

**Концепция и системы
CNS/АТМ в
гражданской авиации**

Под редакцией Г.А. Крыжановского

Москва
ИКЦ "Академкнига"
2003

Концепция и системы CNS/ATM в гражданской авиации / Боч-карев В.В., Кравцов В.Ф., Крыжановский Г.А. и др.; Под ред. Г.А. Крыжановского. - М.: ИКЦ "Академкнига", 2003. - 415 с.

ISBN 5-94628-087-2

Сформулирована суть концепции CNS/ATM, рассмотрены все составляющие системы: связь, навигация, наблюдение, организация воздушного движения. Проанализированы вопросы внедрения систем CNS/ATM как в целом мире, так и в России.

Для летного и диспетчерского состава гражданской авиации. Книга может быть полезна инженерно-техническим работникам, занимающимся вопросами аэронавигационного обеспечения полетов, а также студентам и аспирантам соответствующих специальностей.

Ил. 36. Табл. 18.

ISBN 5-94628-087-2 © Коллектив авторов, 2003 © ИКЦ
"Академкнига", 2003

АС УВД	Автоматизированная система управления воздушным движением
АФТН	Авиационная фиксированная сеть электросвязи
БСПС	Бортовая система предупреждения столкновений
ВОРЛ	Вторичный обзорный радиолокатор
ВПП	Взлетно-посадочная полоса
ВЧ(ОВЧ,УВЧ, СВЧ, КВЧ)	Высокие частоты - 3-30 МГц (очень высокие - 30-300 МГц, ультравысокие - 0,3-3 ГГц, сверхвысокие — 3—30 ГГц, крайне высокие — 30-300 ГГц частоты)
ГА	Гражданская авиация
ГЛОНАСС	Глобальная орбитальная навигационная спутниковая система
ЕКА	Европейское космическое агентство
ЖКИ	Индикатор на жидких кристаллах
ИСЗ	Искусственный спутник Земли
КПРТС	Комплексный пульт радиотехнических систем
КСПНО	Комплексная система пилотажно-навигационного оборудования
ЛВС	Локальная вычислительная сеть
ЛККС	Локальная контрольно-корректирующая станция
ЛУР	Линейное упреждение разворота
МВС	Местоположение воздушного судна
МЛС	Микроволновая система посадки
ОВД	Обслуживание воздушного движения
ОрВД	Организация воздушного движения
ОПВД	Организация потоков воздушного движения
ПВП	Программа выполнения полетов
ПКС	Потенциально-конфликтная ситуация
ПОД	Пункт обязательного донесения
ППП	Правила полетов по приборам
РДП	Районный диспетчерский пункт
РДЦ	Районный диспетчерский центр
РЛС	Радиолокационная станция
РСБ(Д)Н	Радиотехническая система ближней (дальней) навигации

