

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ТЕРМИНОВ

А и РЭО – авиационное и радиоэлектронное оборудование
АР – авиационный регистр
БКС ЦПНО – базовый комплекс стандартного цифрового пилотажно-навигационного оборудования
БП – безопасность полетов
БРЭО – бортовое радиоэлектронное оборудование
ВАК – высшая аттестационная комиссия
ВИАМ – всесоюзный институт авиационных материалов
ВС – воздушное судно
ВСУ – вспомогательная силовая установка
ГА – гражданская авиация
ГА-6 – гировертикаль
ГосНИИ АС – государственный научно-исследовательский институт авиационных систем
ГосНИИ ГА – государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации
ЖКИ – жидкокристаллический индикатор
ИКАО – международная организация гражданской авиации
ИМА – интегрированный модульный комплекс авионики
ИТП – инженерно-технический персонал
КПК – курсы повышения квалификации
ЛА – летательный аппарат
ЛИИ – летно-исследовательский институт
МАК – межгосударственный авиационный комитет
МГВ – 1СК – малогабаритная гировертикаль
МП – моторный подогреватель
МТК – метод тепловой компенсации
ОАК – объединенная авиационная корпорация
ОТО – оперативное техническое обслуживание
ПЛГ – поддержание летной годности
ПТЭ – процесс технической эксплуатации
РФ – Российская Федерация
РЭУ – радиоэлектронная аппаратура
СКВТ – синусно-косинусный вращающийся трансформатор
ТВГ – температура выходящих газов
ТНМ – теория нечетких множеств
ТО – техническое обслуживание

УМП – универсальный моторный подогреватель
УУП – усложнение условий полета
УУЭ – усложнение условий эксплуатации
ФАВТ – федеральное агентство воздушного транспорта – Росавиация
ЦАГИ – Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н. Е. Жуковского
ЦГВ – центральная гировертикаль
ЭТ – эксплуатационная технологичность
ЭРИ – электрорадиоизделие
ADF – Air Data Finder
ADIRU – Air Data Inertial Reference Unit
AEVC – Avionics Equipment Ventilation Computer
AFM – Aircraft Flight Manual – Руководство по летной эксплуатации
AFS – Auto Flight System
AMM – Aircraft Maintenance Manual – Руководство по технической эксплуатации
ARINC – Aeronautical Radio, Incorporated - Авиационная радиокорпорация
Assisted parking *(Airbus)* – стоянка ВС с присутствием персонала на борту
ATA – Air Transport Association
Attended parking *(Boeing)* – стоянка ВС с присутствием персонала на борту
CIDS – Cabin Indication Display System
Complete cold soak – режим глубокой и полной заморозки ВС
Cold Weather Operation – эксплуатация в условиях низких температур
Cold Soak – режим полной заморозки
Cold soak with controlled temperature – глубокая заморозка ВС с управляемым температурным режимом
CRT – Cathode Ray Tube
Design Change – внесение изменений в конструкцию
Drain mast – обогреваемая мачта сброса воды из кухонь и раковин умывальников
DSL – Diamond Sakha Airlines – авиакомпания «Авиалинии Алмазы Саха»
CFDU – Control Flight Display Unit
EASA – European Aviation Safety Agency
ECAM – Electronic Centralised Aircraft Monitor
ECB – Electronic Control Box
EICAS – Engine-Indicating and Crew-Alerting System
EGT – Exhaust Gas Temperature
Environmental Envelope – эксплуатационный диапазон
Extreme Cold Weather Maintenance / Servicing Procedures – процедуры ТО в условиях экстремально низких температур
FAC – Flight Augmentation Computer

FAP – Flight Attendant Panel
FAST – Future Aviation Safety Team
FCC – Flight Control Computer
FCOM – Flight Crew Operation Manual – Руководство по действиям и управлению ВС летным экипажем
FCU – Flight Control Unit
EFIS – Electronic Flight Indication System
Fly-by-Wire – электродистанционная система управления
FMC – Flight Management Computer
FMGS – Flight Management Guidance System
FTI – Flight Test Instruments – система регистрации параметров
GPCU – Ground Power Control Unit
IATA – International Air Transport Association
IDG – Integrated Drive Generator
IMA – Integrated Module Avionics
ITEM – Illustrated Tool and Equipment Manual – иллюстрированный каталог инструментов и оборудования
IPC – Illustrated Part Catalog
LCD – Liquid Crystal Display
Lend Lease – программа поставок вооружений и техники из США во время второй мировой войны
LVDT – Line Variable Data Transformer
MCDA – multi-criteria decision analysis
MFD – Multi-Functional Display
MIL – американский военный стандарт
Mod – Modification – доработка конструкции на этапе производства воздушного судна
MOPS – Minimum Operations Performance Standards
MTBUR – Mean Time between Unscheduled Removals
ND – Navigation Display
PFD – Primary Flight Display
Power-on – режим ВС с включенной бортовой сетью
QinetiQ Environmental Testing Services – климатическая лаборатория в английском Фарнборо
RTCA – Radio Technical Commission for Aeronautics
RTCA/DO-160D – Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment
SB – Service Bulletins – сервисный бюллетень производителя ВС – доработка конструкции на этапе эксплуатации воздушного судна

Sky Interior – система декоративной подсветки подпотолочного пространства
SP – Scavenge Pump
SRD – Shorted Rotating Diode
Standard Fit – стандартная конфигурация
Supplemental Type Certificate – дополнение к сертификату типа
Survival limit – режим выживаемости
TCC – Thrust Control Computer
Thermal shock – термальный шок
Touch Screen – жидкокристаллический индикатор с активацией касанием
TSO – Technical Standard Order
Unassisted parking *(Airbus)* – стоянка ВС без присутствия персонала на борту
Unattended parking *(Boeing)* – стоянка ВС без присутствия персонала на борту
VSB – Vendor Service Bulletins – сервисный бюллетень производителя оборудования или компонента ВС с доработкой конструкции компонента на этапе эксплуатации воздушного судна
Water/Waste system – водяная и система приема отходов

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении нескольких десятилетий наблюдается значительный рост всеобщего интереса к освоению Арктики и районов Крайнего Севера. Для Российской Федерации эти регионы, наряду с Сибирью и Дальним Востоком с точки зрения географического единства, истории их освоения, культурного и экономического развития жестко взаимозависимы и являются единым целым. Но тенденции последнего десятилетия показывают, что к освоению природных богатств, например, Арктики все возрастающий интерес проявляют не только приарктические государства, но и государства, не имеющие непосредственного выхода своими национальными границами к Северному Ледовитому океану, например, Китай, Корея, Япония и др. Данное внимание вызвано не только экономическими перспективами разработки нефтяных и газовых месторождений, скрытых в недрах Арктики, но и теми транспортно-логистическими возможностями, которые открывает эксплуатация Северного морского пути, где наряду с экономической есть и военно-стратегическая составляющая.

Освоение Арктики от долгой дискуссии предыдущих десятилетий о целесообразности активного инвестирования как в большой арктический проект с рассуждениями о нулевой или отрицательной рентабельности добычи арктических углеводородов, несовершенства технологий, экологической опасности, в последние десять лет перешло в самую активную фазу. Еще один значимый фактор, активно стимулирующий интерес к почти безлюдным просторам Арктики, – возможность прокладки новых торговых путей между Евроатлантической зоной и Тихоокеанским регионом: быстрые климатические изменения в Арктике способствуют организации в обозримом будущем стабильной морской навигации, огромные экономические выгоды от которой очевидны.

Северный морской путь (СМП) – кратчайший морской путь между Европейской Россией и Дальним Востоком, который проходит по морям Северного Ледовитого океана (Баренцево, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское) и частично Тихого океана (Берингово). Длина СМП от Карских Ворот до бухты Провидения – около 5600 км, тогда как расстояние от Санкт-Петербурга до Владивостока по нему составляет свыше 14 тыс. км, для сравнения, через Суэцкий канал – свыше 23 тыс. км (рис. В1).

На современном этапе значение СМП и объем перевозок, по объективным данным и утверждению экспертов, будут только возрастать, так как через Арктику проходят кратчайшие морские пути между рынками северо-запада Евразии и Тихоокеанского региона. На эталонном маршруте Роттердам –

Йокогама при использовании СМП расстояние сокращается на 34 % по сравнению с южным путем через Суэцкий канал, а маршрут Шанхай – Владивосток – Чукотка – Мурманск – порты Норвегии – Гамбург короче на 5 200 километров, чем через Индийский океан и Суэцкий канал. Наконец, не следует забывать и о важнейшей геополитической составляющей экспансии в Арктику: этот обширный нейтральный регион Земли практически обречен в самом скором времени стать объектом горячих международных разборок и дележа меридианов и параллелей. Поэтому несмотря на возможное перенесение спроса на арктические углеводороды на конец 2020-х – 2030-е годы, всем приарктическим державам, и России в первую очередь, необходимо заблаговременно позаботиться о надежном обеспечении своего присутствия на этом важнейшем плацдарме, то есть упорно разведывать арктические ресурсы, осваивать новые технологии и готовить специалистов-профессионалов, чтобы когда в этих колоссальных резервах возникнет острая потребность, мы были во всеоружии.



Рис. В1. Российский транспортный коридор – СМП в системе международных транспортных коридоров Запад – Восток – Запад и районы формирования сопряженной грузовой базы Крайнего Севера РФ для Северного морского пути. *Источник:* https://odynokiy.livejournal.com/333204.html

Согласно данным Геологической службы США – *USGS* и опубликованному еще в 2006 году совместному докладу компаний *Wood Mackenzie и Fugro*

Robertson (Future of the Arctic-A New Dawn for Exploration), мировую экономику ожидают перспективы мощного притока на мировой рынок нефти и газа из Арктики, где, согласно обнародованной оценке, может быть сосредоточено порядка 25 % общего мирового объема неразведанных ресурсов углеводородов. Россия, по данным *USGS,* располагает почти 15 млрд б.н.э. (9,4 млрд – в южной части Баренцева моря и еще 5,3 млрд – в Енисей-Хатангском бассейне), хотя при добавлении ресурсов *NGL* ее нефтяная доля существенно вырастает – до 41 % суммарного объема арктических запасов. По природному газу: по версии *USGS,* на долю России приходится примерно 70 % общего объема неразведанных газовых запасов Арктики, где шельфовые запасы находятся главным образом в южной части Карского моря и в восточной части Баренцева (рис. В2).

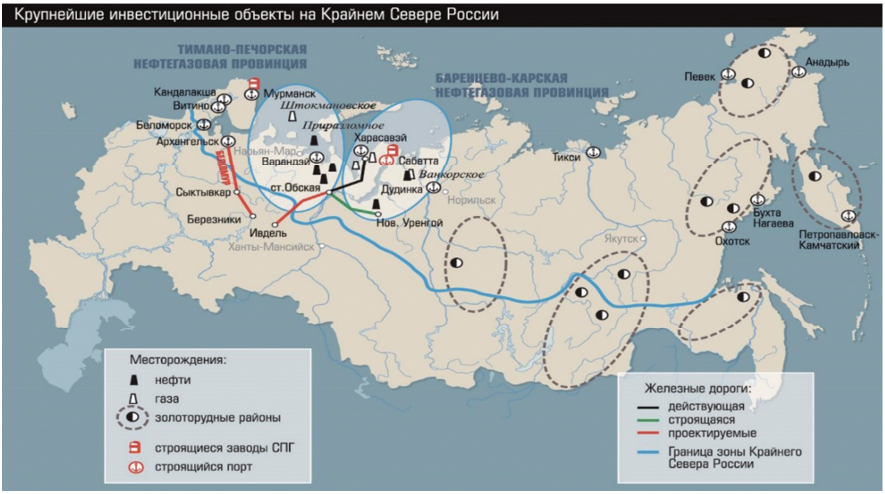


Рис. В2. Карта крупнейших инвестиционных объектов на Крайнем Севере России по состоянию на 2014 год. *Источник: журнал «Эксперт»*

Транспортно-технологический фактор

С развитием арктических технологий связывают два направления работы. Первое, транспортное, предполагает воссоздание и расширение через Северный морской путь (СМП) регулярной судоходной связки Европа – Дальний Восток и далее в Юго-Восточную Азию. Второе, сырьевое, определяется интересом к запасам углеводородов и, в меньшей степени, других полезных ископаемых, разведанных или уже добываемых в материковой и шельфовой зонах арктического региона. Оживление деятельности по обоим направлениям

должно потянуть за собой спрос на разнообразную технику морскую, наземную и авиационную, способную работать в экстремальных климатических и ледовых условиях, то есть на ледоколы, суда ледового класса: транспортные и вспомогательные суда, танкеры и газовозы, офшорные платформы различного назначения, а также всю необходимую номенклатуру самолетной и вертолетной авиатехники. Будет возрастать спрос на средства инфраструктурного обеспечения этой деятельности: гидрометеорологические, телекоммуникационные, аварийно-спасательные и ремонтные технологии, строительство и реконструкцию сети аэродромов в Арктической зоне и сопряженных с ней районов Северного Урала, Сибири и всего Крайнего Севера в целом, как ближайших центров логистики всего необходимого и человеческих ресурсов – производственных сил. Все это в свою очередь должно поспособствовать развитию многих отраслей отечественного промышленного комплекса, от специальной металлургии и конструкционных материалов до спутниковых систем и средств обработки космических и других данных, дать толчок авиастроительной отрасли, играющей ключевую роль в обеспечении транспортной доступности Арктики и всего Крайнего Севера.

Высокие арктические широты отличаются особо суровым климатом: здесь сошлись жестокие морозы (ниже –50° С); сплошные ледяные поля с толщиной льда свыше полутора метров, натиску которых мало что может противостоять в принципе; мощные штормы, сильные ветры и соленые туманы, буквально съедающие металл. Промышленная добыча каких бы то ни было ресурсов в столь сложных условиях не ведется нигде в мире. Соответствующего опыта и отработанных технологий ни у кого нет.

В создании и использовании арктических технологий Россия (прежде всего в лице Советского Союза) занимала лидирующие позиции в мире в течение почти всего XX века. К этому ее обязывало хотя бы географическое положение – арктическое побережье протяженностью 22,6 тыс. км. Центр научных арктических исследований и конструкторских разработок исторически сложился в Санкт-Петербурге. С дореволюционных времен ведут свою историю судостроительные предприятия Питера: Адмиралтейские верфи, Балтийский завод, Северная верфь. История Арктического и антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ) началась с 1920 года, с организации в Ленинграде Северной научно-промысловой экспедиции для научно-технической поддержки и развития северных территорий, преобразованной позже в Институт по изучению Севера. В 1930-х годах на Ижорском заводе появляется Центральная Броневая лаборатория № 1 – предшественник ЦНИИ конструкционных материалов *«Прометей»,* головного разработчика спецматериалов для применения в экстремальных условиях Севера.

Не прекращается строительство судов ледового класса и в настоящее время, получив новый импульс в разработке и строительстве атомного ледокольного флота. Так, осенью 2020-го на воду спустили головной атомный ледокол проекта 22220 *«Арктика»,* в январе 2022 года в строй вошел второй корабль серии – *«Сибирь»,* в ноябре этого же года торжественно был поднят флаг на ледоколе *«Урал»* и спущен на воду ледокол *«Якутия»,* ожидается достройка и спуск пятого ледокола этого же проекта *«Чукотка»*.

Именно атомные ледоколы – залог успеха любого военного и гражданского строительства в регионе. Помимо *«Арктики» и «Сибири»,* в ледокольном флоте России есть еще линейка ранее введенных в строй судов с ядерными энергетическими установками, *«Ямал», «50 лет Победы», «Таймыр», «Вайгач»,* а также атомный лихтеровоз *«Севморпуть»* и пять судов технологического обслуживания. В резерве – атомный ледокол ранней постройки *«Советский Союз»*.

Таким образом, Россия обладает беспрецедентно самым мощным в мире ледокольным флотом в Арктике и в скором будущем будет способна обеспечить круглогодичную проводку караванов судов по Северному морскому пути, в любое время года и при любых погодно-климатических условиях и температурах, что потребует соответствующего поставленным задачам авиационного обеспечения на протяжении всего СМП и сопряженных с ним регионов страны.

Но в отличие от впечатляющих успехов в атомном судостроении, отечественной авиационной промышленности, кроме модернизации разработанных более 50 лет назад и прекрасно себя зарекомендовавших вертолетов семейства *Ми-8,* похвастать не чем. В тридцатилетний постсоветский период в Российской Федерации не было разработано или запущено в серийное производство ни одного нового самолета для работы непосредственно в Арктике, для полетов на дрейфующие станции, ледовой разведки или сопровождения караванов судов. И это, несмотря на не менее глубокие, чем в арктическом судостроении, традиции отечественной авиационной промышленности, заложенные в советское время по разработке и строительству целого ряда воздушных судов, приспособленных или специально созданных для работы в Арктике и в условиях экстремально низких температур Сибири и Крайнего Севера.

Необходимо отдать должное продуманности советской транспортной стратегии в организации деятельности гражданской авиации, в ее планомерном развитии с перспективой на десятилетия. Для выполнения разного объема работ для нужд Крайнего Севера и Арктики еще в 1932 году было организовано Главное управление Севморпути. В его структуре было создано Управ-

ление Полярной авиации. В последующие 10 лет полярная авиация обеспечивала ледовую разведку и проводку судов от Земли Франца-Иосифа, Северной земли до острова Врангеля и Берингова пролива. Управление оснащалось новыми для того времени самолетами *Р-5, Р-6, ТБ-1, ТБ-3, АНТ-4, Ли-2* и гидросамолетами разных модификаций. В послевоенное время ведущими отечественными конструкторскими бюро авиастроения С. В. Ильюшина, О. К. Антонова и др. были разработаны и на протяжении многих лет серийно производились отечественные воздушные суда, ставшие основой арктической авиации, *Ил-12, Ил-14, Ан-24, Ан-26, Ан-12* и, конечно же, легендарный *Ан-2,* до сих пор верно несущий трудовую вахту во многих уголках Сибири и Крайнего Севера. Необходимо также отдать должное самолету *Ли-2,* лицензионной версии *Douglas DC-3 (C-47),* который начиная с предвоенного времени долгое время был основой арктического воздушного флота. Широко была представлена на Крайнем Севере и в Арктике линейка вертолетной техники КБ М. Л. Миля, *Ми-2, Ми-4, Ми-6, Ми-8, Ми-26 и* Н. И. Камова от *Ка-15* до *Ка-32.* В советское время создавались сухопутные аэродромы по всему побережью Ледовитого океана, позволявшие перевозить пассажиров и срочные грузы в полярные поселки и даже небольшие оленеводческие поселения. В 1960 году было создано управление Полярной авиации гражданского воздушного флота при Совете Министров СССР, позже вошедшее с структуру созданного Министерства гражданской авиации СССР в 1964 году как Полярное управление гражданской авиации Министерства гражданской авиации СССР. Так, еще 70 лет назад Управление полярной авиации (воздушной службы), подчиняющееся Главсевморпути, инициировало ряд важных для хозяйственного освоения Крайнего Севера авиационных перелетов. Вклад тех лет является основой современного авиатранспортного комплекса Заполярья. Прекрасно показаны героические будни полярной авиации времени ее расцвета 60-х годов прошлого века в фильме «При исполнении служебных обязанностей» режиссера Ильи Гурина, снятого в 1963 году по одноименной повести Юлиана Семенова.

Необходимо подчеркнуть, что в то время магистральные пассажирские перевозки в направлении Крайнего Севера и Арктики начинались с Москвы, Ленинграда (Санкт-Петербург) или Архангельска и далее, по всему Арктическому побережью, через Нарьян-Мар, Норильск, Хатангу, Диксон, Тикси, Чокурдах, Черский, Певек и далее до Магадана и Анадыря. На протяжении многих лет полеты по этим трассам успешно выполнялись на передовых разработках того времени, турбовинтовых *Ил-18,* которые также были способны выполнять посадки даже на ледяные аэродромы, а в варианте *Ил-18Д* выполнял полеты и в Антарктиду.

В 70-х годах на грузовые линии Арктики, Сибири и Крайнего Севера вышли современные турбореактивные грузовики *Ил-76,* работавшие с базовых аэродромов Тюмени, Красноярска, Иркутска, Якутска и Магадана. Приход новой техники позволил организовать одновременное базирование флота разной размерности и грузоподъемности. Так, во всех вышеперечисленных городах Сибири и Дальнего Востока, являющихся, по сути, районами формирования грузовой базы для Северного морского пути, наряду с *Ил-76Т/ТД* грузоподъемностью до 40–50 тонн базировались *Ан-12Б* грузоподъемностью 18–20 тонн и *Ан-26Б* грузоподъемностью до 6 тонн, что давало гибкость в организации устойчивого снабжения всем необходимым Арктическим районам, покрывая, как веером, грузовой транспортной сетью весь север Западной и Восточной Сибири и Арктическую зону, вплоть до Чукотки – весь без исключения Крайний Север.

В части пассажирских авиаперевозок необходимо отметить особую роль крупнейших авиагаваней, таких Свердловск (Екатеринбург), Новосибирск, Иркутск и, конечно же, Хабаровск, где, кроме грузовых, формировались основные пассажиропотоки в направлении аэропортов Крайнего Севера, Чукотки и Камчатки. Базирующийся в советское время в Хабаровске и Красноярске значительный флот дальнемагистральных *Ил-62, Ил-62М,* наряду с крупнейшим флотом ДПО – Домодедовского производственного объединения, насчитывающим на своем пике до 65 бортов *Ил-62, Ил-62М,* выполнял основные авиаперевозки на Восток, соединяя прямыми авиарейсами крупнейшие города Дальнего Востока, такие как Хабаровск, Владивосток, Южно-Сахалинск, Петропавловск-Камчатский, Якутск, Магадан и Анадырь. Данный принцип построения авиатранспортной сети в направлении Дальнего Востока позволял концентрировать значительные даже по нынешним временам провозные мощности. Так, например, в конце восьмидесятых годов прошлого века на двух самых востребованных дальневосточных маршрутах из Москвы в Хабаровск и Владивосток количество ежедневных рейсов, выполняемых на дальнемагистральных 186 кресельных лайнерах *Ил-62М,* достигало двух десятков рейсов в сутки, тем самым удовлетворяя спрос даже в самый пиковый летний сезон.

Кроме того, мощный среднемагистральный пассажирский флот Сибирских и Дальневосточных авиаотрядов, состоящий из *Ту-104 и Ил-18,* а позже массовых *Ту-154*, базировавшихся в крупных промышленных центрах Дальнего Востока и Сибири, Хабаровске, Магадане, Якутске, Нерюнгри, Иркутске, Чите, Красноярске и Новосибирске и др., эффективно работал в рамках построенной в советское время маршрутной сети сквозного авиасообщения, со-

единяя пары городов Дальнего Востока и Сибири с городами центральной, западной части страны, Кавказа и черноморского побережья, минуя Москву. Регулярные рейсы среднемагистральных *Ту-104, Ил-18 и Ту-154* как бы пронизывали страну с востока на запад по принципу так называемого обратного веера, выполняя по нескольку посадок в аэропортах по пути следования в западном направлении и обратно. Благодаря этому охватывалось большее, чем сейчас, количество городов, минуя Московский авиаузел, что было более удобно для пассажиров, вынужденных сейчас при современной централизованной сети делать пересадки в Московских аэропортах. В 60-х годах прошлого века и до выхода на трассы дальнемагистрального *Ил-62М* одним из самых востребованных и протяженных являлся рейс, выполняемый на *Ту-104* по маршруту Москва – Омск – Иркутск – Хабаровск – Петропавловск Камчатский. Позже, в 80-х годах первенство по протяженности и количеству промежуточных посадок перешло к рейсу 8502/03 Ленинград-Омск (или Челябинск) – Братск – Якутск – Магадан – Петропавловск-Камчатский, выполняемому среднемагистральными 165 кресельными лайнерами *Ту-154Б, Б1, Б2,* из-за своей протяженности требовавшему даже смену экипажа в Братске. При этом необходимо отметить, что воздушное судно, вылетая из Ленинграда (Санкт-Петербург) и сменяя 9 часовых поясов, подвергалось также смене климатических условий эксплуатации в несколько десятков градусов. Так, вылетев из Ленинграда при отрицательных температурах в несколько градусов или близкой к нулю, прибывая в Якутск, подвергалось воздействию температуры у земли в –55° С, при этом на воздушном судне не отмечалось каких-либо технических проблем, таких как возрастание параметра потока отказов или увеличения времени готовности к вылету.