СИДИН	Общая сеть ИКАО по передаче данных	AERATC	Traffic Control Автоматические системы
СНС УВД	Спутниковая навигационная система	AES	УВД на маршруте Aircraft Earth Station
ЦКС	Управление воздушным движением	AFI	Бортовая станция авиационной спутниковой радиосвязи
AAC	Центр коммуникации сообщений	AFIS	Automatic Flight Informational . Полетная информация, полученная в автоматическом режиме
AAIM	Aeronautical Administrative Communications	AFS	Automatic Flight Informational Service
	Авиационная административная связь		Служба получения полетной информации в автоматическом режиме
	Aircraft Autonomous Integrity Monitoring	AFSS	Aeronautical Fixed Service Авиационная фиксированная служба электросвязи
	Kraft Бортовая автономная система контроля целостности	AFTN	Aeronautical Fixed Satellite Service
ABAS	Aircraft Based Augmentation System		Авиационная фиксированная спутниковая
	Самолетная система функционального дополнения	AGDLS	Служба электросвязи Aeronautical Fixed Telecommunication Network
ACARS	Airborne Communications Addressing and Reporting System	AGG	Авиационная фиксированная сеть связи
	Бортовая система адресации и передачи данных	AIGD	Air-Ground Data Link System
ACAS	Airborne Collision Avoidance System	AIDC	Система передачи данных «борт-земля»
	Бортовая система предупреждения воздушных столкновений	AIDS	Air-to-Ground-to-Ground
ACC	Area Control Centre		Каналы связи «борт-земля-земля» ATC
	Зональный центр управления	AIP	Interfacility Data Communications
ACK	Acknowledge		Обмен данными между органами УВД
	Подтверждение		Aircraft Integrated Data System
A ² CS	Advanced Application Communication Systems		Обмен данными между органами по обслуживанию воздушного движения Aeronautical Information Publication
	Усовершенствованная система связи	AIRAC	Сборник аэронавигационной информации
ADF	Automatic Direction Finder		Aeronautical Information Regulation and Control
	Автоматический радиопеленгатор	AL	Регламентация и контролирование аэронавигационной информации
ADLP	Airborne Data Link Processor		Alert Level
	Бортовой процессор линии передачи данных	ALE	Предупреждение об опасности
ADS	Automatic Dependent Surveillance		Automatic Line Equipment
	Автоматическое зависимое наблюдение	ALT	Оборудование автоматического формирования линии связи
ADS-A или ADS-C (addressed или contracted)	Адресное (контрактное) автоматическое зависимое наблюдение Broadcast ADS		Altitude
ADS-B	Широковещательное автоматическое зависимое наблюдение		Высота (абсолютная)
	Система, обеспечивающая радиолокационный обзор и автоматическое зависимое наблюдение	AMHS	Aeronautical Message Handling Systems
ADS+PSR/SSR	Ассоциация европейских авиакомпаний		Системы обработки авиационных сообщений
AEA	Association of European Airlines	AMS или AMS(R)S	Aeronautical Mobile Service или Aeronautical Mobile Satellite (Route) Service Авиационная мобильная служба электросвязи (спутниковая служба)
	Ассоциация европейских авиакомпаний	AMSS	Aeronautical Mobile Satellite Service
AEEC	Airlines Electronic Engineering Committee		Авиационная подвижная спутниковая связь или обслуживание
	Инженерный комитет по электронике авиакомпаний	Automate En Route Airlines	

ANC	Air Navigation Commission ICAO Аэронавигационная комиссия ИКАО	ATM	Air Traffic Management Организация воздушного движения (ОрДВ)
ANP	Actual Navigation Performance Фактические аэронавигационные характеристики	ATN	Aeronautical Telecommunications Network Глобальная сеть авиационной цифровой электросвязи
ANSI	American National Standard Institute Американский национальный институт стандартов	ATNP	Aeronautical Telecommunications Network Panel Группа экспертов ИКАО по ATN
AOC	Airline Operational Control Авиационное операционное (оперативное) управление	ATR	Air Traffic Radar Первичный обзорный радар
AOP	Aerodrome Operations Аэродромные операции	ATS	Air Traffic Service Служба воздушного движения
APC	Aeronautical Public Correspondence Авиационная связь для пассажиров	ATSC	Air Traffic Services Communications Средства электросвязи обслуживания воздушного движения
APV	Approach and landing operation with Vertical guidance - Заход на посадку и посадка с вертикальным наведением	AVLC	Aviation VHF Link Control Управление каналом авиационной VHF-связи
A-QPSK	Aeronautical-Quadrature Phase Sheft Keying Квадратурная фазовая манипуляция, используемая в авиационной электросвязи	AVPAC	Aviation Packed Авиационная пакетная цифровая связь
ARINC	Aeronautical Radio Incorporated Авиационная радиокорпорация	AWO	All Weather Operations Всепогодные операции
ARQ	Automatic Request - Устройство автоматической защиты от ошибок путем перезапроса неправильно принятых данных	BARO-VNAV	Barometric Vertical Navigation Вертикальная навигация с применением барометрического высотомера
ASCII	American Standard Code for Information Interchange - 7-битовая двоичная кодировка на основе стандартной таблицы символов	BER	Bite Error Rate Вероятность появления ошибки в канале
ASM	Airspace Management Организация воздушного пространства	BPSK	Binary Phase Shift Keying Двухпозиционная фазовая манипуляция
AsTrM	Asynchronous Transfer Mode - Режим асинхронной передачи (МАП-техно- логии)	B-RNAV	Basic Area Navigation Базовая зональная навигация
ATC	Air Traffic Control Управление воздушным движением (УВД)	BSC	Binary Synchronous Communication Байт-ориентированные протоколы
ATCRBS	Air Traffic Control Radar Beacon System Система наблюдения с помощью SSR Air Traffic Flow Management	C/A-code	Clear/Acquisition code Код свободного использования
ATFM	Организация потоков воздушного дви- жения	CCITT	International Telegraph and Telephone Consultative Международный консультативный комитет по телеграфии и телефонии Международного союза электросвязи ITU
ATIS	Automatic Terminal Information Service Служба автоматической передачи информа- ции в районе аэродрома	CDI	Course Deviation Indicator Указатель отклонения от линии заданного пути
		CDMA	Code Division Multiple Access Множественный доступ с кодовым разделе- нием канала
		CDTI	Cockpit Display of Traffic Information Кабинный дисплей отображения полетной информации