Непосредственно в самой Арктике активно применялся удачно созданный для этих целей грузопассажирский *Ан-74,* первоначально имевший обозначение *Ан-72А* («Арктический»). Ан-74 совершил первый полет в 1983 г. и был разработан специально для эксплуатации в суровых климатических условиях с экстремально низкой температурой воздуха до –53° С, что давало возможность его эксплуатации как в Арктике, так и в Антарктике. Отличительной чертой *Ан-74* являлась аэродинамическая схема с расположенными верх двигателями над крылом, что почти полностью исключало попадание посторонних предметов, льда и снежной пыли при взлете и посадке с неподготовленных арктических аэродромов. При этом благодаря использованию способа, основанного на *«эффекте Коанда»,* увеличивалась подъемная сила и обеспечивались беспрецедентно короткие взлетно-посадочные дистанции от 420–450 метров *(Ан-72).* Суть эффекта в том, что это при расположении двигателей над крылом и по объяснению великого русского авиаконструктора, самого

О. К. Антонова, создавало: *«…Могучий поток газов, с большой скоростью вытекающий из сопла реактивного двигателя, пройдет над крылом, создавая дополнительную силу…»,* – что в результате и дало на *Ан-72* прирост подъемной силы в 20 %.

Аналогично с грузовым был применен сегментированный подход и в организации региональной пассажирской авиатранспортной сети, где сегментация флота по пассажировместимости и дальности также подразумевала способность работы с грунтовых аэродромов основных типов региональных типов ВС, прежде всего *Ан-24, Ил-14, Як-40, Л-410* и, конечно же, *Ан-2*. В зимнее время *Ил-18* был также способен выполнять полеты с хорошо утрамбованных снежных полос, что делало его незаменимым для магистральных перевозок на аэродромы в Арктической зоне, соединяя Москву и Ленинград с наиболее крупными Арктическими поселками Якутии, Чукотки и Магаданом.

Важнейшим преимуществом большинства типов советской авиационной техники наряду с надежностью и эксплуатационной технологичностью являлся подтвержденный сертификационными климатическими испытаниями диапазон отрицательных эксплуатационных температур до –55° С и ниже, включая постоянное базирование, в том числе и при безангарной эксплуатации. При этом для отдельных экземпляров типов, например, *Ан-24* из состава базирующихся в Якутии воздушных судов по запросу эксплуатационных авиапредприятий диапазон предельно низких эксплуатационных температур имел возможность расширения до –57° С.

Неудивительно, что благодаря беспрецедентно огромным размерам нашей Родины и уникальной географии авиация в СССР исторически была более значимой, чем для других стран мира. Развитие сети местных гражданских аэродромов и баз военного назначения на Крайнем Севере было одним из приоритетов в Советском Союзе. В то же время результаты современного периода развития полярной авиации и всей гражданской авиации и в особенности аэродромной сети и гражданского самолетостроения за последние 30 лет неутешительны. По состоянию на май 2014 г., по всей России функционирует всего 297 гражданских аэропортов. Для сравнения – только в одном штате Аляска в США действует 280 аэродромов.

Было бы справедливым отметить, что в настоящее время на Крайнем Севере и приарктических территориях РФ реализуются несколько государственных программ, в рамках которых происходит восстановление и реконструкция аэропортов и аэродромов. Это также включает реконструкцию взлетно-посадочных полос из состава федеральных казенных предприятий: *«Аэропорты Севера», «Аэропорты Красноярья», «Аэропорты Чукотки»,* материальная база которых, здания и аэропортовые сооружения, базы хранения ГСМ, радио

и светотехническое оборудование систем навигации и посадки, наземная техника требуют практически полного обновления или модернизации. При этом за три десятка лет на всем Крайнем Севере и в Арктической зоне построено только 3 новых аэродрома: аэропорт *«Талакан»* на Чаяндинском нефтегазоконденсатном месторождении в Якутии, построены новый аэропорт *«Сабетта»* на Ямале, и аэродром *«Утренний»* на полуострове Гыдан. Важно отметить, что все три новых аэропорта построены по инициативе и исключительно за счет инвестиций нефтегазодобывающих компаний, что говорит о новой тенденции в направлении развития государственно-частного партнерства.

Необходимо подчеркнуть, что кроме выполнения своих, так сказать, корпоративных функций – обеспечения производственных процессов по добыче и транспортировки газа, вышеупомянутые аэропорты *«Сабетта» и «Утренний»* являются важнейшим звеном в немногочисленной цепочке Арктических аэродромов, обеспечивающих транспортную доступность Крайнего Севера и Арктики.

Также из положительного можно отметить реконструкцию расположенных на Арктическом побережье Якутии и Чукотки аэропортов приарктических поселков Тикси и Певек. В то же время большинство эксплуатируемых в советский период аэродромов в северных городах и поселках до сих пор находятся в проблематичном состоянии или закрыты.

К сожалению, понятие «полярная авиация» исчезло в нашей стране с момента распада СССР. К 1993 году от единой транспортной авиатранспортной системы *«Аэрофлота»* на Севере остались только части бывших объединенных северных авиаотрядов. Однако более 70 % из них были закрыты с начала 1990-х гг., при всем при этом пополнения парков все еще работающих в Заполярье нескольких авиапредприятий за счет современных отечественных воздушных судов арктического класса не происходит из-за отсутствия производства новой отечественной авиатехники, а поставки зарубежной техники прекращены из-за западных санкций. Тогда как остающиеся практически единичные исправные экземпляры старой советской авиатехники, особенно незаменимые *Ан-24 и Ан-26,* отрабатывают свои последние ресурсные возможности по планеру и двигателям. Немногочисленные зарубежные и бывшие в употреблении воздушные суда, такие как канадские *Bombardier CRJ 100/200, Dash8 Q200/300/400 и ATR42/72*, возраст которых уже перевалил за 20 лет, а у некоторых образцов приближается к 30 годам, с марта 2022 года остались без конструкторского сопровождения со стороны разработчиков и производителей, что для возрастной иностранной авиатехники и в условиях нынешних санкционных ограничений является весьма критичным. Остановка поставок

запасных частей, сервисных бюллетеней, обновлений навигационных баз данных и летно-технической документации негативно сказывается на дальнейших возможностях эксплуатантов в поддержании их летной годности и обеспечении должного уровня безопасности полетов.

Глядя на сегодняшний, так называемый арктический флот, встает принципиальный вопрос: как нам самим обеспечить инновационными технологиями и инженерным сопровождением всю деятельность авиастроительной отрасли, в которой наша страна была безусловным лидером в советские годы и которую теперь пытается вновь возродить после длительного разорительного простоя?

«Под Арктику» требуется решить целый комплекс сложных инженерных и научных задач. На выходе этого инновационного процесса непременно появится масса уникальных технологий и принципиально новых продуктов. Важнейшей составляющей авиатранспортной системы является непосредственно авиационная техника, самолеты и вертолеты, основными характеристиками которых, наряду с аэродинамическими и взлетно-посадочными характеристиками, экономическими показателями являются сертифицированный диапазон эксплуатационных температур, низкотемпературная надежность и эксплуатационная технологичность.

Очевидно, что задачи нового этапа освоения Российской Арктики и Крайнего Севера не могут быть решены без обеспечения устойчивой работы авиатранспортной системы в обеспечении бесперебойного межарктического воздушного сообщения как между городами и населенными пунктами Севера страны, так и с основными логистическими центрами Урала, Сибири и других регионов, обладающих многоцелевыми транспортировочными узлами, кроме того представляющие собой районы формирования сопряженной грузовой базы Крайнего Севера РФ для Северного морского пути (рис. В1). В этом процессе приоритетной задачей является обеспечение постоянного базирования современных воздушных судов, способности безопасной и надежной работы авиатехники в самых тяжелых условиях Заполярья и Сибири при отсутствии ангарных мощностей – наиболее важное требование, предъявляемое к воздушным судам наряду с их экономическими показателями. Однако решение этих задач потребует гораздо более активной разработки именно тех воздушных судов, которые благодаря надежности и эксплуатационной технологичности будут наиболее приспособлены к условиям эксплуатации в условиях низких и экстремально низких температур.

Но выполнение этой задачи осложняется тем, что за последние 30 лет произошло почти полное вытеснение самолетов отечественного производства

западной авиатехникой, исследованию проблем эксплуатации которой и поиску научно-обоснованных решений технологического характера и посвящено данное исследование автора.

Результаты представленного автором в данной монографии исследования показывают, что эксплуатация современных ВС с цифровым бортовым комплексом в условиях низких и экстремально низких температур наружного воздуха –40° С и ниже приводит к возникновению ряда специфичных для данных климатических условий проблем, таких как увеличение времени готовности при выведении ВС после длительного безангарного времени стоянки. Подтверждено также возрастание параметра потока отказов в ряде систем: гидравлической, шасси, системах электрогенерации, силовых установок и особенно системе авионики и водяной системе, – тем самым создается проблема поддержания требуемого уровня летной годности воздушных судов (ВС).

Опыт 30-летней эксплуатации ВС западного производства в нашей стране показывает, что проблемы их адаптации к условиям низких и экстремально низких температур Сибири, Якутии, Крайнего Севера и Арктики не решены как в практическом, так и в общесистемном плане. На протяжении всех этих трех десятилетий через парки российских авиакомпаний прошло более тысячи магистральных воздушных судов западного производства нескольких поколений.

Несмотря на успешно решенные сложные вопросы организации летной эксплуатации, подготовки летного состава, выполнения всего комплекса текущего технического обслуживания и ремонта, эксплуатация в рейсовых условиях самых массовых среднемагистральных ВС с цифровым бортовым комплексом авионики семейства *Airbus A320F* и *Boeing 737NG* сопровождалась частыми сбоями в расписании, отменой рейсов и вынужденных уходов на запасные аэродромы. В основе проблемы лежат ограничения в диапазонах минимальных эксплуатационных температур, изначально установленных производителями ВС и соответствующих климатическим условиям регионов эксплуатации с умеренным климатом и в целом удовлетворяющих требованиям эксплуатантов на континентах, включая север Европы и Северную Америку, где достаточным температурным ограничением считалось и считается –40° С.

Более остро проблемы в эксплуатации среди российских эксплуатантов стали возникать к середине 2000-х в связи с массовым выходом на воздушные трассы Западной и Восточной Сибири, а также Дальневосточного региона значительного количества неподготовленных к эксплуатации в условиях низких температур ВС семейств *Airbus A320F* и *Boeing 737NG*. Взятые в лизинг из регионов предыдущей эксплуатации различных по климату

континетов мира, включая Африку, Юго-Восточную Азию, Ближний Восток и Южную Америку, выше упомянутые типы ВС не были адаптрованы к российским климатическим условиям. В большинстве своем данные типы ВС не имели выполненных доработок и сервисных бюллетеней для низкотемпературной эксплуатации. Это также касалось и не соответствующих новым климатическим условиям диапазонов предельно низких температур, которые указаны в эксплуатационной документации. В отличии от этих ВС, взятых со вторичного рынка, вновь произведенные самолеты по заказу авиакомпании *Аэрофлот* и позже *S7,* были адаптированы для условий эксплуатации в РФ с установкой доработок в рамках так называемого зимнего пакета – *Cold Wheather Package*. Стоимость установки этого пакета обходилась в несколько сотен тысяч долларов, в зависмости от типа ВС и глубины доработок, но многие авиакомпании, арендовавшие воздушние суда в операционный лизинг на 3–5 лет, считали их выполнение экономически нецелесообразным, в результате отмечены многочисленные сообщения в прессе и медиа о ситуциях сбоя с самолетами семейств *Airbus A320F* и *Boeing 737NG* и др. из-за их неадаптивности к низким температурам. Вот некоторые из них:

07:54 13.12.2012 (обновлено: 18:23 29.02.2020)
Летевший в Новосибирск самолет из-за сильного мороза сел в Кемерово

НОВОСИБИРСК, 13 дек – РИА Новости, Дмитрий Михалев. *Пассажирский самолет Airbus A320 «Уральских авиалиний», выполнявший рейс Москва – Новосибирск в четверг утром, ушел на запасной аэродром в Кемерово из-за аномально низкой температуры воздуха в Новосибирске, сообщил РИА Новости представитель авиакомпании в новосибирском аэропорту «Толмачево» Андрей Демченко. Представитель аэропорта уточнил, что в ночь на четверг минимальная температура воздуха на территории «Толмачево» составила минус 42 градуса, что не является рекордом. Максимально низкая температура была зафиксирована 6 января 2001 года – минус 47 градусов.*
Источник РИА Новости
Летевший в Новосибирск самолет из-за сильного мороза сел в Кемерово – РИА Новости, 29.02.2020 (ria.ru)

Опубликовано: 28.01.2013, 14:12 – Пассажиры ямальской авиакомпании застряли в аэропорту «Рощино»: замерзла гидросистема самолета

Пассажиры авиакомпании «Ямал» сидят в тюменском аэропорту Рощино и не могут вылететь в окружную столицу. Причина – замерзла гидросистема самолета. «Мы получили питание, но это не решает проблему: многие здесь провели уже по десять часов», – рассказал пассажир Евгений Коваленко.

«Это проблема всех авиакомпаний в холодное время. Как только судно будет готово, оно вылетит в Салехард», – пояснил ИА «Север-Пресс» заместитель коммерческого директора авиакомпании Илья Лебедев. По словам представителя компании, если наладить работу не удастся, пассажиров отправят на запасном самолете.
Источник: сайт «Fedpress.ru»

22.12.2014 – Из-за 50-градусного мороза и тумана в аэропорту Якутска задержаны семь рейсов

Как сообщается на сайте аэропорта, семь авиарейсов, в том числе в Москву, задержаны в аэропорту Якутска из-за тумана и 50-градусного мороза.

Утром в понедельник температура воздуха в районе аэровокзала составила 51 градус мороза, кроме того, опустился густой туман.

«По состоянию на 12:30 местного времени 22 декабря зафиксировано семь задержек рейсов из-за сложных метеорологических условий», – информирует аэропорт.

Задержаны рейсы в Москву (Домодедово), Чокурдах, Усть-Нера, Белая гора, Тикси.
Источник MK.RU.
Из-за 50-градусного мороза и тумана в аэропорту Якутска задержаны семь рейсов – МК (mk.ru)

19 декабря 2016 – Аномальный холод стал причиной отмены авиарейсов

Сегодня отменены авиарейсы Салехард – Ноябрьск. Причина – аномальный холод. В этом направлении летают самолеты CRJ 200. Борт идет маршрутом Тюмень – Ноябрьск – Салехард и снова Тюмень. Как нам пояснил специалист производственно-диспетчерской службы аэропорта Ноябрьска, CRJ 200 могут летать только до минус 40 градусов. А сегодня столбики термометров упали до 50 мороза. Несмотря на сильную стужу, аэропорт принял несколько рейсов. Из Москвы прилетел Сухой Суперджет и Боинг. Они могут летать до минус 54 градусов. Рейсы Ноябрьск – Салехард и обратно должны возобновить 21 декабря. Полетит самолет Сухой Суперждет авиакомпании Ямал.
Источник: Вести-Ямал – http://vesti-yamal.ru/ru/vjesti_jamal/anomalnyiy_holod_stal_prichinoy_otmenyi_ aviareysov_salehard_-_noyabrsk159230#t20c

20 декабря 2016, 09:26 – Массовая задержка авиарейсов произошла в ХМАО из-за 40-градусных морозов

ЕКАТЕРИНБУРГ, 20 декабря. /ТАСС/. *Массовая задержка авиарейсов произошла в Ханты-Мансийском автономном округе-Югре (ХМАО-Югре) из-за 40-градусных морозов, соответствующая информация приводится на онлайн-табло аэропортов югорских городов.*

В частности, задерживаются на прилет в Сургут самолеты из Тюмени и транзитный рейс из Красноярска, еще семь рейсов задержаны на вылет.

«Транзитный рейс Томск – Красноярск – Иркутск должен был вылететь в 2:00 мск, транзитный рейс Екатеринбург – Самара – Нижний Новгород должен был вылететь в 4:55 мск. Также задержаны самолеты в Новосибирск (4:35 мск) и Тюмень (5:00 мск), все они вылетят в 9:30 мск. Кроме того, рейс в Москву задержан на 5 часов и вылетит в 11:30 мск, транзитный рейс в Казань – на 4 часа, до 12:00 мск, а транзитный рейс Томск – Красноярск – на полтора часа, до 12:40 мск», – говорится в сообщении сургутского аэропорта.

Кроме того, из-за погоды задержан вылет из Нижневартовска в Москву, транзитный рейс в Краснодар – Казань отложен до 22 декабря, а рейс в Корлики (село в Нижневартовском районе ХМАО) – до 24 декабря. Соответственно, отложены обратные рейсы, также отложены два рейса из Москвы. «Кроме того, на неопределенный срок

отложены вылеты трех рейсов из Ханты-Мансийска в Тюмень, Екатеринбург и югорское село Кондинское, прибытие самолетов из Екатеринбурга, Тюмени и Нижневартовска», – уточнили в аэропорту Ханты-Мансийска.

© Донат Сорокин/ТАСС

Массовая задержка авиарейсов произошла в ХМАО из-за 40-градусных морозов – ТАСС (tass.ru)

22 декабря 2016, 10:49 – Около 20 авиарейсов в Югре и на Ямале перенесено и отменено из-за 50-градусных морозов

ЕКАТЕРИНБУРГ, 22 декабря. /ТАСС/. *Около 20 авиарейсов в Ханты-Мансийском автономном округе-Югре (ХМАО-Югра) перенесено и отменено в четверг из-за почти 50-градусных морозов. Об этом корреспонденту ТАСС сообщили в аэропортах Ханты-Мансийска и Нижневартовска.*

«У нас отмены рейсов пока нет, есть перенос по времени из-за морозов. Шесть рейсов перенесено, это и прилет, и вылет: Тюмень, Нижневартовск, Екатеринбург и другие направления. У нас сейчас минус 47 градусов», – сообщили в аэропорту Ханты-Мансийска.

По данным онлайн-табло аэропорта Нижневартовска, перенесено на прилет пять рейсов и еще семь рейсов на вылет.

Рейс из Екатеринбурга в Салехард и Новый Уренгой также задерживается из-за метеоусловий. В Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО) уже четвертые сутки стоят морозы около –50 градусов. По данным справочной аэропорта Салехарда, утром было несколько задержек на вылет вертолетам и самолетам, сейчас, как отмечается, ситуация нормализовалась.

© Марина Лысцева/ТАСС,

Около 20 авиарейсов в Югре и на Ямале перенесено и отменено из-за 50-градусных морозов – ТАСС (tass.ru)

Все вышеописанные события подтолкнули автора данной монографии к проведению более глубокого исследования проблемы, анализу и систематизации наработок из собственного многолетнего опыта эксплуатации отечественных и зарубежных воздушных судов, практики их испытаний и исследований в реальных условиях экстремально низких температур. В результате проведенной глубокой научной и аналитической работы по систематизации и обобщению полученных данных было выполнено диссертационное исследование, разработан и научно обоснован метод поддержания летной годности воздушных судов с бортовым цифровым комплексом авионики в условиях экстремально низких температур. Получен патент на изобретение устройства для поддержания температуры в отсеке авионики современных воздушных судов с цифровым бортовым комплексом. Данный научный труд лег в основу представленной авиационному сообществу монографии автора.

Возвращаясь к вышеприведенной и в целом неутешительной статистике событий, необходимо подчеркнуть, что данная проблема особенно актуальна для эксплуатантов самых распространенных среднемагистральных самолетов семейства *Airbus A320* и *Boeing 737NG*, география полетов которых в РФ наиболее широка. В то время как для авиакомпаний, эксплуатирующих современные широкофюзеляжные ВС, такие как *Airbus A330/A350 или Boeing B777* преимущественно на дальнемагистральных маршрутах из Москвы, данный вопрос не актуален, так как благодаря сезонной волатильности спроса данные ВС выполняют рейсы в аэропорты с экстремально низкими температурами только в летний период. При этом отсутствует также необходимость их базирования в условиях вышеупомянутых аэропортов. Кроме того, *Airbus A330 и Boeing B777* имеют ограничения эксплуатационных температур в его нижнем диапазоне до –40° С, в то время как интересно прописана формулировка ограничений в *Карте данных* новейших *Airbus A350,* звучащих как «Ограничения температуры наружного воздуха для выполнения взлета и посадки»:

– «Эксплуатация самолета *A350-941* разрешается при температуре наружного воздуха у земли не ниже минус 40° С и не выше плюс 55° С»;

– «Разрешается выполнение взлетов и посадок с кратковременной стоянкой в течение интервала времени, не превышающего 180 минут при температуре наружного воздуха у земли до минус 48° С».

То есть в отличие от других типов ВС, *Картой данных A350-941* разделено понятие выполнения транзитных рейсов с разворотом и нахождением до 3 часов при температуре до –48° С и эксплуатации до –40° С, что можно трактовать как возможность базовой эксплуатации с длительными стоянками в условиях пограничных диапазонов между низкими и экстремально низкими температурами.

По существующей нормативной практике, допустимые диапазоны эксплуатационных температур определяются по результатам климатических испытаний и подтверждаются совместно производителями и сертификационным органом в лице *АР МАК* (Авиационный регистр межгосударственного авиационного комитета) выпуском дополнения к сертификату типа воздушного судна и *Карты данных*. Так, для самых массовых пассажирских ВС семейства *Airbus A320* в их базовой комплектации со времени поступления в эксплуатацию в российские авиакомпании в начале 2000-х годов были установлены ограничения условий эксплуатации до температуры в –40° С. Данное ограничение касалось ВС с обоими типами двигателей *CFM56A* и *IAE V2500* на основании

базовой сертификации европейскими авиационными властями *EASA* (ранее французскими авиационными властями *DGAC*) [2, 73, 83].

После подписания договора поставки в 2002 году в Аэрофлот первой партии из 18 новых ВС семейства *Airbus A320, A319, A321* с двигателями *CFM56A* для компании *Airbus* технологически стало необходимым расширение диапазона эксплуатационных температур для обеспечения полетов в аэропорты Урала и Сибири. Кроме того, это стало коммерчески целесообразным для дальнейшего маркетингового продвижения семейства *Airbus A320* по РФ и СНГ, так как следущими эксплуатантами этого типа стали *«Уральские Авиалинии»* с базированием в Екатеринбурге, авиакомпания *«S7»* с базированием в Новосибирске. Документально расширение диапазона эксплуатационных температур до –46° С было оформлено выпуском обновленной *Карты данных* МАК в конце 2004 года на основании проведенных климатических испытаний по программе *Cold Soak Test* в Якутске в феврале 2004 (при непосредственном участии автора данной монографии) с внедрением специально разработанной модификации *Airbus Mod.154702 (Cold Weather Package-I).* Но, как показала дальнейшая практика эксплуатации, этого диапазона стало так же недостаточно для выполнения полетов в города Западной и Восточной Сибири, где зимние температуры опускались ниже –46° С или, как в случае с Якутском, ниже –50° С (см. приложения 2, 4).