CEU	Central Executive Unit Центральный исполнительный орган	DGSS/IS	Data link Ground System Standard and Interface Specification Технические требования к наземным системам обмена данными и интерфейсу
CFL	Consenting Flight Level Разрешенный эшелон полета	DIF	Digital Information Facility Цифровое информационное оборудование
CFIT	Controlled Flight Into Terrain Управляемый полет с огибанием рельефа местности	DLS	Data Link Service
CFMU	Central Flow Management Unit Центральный орган организации потоков движения	DLSP	Подуровень канального уровня сети VDL Data Link Service Processor Процессор обмена данными
CIDIN	Common ICAO Data Interchange Network Сеть обмена данными ИКАО	DME	Distance Measuring Equipment Дальномерное оборудование
CIS	Cooperated Independent Surveillance Кооперативное независимое наблюдение	DOP	Dilution of Precision Снижение точности
CMU	Communications Management Unit Автомат передачи данных	D8PSK	Differentially Encoded 8-Phase Shift Keying Дифференциальная 8-позиционная фазовая манипуляция
CMC	CIDIN Management Centre Центр управления сетью СИДИН	DRI	Detection—Recognition—Identification Обнаружение, распознавание, идентификация
CNS/ATM	Communications-Navigation-Surveillance/Air Traffic Management - Связь, навигация, наблюдение / Организация воздушного движения	DSP	Digital Signal Processor Цифровой сигнальный процессор
CPDLC	Controller Pilot Digital Link Communication Линия передачи данных «пилот-диспетчер»	EAD	European AIS Data base Европейская база данных службы аэронавигационной информации
CRM	Collision Risk Model Модель риска столкновения	EANPG	European Air Navigation Planning Group Европейская группа аэронавигационного планирования
CSA	Channel of Standard Accuracy Канал стандартной точности	EATCHIP	European ATC Navigation Harmonisation and Integration Programme
CSMA	Carrier Sense Multiple Access Множественный доступ с опознаванием (контролем) несущей	ECAC	European Civil Aviation Conference Европейская конференция гражданской авиации (ЕКГА)
CTMO	Centralization Traffic Management Organization - Централизованная служба организации потоков воздушного движения	EDI	Electronic Data Interchange Службы электронной передачи данных (обмена данными)
CVSM	Current Vertical Separation Minima Традиционный минимум вертикального эшелонирования	EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay System - Европейская геостационарная навигационная широкозонная дифференциальная подсистема
DABS	Discrete Addressable Beacon Systems Дискретно-адресная система для маяка	EIA	Electronic Industries Association Ассоциация электронной промышленности
DG(s)	Datagram Датаграммы	ELM	Extended Length Message Протоколы удлиненных сообщений
DGNSS	Differential GNSS Дифференциальный режим GNSS Differential GPS	EN	End Node Конечный узел En route На маршруте
DGPS	Дифференциальный режим GPS	ENR	

EU European Union
Европейский союз

FAA Federal Aviation Administration
Федеральная авиационная администрация (США)

FANS Future Air Navigation System
Комитет по будущим аэронавигационным системам

FAWP Final Approach Way Point
Точка начала конечного участка захода на посадку

FDMA Frequency Division Multiple Access
Множественный доступ с частотным разделением каналов

FDPS Flight Data Processing System
Модернизированный вычислитель полетных данных

FEC Forward Error Correction
Прямое направление ошибок

FF Free Flight
Свободный полет

FIRs Flight Information Regions
Регионы с полетной информацией

FIS Flight Information Service
Полетно-информационное обслуживание

FLWS (FLW) Flight Looking Windshear
Сдвиг ветра по курсу воздушного судна

FMD Function Management Data
Данные о функции управления

FMS Flight Management System
Система управления полетами

FRUIT Friendly Replies Uncorrelated in Time
Возбужденный запрос от другого запросчика

FTE Flight Technical Error
Погрешность техники пилотирования

FUA Flexible Use Airspace
Гибкое использование воздушного пространства

GBAS Ground-Based Augmentation System
Наземная система функционального дополнения

GCAS Ground Collision Avoidance System
Система предотвращения столкновений с Землей

GDOP Geometric Dilution of Precision
Геометрическое снижение точности

GICB Ground Initialed Comtn- B
Поступающие на Землю с борта сообщения в формате «Comm-B»

GEO Geostationary Satellite
Геостационарный спутник

GES Ground Earth Station Наземная геостационарная станция

GIC GNSS Integrity Channel Канал целостности

GLONASS GNSS Global Orbiting Navigation Satellite System Глобальная орбитальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС)

GNSS Global Navigation Satellite System Глобальная навигационная спутниковая система

GPS Global Positioning System Глобальная система определения местоположения

GPWS Ground Proximity Warning System Система предупреждения столкновения с Землей

GRAS Ground Region Augmentation System Наземная региональная система дополнения

GRS Ground Reference Station Наземная опорная станция

GSIF Ground Station Information Frames Кадры (блоки данных) наземных станций электросвязи

HDLC/SDLC High Level Data Link Control or Synchronous DLC - Бит-ориентированные протоколы или синхронные протоколы

HDOP Horizontal Dilution of Precision Снижение точности определения горизонтального местоположения

HEO High Earth Orbit Высокоэллиптическая орбита

HF (VHF, UHF, SHF) ВЧ (ОВЧ, УВЧ, СВЧ) диапазоны

HFDL/VDL High-Frequency Data Link or Very High-Frequency DL - ВЧ или ОВЧ канал обмена данными «борт-земля»

HPCC High Performance Computing and Communication - Высококачественные вычисления и электросвязь

HSI Horizontal Situation Indicator
Плановый навигационный прибор (ПНП)

Hardware Hardware

H/W Apparatus средства

HWP Holding Way Point
Точка зоны ожидания

IAF	Initial Approach Fix Контрольная точка начального этапа захода на посадку	ISO/OSI	International Standard Organization/Open System Interconnection Эталонная модель взаимодействия открытых систем (В названии использованы
IAP	Instrument Approach Procedure Процедура захода на посадку по приборам		Международная организация по стандартизации / взаимосвязь открытых систем)
IATA	International Association of Transport Aviation Международная ассоциация воздушного транспорта	ITWS	Integrated Terminal Weather System Интегрированная аэроузловая система погоды
IAWP	Initial Approach Way Point Начальная точка пути захода на посадку	ITU	International Telecommunications Union Международный союз электросвязи
ICAO	International Civil Aviation Organization Международная организация ГА (ИКАО)	IWP	Intermediate Way Point Промежуточная точка пути
ICOS	Integrated Control Systems Интегрированная система управления	LAAS	Local Area Augmentation System Дополнительная система с локальной зоной действия
IDN	Integrated Digital Network Интегральная цифровая сеть связи	LADGNSS	Local Area Differential GNSS Локальная дифференциальная GNSS
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (США)	LAN	Local Area Network Локальная вычислительная сеть
IFF	Identification Friend or Foe Система госопознавания «свой-чужой»	LEE	Low Earth Orbit Низкая околоземная орбита
IFIS	Integrated Flight Instrument System Интегрированная система пилотажно-навигационных приборов	LLC	Logical Layer Control Подуровень управления логическим каналом
IFR	Instrument Flight Rules Правила полетов по приборам	LME	Link Management Entity Протокол канального уровня
IHAS	Integrated Hazard Avoidance System Единая комплексная система предотвращения критических ситуаций в полете	Lon	Longitude Долгота
ILS	Instrument Landing System Инструментальная система посадки	LORAN	Long Range Air Navigation System Система дальней воздушной навигации
IMS	Integrity Monitoring System Система контроля целостности	LRU	Line Replaceable Unit Технология эксплуатации авионики на основе использования быстросменных блоков
INMARSAT	International Mobile Satellite Organization Международная морская организация подвижной спутниковой связи	Ltd Lat	Latitude Широта
INS	Inertial Navigation System Инерциальная навигационная система	MAC	Media Access Control Подуровень управления доступом к среде
ЮС	Initial Operational Capability (GPS) Исходные эксплуатационные возможности	MAHWP	Missed Approach Holding Way Point Точка пути зоны ожидания при прерванном заходе на посадку
IRS	Inertial Reference System Система получения инерциальной информации	MAN	Metropolitan Area Networks Сеть среднего радиуса действия
ISDN	Integrated-Service Digital Network Цифровая сеть с интегральным обслуживанием	MAPt	Missed Approach Point - Точка начала прерванного захода на посадку
ISO	International Standard Organization Международная организация по стандартизации	MASPS	Minimum Aviation System Performance Standards - Технические требования к минимальным характеристикам бортовых систем