Только в феврале 2014 года, после неоднократных обращений российских авиакомпаний из-за многочисленных отмен рейсов и уходов на запасные аэродромы (примеров, приведенных выше) и при поддержки Росавиации, компания *Airbus* разработала новый пакет модификаций *Mod.155935 (Cold Weather Package-II),* которые сопровождались внесением дополнений к руководствам по летной и технической эксплуатации – *AFM, FCOM, AMM*. Данный пакет модификаций, наряду с обновленной *Картой Данных* МАК, расширял предельный эксплуатационный диапазон температур семейства *Airbus A320 до* –54° С с условием нахождения персонала на борту экипажа или тех. состава *(attended parking),* но не более 2 часов, что подразумевало обеспечение разворотных рейсов, но не постоянного базирования. Необходимо подчеркнуть, что данное расширение диапазонов эксплуатационных температур касалось только семейства *Airbus A320 (моделей – 211, 212, 214)* с двигателями производства компании *Snecma – CFM56A*. Относительно же семейства *A320 (моделей 231, 232, 233)* с двигателями *IAE V2500* производства *International Aero Engines – IAE,* ограничения по минимальной эксплуатационной температуре сохранялись в нижнем диапазоне до –40° С. Это объясняется тем, что компания *Airbus,* не получив ни одного коммерческого заказа от российских авиакомпаний на

поставку новых ВС с этими двигателями, не производила испытаний (*Cold Soak Trial)* самолетов в такой модификации. Это объясняется маркетинговым проигрышем своему единственному в этом сегменте конкуренту – компании *Snecma*. Так, компании *Snecma* (позже *Safran*) с ее удачным двигателем *CFM56A* и далее его улучшенной версии *Leap 1A,* устанавливаемые на *Airbus A320NEO (NEO-New Engine Option),* моделей – *251N* удалось практически монополизировать российский рынок поставок новых двигателей. По информации от *Snecma,* на конец 2017 года во всех авиакомпаниях РФ насчитывалось 918 двигателей *CFM56A (*более *450 ВС* семейства *A320 и Boeing 737)*, в отличие от порядка 30 двигателей *IAE V2500,* являющихся второй возможной опцией для установки на *ВС* семейства *Airbus A320CEO (CEO-Classic Engine Option).* Таким образом, на сегодняшний день все немногочисленные ВС семейства *Airbus A320 (моделей 231, 232, 233)* с двигателями *IAE V2500,* находящиеся в эксплуатации в нескольких российских авиакомпаниях, были получены со вторичного рынка, и их модернизация «зимними пакетами» *(Cold Weather Package)* под расширение диапазона эксплуатационных температур невозможна из-за ограничения доступа к услугам технологической и информационной поддержки со стороны производителя ВС и двигателя. При этом диапазон эксплуатационных температур *Airbus A320NEO* модели *271N* с двигателями разработки той же *International Aero Engines – IAE – PW1100,* единственным эксплутантом в РФ которых является *S7,* после поставки, так же как и *Leap 1A,* получил диапазон до –54° С с ограничением нахождения на земле до 2 часов с присутствием персонала на борту *(attended parking).* Это может объясняться тем, что данные ВС были произведены *Airbus* по заказу авиакомпании с заблаговременным выполнением модификаций *Mod.155935 (Cold Weather Package)* для ожидаемых условий эксплуатации (см. приложения 12, 13, 14).

И если в отношении воздушных судов производства *Airbus* семейства *A320* пределы диапазонов эксплуатационных температур хотя и не сразу, с разными интервалами по времени и температурам, начиная с –40° С и до –54° С, все-таки определены и зафиксированы, то в отношении другого массового семейства в системе гражданской авиации РФ – самолетов *Boeing B737NG* – процесс верификации допустимых температурных минимумов шел не так гладко и до сих пор по некоторым позициям остается с неоднозначными трактовками. Дело в том, что изначально, в конце 90-х годов, при поступлении в авиакомпании РФ первых ВС семейства *Boeing B737NG* со вторичного рынка и с самых разных континентов, использовался график в *AFM (Airplane Flight Manual), D631A001* одобренный *FAA* 14 мая 2001 года *(Federal Aviation Authority* – Федеральные авиационные власти США) на основании изначального

документа от марта 1998 года *(Original D6-81416-3 released March 1998)* (см. приложения 20-22). Но как выяснилось позже, использование данного графика российскими авиакомпаниями было ошибочным. График в документе *AFM D631A001* был одобрен и валидирован *FAA (effectivity FAA),* обговаривал выполнение взлетов и посадок до –54° С – *take off and landings limits* для руководства эксплуатантами ВС, зарегистрированных в США или в странах, на которые распространяются регуляторные требования *FAA* (см. приложения 20-22). Кроме того, данный график не подразумевал базовую эксплуатацию, так как не был основан на результатах климатических сертификационных испытаний под эгидой Авиарегистра МАК с обязательным последующим выпуском дополнения к сертификату типа и новой *Карты данных* Авиарегистра и с внесением соответствующих обновлений в летно-техническую эксплуатационную документацию.

Ситуация прояснилась только при поступлении в сентябре 2013 года первой партии новых *Boeing B737-800NG* по заказу Аэрофлота, когда обнаружилось, что кастомизированная *(Customized)* под данного заказчика *(Аэрофлот*) летно-техническая эксплуатационная документация *AFM, FCOM, AMM* обговаривает процедуры и ограничение диапазона эксплуатационных температур не ниже –40° С, что на тот момент соответствовало реальному сертификационному статусу данного типа ВС в РФ, зафиксированного в *Карте данных* Авиарегистра МАК на основании ревизии 2 к приложению *S1AR AFM* документа *D631A001* (*Revision 2 to Supplement S1AR to D631A001 dated 01-12-10)* [3, 52, 90] (см. приложения 20-22). Выявив это несоответствие и строго следуя данному ограничению, авиакомпания «Аэрофлот» с конца 2013 года не стала больше планировать *Boeing B737-800NG* для полетов в зимнее время в аэропорты Западной и Восточной Сибири и тем более в Якутск. Для выполнения рейсов по этим направлениям в зимнее время продолжали использоваться только *BC* семейства *Airbus A320,* имеющие на тот момент ограничение диапазона эксплуатационных температур до –46° С и оборудованные пакетом модификаций *Mod.155935 (Cold Weather Package),* предусматривающих наличие обогрева водяной системы и другие необходимые доработки по системам ВС. Рейсы на Якутск также были перепланированы на *Airbus A320,* несмотря на необходимость выполнения промежуточной посадки в Новосибирске. Необходимо подчеркнуть, что на то время, до поступления в авиакомпании РФ новейших *Airbus A320 NEO* с увеличенной дальностью до 7,5 часа полета за счет установки высокоэкономичных двигателей *Leap 1A и Pratt&Whittney PW1100,* единственным узкофюзеляжным типом ВС, способным выполнять беспосадочные 6,5-часовые рейсы, например из Москвы и обратно, были ВС

Boeing B737-700/800NG, перевозившие при этом до 158 пассажиров в двухклассной компоновке.

Выявленная казуистика в связи с неоднозначной трактовкой применимости графика предельных температур от *FAA* (–54° С – *take off and landings*), приведенного в летно-технической документации от производителя ВС компании *Boeing,* поставила вопросы по легитимности применения «*D631A001 FAA approved 07-21-10»* российскими эксплуатантами (см. приложения 20-22) Подтвержденные же официально ограничения до –40° С продолжали существенно влиять на регулярность выполнения рейсов авиакомпаниями, приводили к задержкам и отменам рейсов из-за необходимости ожидания повышения температуры. Кроме того, официально закрепленный в *Карте данных* Сертификата типа допустимый диапазон с ограничениями до –40° С значительно ограничивал возможность постоянного базирования и эксплуатацию данных типов ВС в регионах с низкими и полностью исключал эксплуатацию в регионах с экстремально низкими температурами от –42 до –54° С.

По результатам многосторонних обсуждений на совещании в Росавиации в начале декабря 2014 года (автор данной монографии участвовал в обсуждениях) представителями компании *Boeing* было признано, что представленный в *AFM* семейства *Boeing 737NG* документ *D631A001* и его критерии отвечают сертификационным требованиям только держателя сертификата типа ВС – авиационной администрации *США (FAA)* (см. приложения 20-22). Представленный в документе график температур с валидацией *FAA* от 14 мая 2001 года, обговаривающий взлеты и посадки (*take off and landings limits*) до указанных значений в –54° С, не должен был и не может быть принят к руководству российскими эксплуатантами данного типа, так как распространяется только на ВС находящихся в юрисдикции *FAA.* Таким образом, единственно легитимно подтвержденным *Картой данных* МАК на тот момент являлось ограничение в –40° С. На основании этого Росавиацией было принято решение о постановке задачи производителям ВС компании *Boeing* и двигателей *CFM56A* компании *Snecma* о необходимости проведения дальнейшей работы с заинтересованными авиакомпаниями, организациями по ТОиР и сертификационными органами РФ по расширению диапазона эксплуатационных температур ниже –40° С [35, 45, 50, 51, 52] (см. приложение 19).

Ввиду срочности вопроса компанией *Boeing* было принято решение не проводить новый комплекс натурных климатических испытаний в Якутии, а проанализировать и обобщить реальный опыт и статистические данные трех российских авиакомпаний, *«Трансаэро», «Глобус» и «Якутии»,* которые они любезно согласились предоставить. Как выяснилось, на протяжении многих лет данные авиакомпании эксплуатировали семейство ВС *Boeing B737NG* в

условиях Западной и Восточной Сибири, а также Якутии, ошибочно руководствуясь вышеупомянутым графиком *FAA,* позволяющим производить взлеты и посадки до минимальной температуры в –54° С, несмотря при этом даже на ряд периодически возникающих эксплуатационных проблем [52] (см. приложения 20-22).

Таким образом, на основе предоставленной вышеупомянутыми эксплуатантами данного типа ВС информации, компанией *Boeing* было проанализировано более двухсот случаев в период с 2009 по 2014 г. превышения эксплуатационных температур в нижнем диапазоне –40° С, где была представлена следующая статистика:

– средняя температура на вылете определена как: – 43,9° С;
– минимальная температура при вылете составила: – 51,0° С;
– средняя температура по прибытии определена как: – 44,3° С;
– минимальная температура по прибытии составила: – 50,3° С;
– среднее время нахождения на холодной стоянке составило: 4 ч. 45 мин.;
– максимальное время нахождения на холодной стоянке: 48 часов.

В результате проведенного анализа и обобщений эксплуатационного опыта трех вышеупомянутых авиакомпаний уже в конце декабря 2014 года *Boeing* представил разработанные процедуры ТО в условиях экстремально низких температур – *Extreme Cold Weather Maintenance / Servicing Procedures*, которые позволяли самолетам семейства *Boeing 737NG* находиться на земле до 3 часов при температуре до –50° С на основании ревизии 3 к приложению *S1AR AFM* документа *D631A001* (*Revision 3 to Supplement S1AR to D631A001 dated 12-19-14*), одобренной технической документации *AMM – Aircraft Maintenance Manual* и *Карты данных* к сертификату типа «КДСТ_FATA-01023A_изд.03 пункт 2.21.1.». Обязательным условием при выполнении разворотного рейса было предписано присутствие квалифицированного персонала на борту, экипажа или технического состава в режиме так называемой *attended parking* [3, 52] (см. приложения 23-26).

Найденные решения оперативного характера позволили *де юре* закрыть вопрос по выполнению разворотных рейсов (*транзитных*) в самых экстремально холодных аэропортах регионов Западной и Восточной Сибири до температуры –50° С, но так же, как и в случае с самолетами *Airbus семейства A320,* для полетов в зимнее время в Якутск возникли вопросы о необходимости расширения диапазона до температуры до –54° С. Триггером послужило очередное снижение температуры до –65° С в некоторых районах Республики Саха (Якутия) на несколько месяцев зимой 2020/2021года, а в столице Якутии – до –54° С, что превышало выше установленный допустимый минимум для *Boeing 737NG* в –50° С на 4 градуса Цельсия. Ввиду данного ограничения,

авиакомпании, в частности базовая авиакомпания «Якутия», имевшая на то время в своей основе флот из 7 ВС *Boeing 737-700/-800 NG,* испытывала и испытывает значительные трудности в части регулярности выполнения полетов в/из аэропорта «Якутск». Экипажи воздушных судов на подходе к Якутску, получая от метеослужбы информацию о понижении температуры ниже допустимого значения в –50° С, сопровождающегося также снижением видимости ниже предельных 550 метров, вынуждены были принимать решения об уходе на основной запасной аэродром Нерюнгри для ожидания повышения температуры выше указанного предела.

В то же время необходимо отметить, что во флоте АО «Авиакомпания "Якутия"» имеются современные воздушные суда с бортовым цифровым комплексом авионики *Суперджет SSJ100* и канадские *Bombardier Dash 8 Q300,* но сертифицированные до –54° С Цельсия. Так же, как десятилетиями себя зарекомендовавшие в любых климатических условиях ВС отечественного производства *Ан-24 / Ан-26,* они успешно эксплуатируются в условиях экстремально низких температур Якутии, Крайнего Севера и Арктики, выполняя полеты в аэропорты Арктических районов, таких как Тикси, Певек, Полярный, Черский, Чокурдах, а также Среднеколымск, Батагай, Усть-Нера и многих других в Арктической зоне и центральной части Республики Саха (Якутия).

В таких экстремальных климатических условиях и критически сложившихся обстоятельствах воздействия двух ограничивающих факторов – предельно допустимой температуры и видимости, экипажи выполняющих полеты в Якутск авиакомпаний вынуждены уходить на запасные аэродромы или отменять рейсы. В то же время республиканская базовая авиакомпания «Якутия» применяла и применяет практику вывоза застрявших на запасном аэропорту Нерюнгри пассажиров, направляющихся на *Boeing 737-700/-800 NG* рейсами из Москвы или Санкт-Петербурга в Якутск, организовывая дополнительные рейсы, используя *Суперджет SSJ100*, *Bombardier Dash 8 Q300* и *Ан-24*, сертифицированные, как было сказано выше, до –54° С. В сложившихся условиях эксплуатации такая практика, сопровождаемая вынужденными уходами на запасные аэродромы с последующей организацией вывозных рейсов, сопряжена со значительными непредвиденными издержками для авиакомпании и неудобствами для пассажиров.

В качестве решения данной проблемы и обеспечения выполнения, по крайней мере, разворотных рейсов ВС *Boeing 737-700/-800* в начале 2021 года авиакомпания «Якутия» инициировала обращение к производителю данных ВС компании *Boeing* и в Росавиацию с просьбой о необходимости расширения диапазона эксплуатационных температур до –54° С зарегистрированных на тот момент в авиационных властях Бермудских островов (*BCCA – Bermuda*

Civil Aviation Authority), на которых поддерживается сертификат типа *FAA*. Но в сложившихся условиях разрыва взаимоотношений с международными участниками процесса из-за введенных против нашей страны незаконных санкций и последовавшей вынужденной перерегистрации всего парка ВС в Российский реестр с разрывом соглашения *83 bis* вопрос внесения изменений в *Карту Данных* или выпуска дополнительного сертификата типа находится только на российской стороне. Тогда как для обоих основных типов в отечественной авиатранспортной системе ВС *Airbus A320 и Boeing 737-700/-800 NG* остаются нерешенными системные вопросы поддержания летной годности с обеспечением длительных ночных стоянок и тем более постоянного базирования в аэропортах с экстремально низкими температурами от –42° С и –46° С ВС *B737 и A320* соответственно.

Таким образом, на сегодняшний день согласно *Картам данных* диапазоны эксплуатационных температур этих двух ВС звучат следующим образом:

Семейство Airbus A320:

1.17. Ограничение по температуре воздуха у земли для выполнения взлета и посадки.

1.17.1 Эксплуатация самолетов A320-231, A320-232 и A320-233 разрешается при температуре наружного воздуха у земли не ниже –40° С.

1.17.1 Эксплуатация самолетов A320-211, A320-212, A320-214, A320-251NEO и A320-271NEO разрешается при температуре наружного воздуха у земли не ниже –46° С при условии внедрения модификации 154702.

1.17.2 При невыполнении условий, указанных в п. 1.17.2, эксплуатация самолетов A320-211, A320-212, A320-214, A320-251NEO и A320-271NEO разрешается при температуре наружного воздуха у земли не ниже –40° С.

1.17.4 Разрешается выполнение взлетов и посадок самолетов A320-214, A320-232, A320-233, A320-251NEO и A320-271NEO с кратковременной стоянкой в течение интервала времени, не превышающего 2 часа, при температуре наружного воздуха у земли до –54° С при условии внедрения модификации 155935.

1.17.4 Максимальная температура наружного воздуха у земли для выполнения взлетов и посадок указана в A319/A320/A321 Airplane Flight Manual (раздел «Ограничения») EASA.

Семейство Boeing 737-700/800:

22. Эксплуатационные ограничения согласно *Карты Данных Boeing 737-700*/800 *NG*

– Эксплуатация самолета разрешается при температуре наружного воздуха у земли не ниже –50° С и не выше +50° С.

Примечание: при температуре наружного воздуха у земли ниже –42° С время пребывания на земле между посадкой и взлетом ограничено 3 часами при обязательном выполнении процедур обслуживаемой стоянки, указанных в Aircraft Maintenance Manual.

Критическая ситуация, но уже на новом витке понижения температур, повторилась зимой 2022/2023 гг., когда в течение января 2023 года температура, например, в некоторых районах Якутска периодически опускалась до –60…–62° С, а в аэропорту Якутска – до –57° С, что опять же явилось причиной отмен и задержек рейсов как по центральному, так и по республиканскому расписанию полетов. Кроме того, в нескольких аэропортах центральной Якутии, таких как Саскыллах, Среднеколымск, Усть-Нера и др. при снижении температуры до –59° С вступили ограничения и для *Ан-24 / Ан-26, Bombardier Dash 8 Q300,* сертифицированных до –54° С.

Принимая климатические условия Якутии и других районов Крайнего Севера и Арктики как данность, правомерным ставится вопрос о поиске оптимального, научно обоснованного и технологически выверенного решения. Безусловно, предпочтительным вариантом решения вопроса в условиях аэропортов базирования с доминирующими экстремально низкими температурами могло бы стать проведение ТО или даже хранение ВС в теплых ангарах. Однако при наличии значительного парка ВС обеспечение ангарными мощностями, кроме как для проведения ТО, экономически подразумевает высокие затраты как на постройку достаточного количества ангаров, так и на их содержание и обогрев. При этом необходимо учесть, что воздушные суда второго и третьего классов, такие как *Ан-12, Ан-26, Ан-24, Як-40, Л-410 и Ан-2* (*ранее Ли-2, Ил-14 и др.*), в советское время имели постоянное базирование в удаленных аэропортах Арктической зоны практически без ограничений и при полном отсутствии ангаров, даже для периодических форм ТО, не говоря уже об ангарах для хранения ВС. Такое понятие отсутствовало априори. Кроме того, грузовые *Ил-76ТД* на протяжении долгого времени базировались, например, в Якутске и около двух лет в Нерюнгри с безангарным с выполнением всего регламента периодических и оперативных форм ТО, где сложные процессы

технической эксплуатации, включая замены силовых установок не прерывались в Якутске даже при –60…–62° С и при температурах до –53° С в Нерюнгри соответственно, используя только локальные средства подогрева *УМП-350 и др.*

Для глубокого анализа при поиске решений, определении и постановке задач исследования необходимо указать на немаловажный факт, или иначе – обстоятельства современного периода времени, характеризующиеся сменой технологического уровня развития авиационной техники и ее элементной базы. Прошло более тридцати лет после постепенной смены поколений с аналоговых на воздушные суда с цифровым бортовым комплексом как отечественной разработки, так и ВС зарубежного производства. При оценке степени резистентности систем ВС, конструктивно выполненных на аналоговой и цифровой базах, необходимо указать на принципиальное конструктивное отличие в организации непосредственно самих систем, где принципиальным преимуществом в конструкции современных воздушных судов является объединение разрозненных, иногда разных по назначению и выполняемым задачам систем и приборов бортового радиоэлектронного оборудования – *БРЭО,* в бортовой цифровой комплекс авионики. Продолжающийся технологический процесс такого конструктивного объединения в цифровые бортовые комплексы продолжается, апогеем на сегодняшний день можно назвать концепцию *ИМА* – интегрированной модульной организации авионики *(IMA – Integrated Modular Avionics).* В отличие от этого на воздушных судах аналогового исполнения *БРЭО* или авиационное и радиоэлектронное оборудование – *АиРЭО,* в основном располагалось разрозненно в разных отсеках или местах установки без объединения в единый комплекс хотя бы по набору близких по функционалу задач и, соответственно, без охвата единой системой охлаждения или обдува. В случае же с современными бортовыми комплексами и в свете решения задач по поиску оптимального решения по обеспечению температурной надежности функционирования наличие единой конструктивной организации в отсеках авионики с единой системой обдува является ключевым фактором при выполнении данного исследования автора.

В свою очередь, поставленный в исследовании и глубже развернутый в монографии акцент на системах авионики не умаляет значение обеспечения надежной низкотемпературной эксплуатации других систем воздушного судна или его силовых установок. Но в данном случае надо признать, что, как показывает практика и многодесятилетний опыт, проблемы эксплуатации механических систем, топливной, водяной, гидравлической, воздушной, в большинстве своем решены или имеют достаточно отработанный алгоритм их ре-

шения. Проблемы с течью в гидравлической и в топливной системах или проблемы отказов в системах управления механизацией крыла, рулевых поверхностях хвостового оперения, системах управления шасси решаются подбором морозоустойчивых материалов для уплотнений, смазок и использованием рабочих жидкостей, имеющих соответствующий экстремально низким температурам сертифицированный диапазон их эксплуатации. Самолеты семейства *Airbus A320,* например, оборудованы средствами электрического обогрева водяной системы трубопроводов и отработкой специально разработанных процедур для технического состава, что решает вопрос их эксплуатации до температуры –54° С.

То же касается силовых установок и сопряженных с ними систем, где сохранение работоспособности двигателя, кроме подбора и использования сертифицированных для низких температур масел, уплотнений, материалов в его конструкции, во многом зависит от низкотемпературной надежности его электронной системы управления, где преобладает концепция *FADEC – Full Authority Digital Engine Control* (рис. В3).

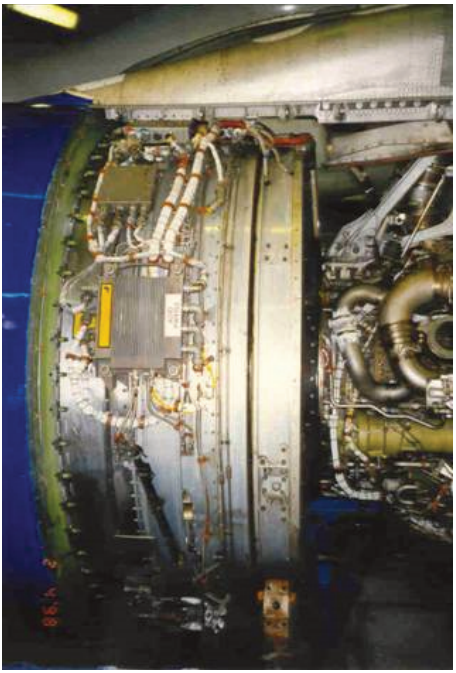


Рис. В3. *EEC – Engine Electronic Control* как основной процессор цифровой системы управления двигателем *PW4152 – FADEC (Full Authority Digital Engine Control)* обеспечивает устойчивый запуск и работу силовых установок до температуры –54° С

Электронный блок управления этой системы, а фактически и всего двигателя, *EEC – Engine Electronic Control* или в случае *Суперджет 100, DECU – Digital Engine Control Unit* достаточно устойчиво работает, имея для этого сертифицированный диапазон экстремально низких температур до –54° С, обеспечивая при этих температурах устойчивый запуск и работу двигателя.

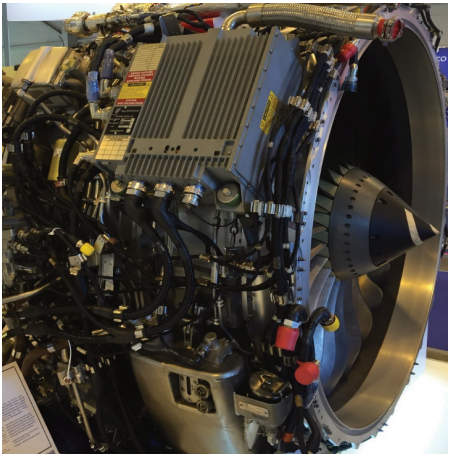


Рис. В4. *DECU – Digital Engine Control Unit* двигателя *SaM146 (SSJ100),* установленный непосредственно на двигателе, не требует дополнительного подогрева и обеспечивает устойчивый запуск и работу силовых установок до температуры –54° С

На самолетах *Airbus A310-324,* сертифицированных до температуры –54° С, в ВСУ может устанавливаться в маслосистему встроенный электрический нагревательный элемент, позволяющий обеспечить устойчивый запуск даже при экстремально низких температурах окружающего воздуха без использования внешнего подогрева (рис. В4). Особенностью одного из самых надежных грузовых самолетов в мире – отечественного *Ил-76* и его дальнейших модификаций, является наличие конструктивно встроенной централизованной системы подогрева всех четырех двигателей непосредственно отбором теплого воздуха от ВСУ, что обеспечивает этому незаменимому в Сибири и на Крайнем Севере тяжелому грузовому лайнеру мобильность и минимальное время готовности при эксплуатации даже с плохо оборудованных аэропортов, практически в любых климатических условиях.

Таким образом, для решения принципиальной комплексной задачи обеспечения устойчивой и бесперебойной эксплуатации современных самолетов западного производства и вновь создаваемой отечественной авиационной техники в условиях экстремально низких температур Восточной Сибири, Якутии и всего Крайнего Севера необходимо разделять три основных варианта условий их эксплуатации.

Первый вариант – как минимум возможность выполнения разворотных рейсов с ограниченным временем нахождения на земле до двух-трех часов с персоналом на борту и включенными системами ВС.

Вторым режимом эксплуатации является возможность постоянного базирования без ограничения времени нахождения на земле при выполнении оперативного и периодического ТО или хранения полностью обесточенного самолета на открытой площадке. Но для этого конструкция воздушного судна в целом должна отвечать ряду принципиальных требований полной резистентности экстремально низким температурам. То есть все системы ВС, планера, силовых установок и систем авионики изначально должны быть спроектированы специально под воздействие экстремально низких температур, что подразумевает использование сверхсовременных и дорогостоящих материалов, холодоустойчивых цифровых систем управления и индикации, а также их последующих многоуровневых испытаний по отдельности и в составе ВС в реальных климатических условиях и ожидаемых условиях эксплуатации. Кроме того, для некоторых узлов, цифровых систем управления и агрегатов ВС потребовалось бы наличие специально разработанных устройств локального подогрева для сохранения их теплового режима и работоспособности. Данный подход с разработкой полностью резистентного воздействию экстремально низких температур воздушного судна потребовал бы его оснащения более дорогостоящим и специально разработанным для данных климатических условий оборудованием или дополнительными системами создания теплового режима их функционирования, что в обоих случаях выливается в увеличение ценовых и весовых характеристик ВС. Тем более что необходимое количество таких ВС для нужд Крайнего Севера и Арктики, учитывая ограниченное количество авиакомпаний, оперирующих в этих регионах, относительно невелико. Поэтому ввиду отсутствия производства специализированных под Арктику современных ВС авиакомпании продолжают эксплуатацию оставшихся с советских времен в небольших количествах аналоговых ВС типа *Ан-2, Ан-24, Ан-26 и Л-410,* а также немногочисленных ВС европейского производства типа *ATR-42, ATR-72* и неплохо себя зарекомендовавших канадских *Bombardier* региональных типов *CRJ 100/200, Dash 8 Q200, Q300, Q400.* В отношении магистральных ВС большей вместимости и дальности в настоящий момент используется подход с использованием ВС стандартного, так сказать, общемирового исполнения, но с их предварительной адаптацией к регионам с низкими и экстремально низкими температурами через выполнение специальных доработок некоторых наиболее критичных систем и агрегатов с установкой так называемого зимнего пакета доработок *(Cold Weather Package).* Этот подход является

технологически менее сложным, экономически менее затратным и хотя бы частично решает проблемы выполнения транзитных рейсов, но не решает проблему более длительного межрейсового нахождения на земле или длительного базирования, эксплуатации в отрыве от базового аэродрома.

В качестве третьего варианта, как наиболее востребованного, можно определить возможность эксплуатации с обеспечением межрейсовых дневных и ночных стоянок на открытой площадке 12 часов и более, без персонала на борту, но с подключенной бортовой сетью, что для современных воздушных судов и их бортовых комплексов не является проблемой. Данный режим нахождения на земле наиболее востребован в аэропортах Арктической зоны с отсутствием сертифицированного технического персонала с допуском на данный тип ВС и при отсутствии ангаров необходимых размеров. Но в этом варианте самым актуальным становится поиск источника тепла для поддержания режима работоспособности на протяжении всего времени нахождения на земле без персонала на борту в аэропортах, где имеется только наземный источник электроэнергии для питания бортовой сети. При этом необходимо четко понимать, что обеспечение длительной стоянки с погружением и выводом полностью обесточенного самолета из замороженного состояния *(Cold Soak)* в диапазоне экстремально низких температур от –40° С до –54° С в состояние летной годности с подготовкой ВС в рейс в соответствии с руководством по технической эксплуатации – *AMM 12-32-00 (Cold Weather Operation)* предписывает выполнение данных операций сертифицированным техническим персоналом по данному типу ВС. В свою очередь деятельность сертифицированного технического персонала категории В1 и В2, способного выполнять операции согласно *AMM* с дальнейшим обеспечением выпуска подготовленного ВС в рейс *(CRS – certificate release to service)* согласно ФАП-246 *(Part 145)* подразумевает наличие сертифицированной линейной станции технического обслуживания, оборудованной всем необходимым по тем типам ВС, которые планирует использовать данный аэродром для выполнения регулярных полетов в условиях экстремально низких температур.

Данное условие для большинства авиакомпаний, в отличие от советского времени активной работы полярной авиации в Арктике, является невыполнимым или трудновыполнимым с экономической или технологической точек зрения. Исходя из этого, актуальным является поиск наиболее оптимального и технологически несложного метода поддержания теплового режима хранения воздушного судна штатным техническим персоналом аэропорта временного базирования, не имеющего квалификации В1 или В2 и допуска к самостоятельному ТО данного конкретного типа ВС соответственно.

Принимая эти обстоятельства в качестве исходных условий для постановки задач, мы возвращаемся к поиску технологического и научно обоснованного решения через конструктивное преимущество современных ВС с организацией авионики в единый комплекс. Расположенный в отдельном отсеке с компактной установкой компьютеров и блоков управления различными системами именуется бортовым комплексом авионики, который имеет главное технологическое преимущество – наличие единой интегрированной системы обдува всех вышеуказанных компонентов систем авионики. Изначально задуманная как система охлаждения компьютеров комплекса систем авионики, при эксплуатации воздушных судов в благоприятном североевропейском или североамериканском климате – эффективно обеспечивает эксплуатацию даже в экстремально жарких, до +55° С условиях базирования (например, *Airbus A350* в Катаре). Предложено, что система обдува современных ВС при смене условий эксплуатации в жарком климате на холодный может быть использована в обратном режиме, т. е. на обогрев тех же компьютеров и блоков комплекса авионики, охваченных единой системой обдува.

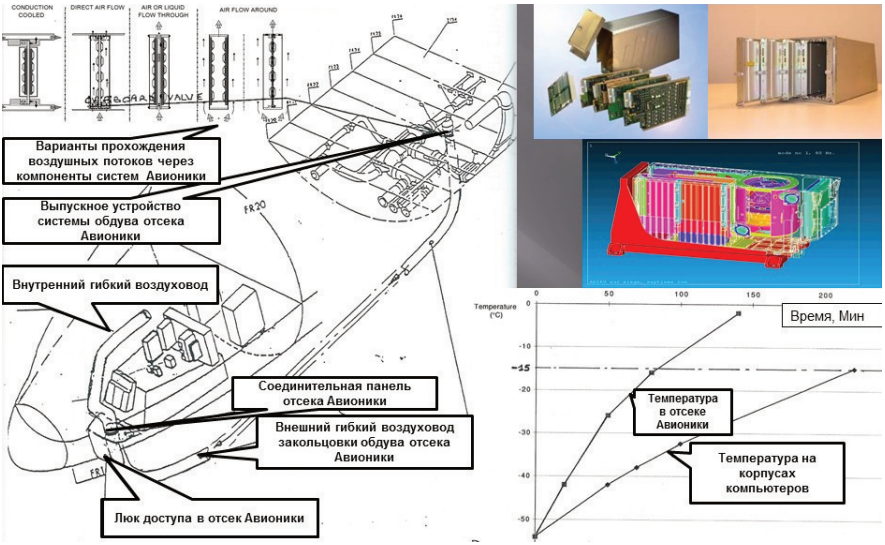


Рис. В5. Блок-схема единой интегрированной системы обдува авионики, изначально задуманная как система охлаждения компьютеров комплекса систем авионики. При отрицательных внешних температурах может служить средством поддержания температурного режима за счет выделяемого внутреннего тепла электронных компонентов

Автором данной монографии и диссертационного исследования доказано и экспериментально обосновано, что компьютеры комплекса авионики выделяют и отдают достаточное количество тепла в систему обдува, создавая тем самым положительный тепловой потенциал, в использовании которого и кроется инновационный подход в решении задачи сохранения работоспособности комплекса авионики и тем самым поддержания летной годности ВС в условиях экстремально низких температур.

Предложенный автором данной монографии метод тепловой компенсации с установкой внешнего воздуховода для обеспечения рециркуляции воздуха системы обдува оборудования отсека авионики в режиме без персонала на борту (*unattended parking*) получил авторский патент на изобретение (см. приложение 27).

Теоретические и научные основы разработки метода поддержания летной годности воздушных судов с бортовым цифровым комплексом в условиях экстремально низких температур

Глубокие теоретические и практические исследования общей проблематики влияния эксплуатационных факторов выполнены научно-исследовательскими институтами ГосНИИ ГА, ГосНИИ АС, ЛИИ им. М. М. Громова и МГТУ ГА. Решению задач поддержания летной годности, эксплуатационной технологичности, совершенствования процессов и процедур технической эксплуатации ЛА (летательных аппаратов) посвящены работы Е. Ю. Барзиловича, С. В. Далецкого, А. А. Ицковича, С. В. Кузнецова, С. П. Халютина, Н. Н. Смирнова, Ю. М. Чинючина и др.

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

Однако существенный пробел в современной науке имеется в изучении и поиске научно-практических решений обеспечения надежной эксплуатации и поддержания летной годности современных воздушных судов в условиях экстремально низких температур. Основоположниками научно-практических подходов к решению проблемы влияния экстремальных условий Крайнего Севера, Сибири и Арктики на воздушные суда стали отечественные ученые, такие как К. М. Шпилев, А. Б. Круглов, В. М. Рухлинский и другие, представляющие

Академию имени Жуковского и Московский институт инженеров гражданской авиации, ныне МГТУ ГА [61, 71].

Системная проблема эксплуатации современных ВС с цифровым бортовым комплексом в условиях экстремально низких температур состоит в потере надежности и работоспособности авионики и ряда других систем [21, 22, 77, 79, 80, 78, 86, 92, 107, 109].

Указанная проблема относится к таким ВС, как семейство *Airbus A320 (A319, A320, A321) и A330/A340/350/380* и др., где реализована полностью цифровая система электродистанционного управления – так называемая *Fly-by-Wire*, *Boeing B787, B777-200/300 и B747-8* и др., а также к российскому *SSJ 100*, к создаваемому *МС-21* и претерпевающему глубокую модернизацию *Ил-114,* в части комплекса авионики.

В условиях нерешенности проблемы надежности бортовых систем авиакомпании вынуждены избегать длительного нахождения и тем более ночных стоянок или базирования в безангарных условиях аэропортов Арктического региона, Западной и Восточной Сибири, Якутии [62, 77, 80].

Как ключевая и первоочередная выдвигается проблема расширения диапазона эксплуатационных температур, повышения и поддержания на заданном уровне надежности современных ВС и обеспечения их летной годности в условиях постоянного базирования при экстремально низких температурах до –54° С.

Решение указанных проблем предполагает использование научных, методических, технологических, аппаратурных, экспериментальных и системных исследований и разработку методов и практических решений обеспечения надежности эксплуатации цифровых воздушных судов в условиях экстремально низких температур Крайнего Севера, Сибири и Арктики.

Целью работы является решение научной задачи повышения надежности и уровня поддержания летной годности современных воздушных судов с бортовым цифровым комплексом авионики в условиях экстремально низких температур Крайнего Севера, Сибири и Арктики с постоянным базированием через решение следующих практических задач представленного в монографии исследования:

– анализ и классификация факторов, ограничивающих эксплуатацию цифровых воздушных судов в условиях экстремально низких температур;

– выполнение комплекса работ по климатическим испытаниям воздушных судов в условиях экстремально низких температур;

– выполнение теплофизических оценок по результатам испытания ВС, находящегося на открытой стоянке в условиях экстремально низких температур с определением температурно-временных параметров в зонах уязвимости;

– отработка моделей и расчетных методов надежности цифровых воздушных судов в условиях экстремально низких температур;

– отработка рекомендаций и перспективных решений обеспечения надежности эксплуатации воздушных судов отечественного и иностранного производства для условий экстремально низких температур.

Объект исследования – воздушные суда в условиях экстремально низких температур.

Предмет исследования – методы и принципы поддержания летной годности воздушных судов.

Теоретико-методологическая основа исследования включает:

– методы технической эксплуатации и обеспечения летной годности авиационной техники;

– физическое и математическое моделирование;

– теорию надежности;

– теорию сложных систем;

– системный анализ и экспертные оценки;

– теорию вероятности и др.

Научная новизна проведенного исследования состоит:

– в разработке метода климатических испытаний воздушных судов в условиях экстремально низких температур и разработке комплексного обоснования метода тепловой компенсации зон уязвимости;

– разработке аналитических соотношений закона охлаждения ВС, с описанием хода изменения температуры от времени при охлаждении воздуха внутри ВС в двух вариантах – при свободном охлаждении ВС на открытой стоянке и при использовании источников тепла;

– представлении теплофизических расчетов и оценок, с использованием которых показано, что экспериментальная зависимость изменения температуры ВС от времени при нахождении ВС на открытой стоянке в условиях экстремально низких температур отвечает закону Ньютона – Рихмана;

– установлении состава характеристик цифровых систем ВС в предельных температурных диапазонах, как предпосылки для моделирования и расчета надежности современных ВС;

– использовании физических подходов и расчетных методов, с помощью которых исследованы причины потери надежности и представлены расчетные методы оценки надежности современных ВС в условиях экстремально низких температур.

Практическая значимость полученных результатов состоит:

– в разработке научно-обоснованных, экономичных и простых в осуществлении аппаратурно-технологических решений обеспечения надежности современных цифровых воздушных судов для условий экстремально низких температур – метода тепловой компенсации зон уязвимости с использованием рециркуляции воздушных потоков;

– разработке перспективных решений обеспечения надежности отечественных воздушных судов для условий экстремально низких температур на основе реализованных решений на иностранных воздушных судах;

– разработке стандартов для эксплуатации самолетов *А310-300* с двигателями *Пратт & Уитни 4000* при экстремально низких температурах;

– разработке стандартов для эксплуатации самолетов *А319/А320/А321* с двигателями *CFM56A* при экстремально низких температурах;

– в разработке и реализации практических решений по модернизации водяной системы, что позволяет обеспечить работоспособность этой системы в условиях экстремально низких температур;

– выработке практических рекомендаций для эксплуатационных мероприятий ТОиР по времени, которое необходимо для восстановления безопасного теплового режима, путем качественного подогрева жизненно важных систем самолета и в особенности отсека авионики;

– выработке практических рекомендаций для разработчиков и производителей отечественных ВС;

– для ОАК и корпорации Иркут (ОКБ им. Яковлева) для учета в конструкции комплекса авионики, системы кондиционирования и функциональных систем *МС-21*;

– для ОАК (ОКБ им. Ильюшина) в формировании требований к конструкции и доработках функциональных систем и эксплуатационной документации по самолету *Ил-114* для летно-технической эксплуатации в зонах Арктики и Антарктики;

– для ОАК в определении общего конструктивно-оптимального предельного диапазона эксплуатационных температур ВС *МС-21 и Ил-114.*

Положения, составляющие результат исследования:

– метод натурных испытаний и результаты исследования влияния экстремально низких температур на бортовые системы и цифровой комплекс;

– теплофизическая модель и расчетные методы, по оценке интенсивности охлаждения бортовых цифровых комплексов и параметров тепловой компенсации;

– метод оценки надежности цифровых систем современных ВС в реальных условиях экстремального воздействия внешних климатических факторов;

– принцип и технологическое решение метода тепловой компенсации и результаты экспериментальной проверки его эффективности в реальных климатических условиях эксплуатации.

Проблема эксплуатации современных воздушных судов в условиях экстремально низких температур Крайнего Севера, Сибири и Арктики может быть решена с использованием системных комплексных решений, а также научно-технологических, методологических и экспериментальных подходов.

Логическое рассмотрение проблемы эксплуатации современных воздушных судов в условиях экстремально низких температур Крайнего Севера, Сибири и Арктики указывает на такую структуру задач:

– изучение состава и взаимосвязи факторов, ограничивающих эксплуатацию воздушных судов с цифровым бортовым оборудованием в условиях экстремально низких температур;

– экспериментальное исследование (испытания) воздушных судов в условиях экстремально низких температур;

– практические решения задачи расширения диапазона эксплуатационных температур воздушных судов в условиях экстремально низких температур;

– расширение диапазона эксплуатационных температур современных воздушных судов с цифровым бортовым оборудованием в условиях экстремально низких температур;

– математическое моделирование надежности современных воздушных судов с цифровым бортовым оборудованием в условиях экстремально низких температур;

– разработка стандартов, экономических обоснований, рекомендаций и перспективных решений обеспечения надежности эксплуатации воздушных судов для условий экстремально низких температур.

Степень достоверности работы и полученных результатов исследования обеспечивается принятой методологией исследования на основе известных законов теплофизики, физического и математического моделирования, теории надежности и теории сложных систем, теории вероятности, системного анализа и экспертных оценок.

Достоверность полученных результатов также подтверждается результатами эксперимента и практикой применения *метода тепловой компенсации* в условиях эксплуатирующих авиапредприятий.



Рис. В6. Ан-74 производился в том числе и в Омске, обеспечивал проводку судов, выполнял ледовую разведку и полеты в Арктику. *(Фото из открытых источников в интернете)*



Рис. В7. Благодаря своим уникальным взлетно-посадочным характеристикам Ан-74 способен выполнять полеты на ледяные полосы вплоть до Северного полюса. *(Фото из открытых источников в интернете)*



Рис. В8. Аэропорт «Якутск» на протяжении всего советского периода был одним из опорных центров обеспечения Полярной авиации Крайнего Севера и служил эксплуатационной базой практически всей номенклатуры отечественной авиационной техники. *(Фото из открытых источников в интернете)*



Рис. В9. Диапазон сертифицированных эксплуатационных температур обеспечивал базирование и эксплуатацию воздушных судов советского производства *Ан-24, Як-40, Ан-12, Ту-154, Ил-76* с выполнением всего регламента ТО в безангарных условиях аэропорта «Якутск» до температуры –55° С и ниже. *(Фото из открытых источников в интернете)*



Рис. В10. В советское время аэропорт «Хабаровск» являлся крупнейшим на Дальнем Востоке опорным авиаузлом, концентрировавшем дальнемагистральные пассажирские потоки и грузы для обеспечения Крайнего Севера, Арктики, Камчатки и Чукотки. *(Фото из открытых источников в интернете)*



Рис. В11. Располагаясь в центре сибирского региона, Красноярск, наряду с Иркутском был крупнейшим опорным авиационным центром в обеспечении огромного сектора Крайнего Севера: Дудинки, Подкаменной Тунгуски, Игарки, Норильска, Хатанги, Туруханска, Кодинска, Северо-Енисейска, Диксона, Усть-Кута, Нижневартовска, Ханты-Мансийска, Сургута. *(Фото аэропорта «Черемшанка» из открытых источников в интернете)*



Рис. В12. Новосибирск наряду со Свердловском (Екатеринбург) и Тюменью был важным опорным авиационным центром в обеспечении центрального сектора Крайнего Севера и Арктики. *(Фото аэропорта «Северный» из открытых источников в интернете)*



Рис. В13. Аэропорт «Чокурдах», располагаясь непосредственно на побережье Северного Ледовитого океана наряду с Диксоном, Тикси, Черским и Певеком, был одним из центров полярной авиации, принимал и служил базой для практически всех типов ВС полярной авиации – вертолетов *Ми-8, Ил-14, Ан-2, Ан-24, Ан-26,* принимал тяжелые *Ан-12 и Ил-18*

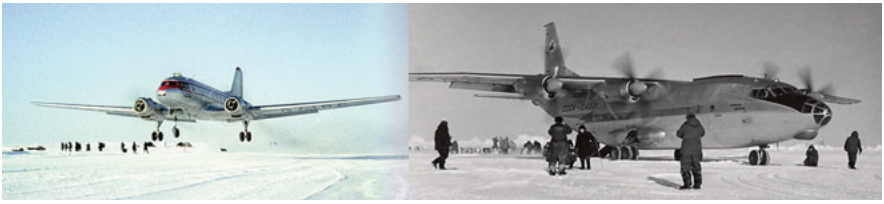


Рис. В14. *Ил-14 и Ан-12* – на протяжении многих десятилетий были «рабочими лошадками» полярной авиации, но остались без достойной смены. *(Фото из открытых источников в интернете)*

Личный вклад автора состоит в личном выполнении экспериментальных исследований, проведении натурных испытаний в климатических условиях Якутии и Архангельска. На основе результатов, полученных экспериментальным путем, автором были сформулированы и поставлены цели и задачи теоретической исследовательской работы, выработаны методы для решения аналитических и расчетных задач, разработаны принципы самих методов и рекомендаций по обеспечению летной годности и надежности эксплуатации цифровых воздушных судов в условиях экстремально низких температур Сибири, Крайнего Севера и Арктики.

При подготовке монографии использовались материалы открытой печати, статистические данные официальных источников, а также материалы авиакомпаний, авиационных властей, отчеты и презентации производителей отечественной и зарубежной авиационной техники *Airbus, Boeing и др.*, открыто публикуемые или предоставленные на электронных и бумажных носителях отечественным эксплуатантам производимой ими техники для использования в процессе подготовки методов ее эксплуатации.

Автор благодарит своих коллег, высказавших ценные замечания и предложения по улучшению текста и конкретизации результатов исследования и в особенности доктора технических наук, профессора В. М. Рухлинского, кроме неоценимой помощи в качестве научного руководителя диссертационного исследования и рецензента при подготовке данной монографии, предоставившего также материалы своих научных работ для выполнения сравнительного анализа двух поколений воздушных судов – аналогового и цифрового (раздел 4.1.3).