MAWP	Missed Approach Way Point Точка пути начала прерванного захода на посадку	NATSPG	North Atlantic Systems Planning Group Группа планирования систем в Северной Атлантике
MBDL	Meteor Burst Digital Link Метеорная цифровая связь «борт—земля»	NCP	Network Control Program Программа управления сетью
MCDU	Multi Purpose Control Display Unit Многофункциональный блок управления и индикации	NDB	Non- Directional Beacon Ненаправленный радиомаяк
MCS	Main Control Station Главная управляющая станция	NN	Network Node Сетевой узел
MEO	Medium Earth Orbit Средневысотная орбита	NPA	Nonprecision Approach Заход на посадку
MLS	Microwave Landing System Микроволновая система посадки	NSE	Navigation System Error Ошибка навигационной системы
MMALS	Multi-mode Approach and Landing System Многорежимная система обеспечения захода на посадку и посадки	OLDI	On-Line Data Interchange Обмен данными в режиме «on-line»
MMR	Multi-mode Receiver Многорежимный приемник	OOOI	Out, Off, On, In - Сообщения соответственно о начале руления, взлете, посадке, заруливании на стоянку
MNPS	Minimum Navigation Performance Specifications Технические требования к минимальным навигационным характеристикам	OPS	Operations Операции
MOPS	Minimum Operational Performance Specifications Спецификация минимальных эксплуатационных характеристик	OR	Operational Requirements Операционные требования
MSAS	Multi-Functional Satellite-Based Augmentation System Многофункциональная спутниковая система функционального дополнения	OS	Open System Открытая система
MSAW	Minimum Safe Altitude Warning Система предупреждения о минимальной безопасной абсолютной высоте	OSI	Open System Interconnection Взаимосвязь открытых систем
MSSR	Monopulse Secondary Surveillance Radar Моноимпульсный вторичный радиолокатор наблюдения	0/W	Orgware - Организационное обеспечение
MTSAT	Multi-Functional Transport Satellite Многофункциональный транспортный спутник	PAC	Path Attenuation Compensation Компенсация затуханий на трассе Precision Approach - Landing Средства автоматизации захода воздушного судна на посадку
MU (CMU)	Management Unit (ACARS-Communication MU) Блок управления, в том числе связью	PAL	Procedures of Air Navigation services Процедуры аэронавигационного обслуживания
NASA	National Aeronautics and Space Administration Национальное агентство по космонавтике и авиации (США)	PANS	Protected code Защищенный код Position Dilution of Precision Снижение точности определения местоположения
NAT	North Atlantic Северная Атлантика	PDE	Path Definition Error Погрешность определения траектории
		PE-90	Parameters Earth-1990 Параметры Земли 1990 г.
		Petal-II	Preliminary Eurocontrol Trials of Air/Ground data Link -Предварительные испытания канала передачи данных «воздух—земля», фаза II, организацией Евроконтроль

PIRG	Planning and implementation regional group Региональная группа ИКАО по планированию и внедрению аэронавигационных средств	RMS	Remote Monitoring Station Станция дистанционного контроля
PPS	Precise Positioning Service Точное обслуживание по определению местоположения Precision Area	RNAV	Area Navigation Зональная навигация
P-RNAV	Navigation Точная зональная навигация	RNP	Required Navigation Performance Требуемые навигационные характеристики
PSDN	Packet Switched Data Network Сеть передачи данных с коммутацией пакетов	RSP	Required System Performance Требуемые выходные характеристики (наблюдения)
PSR	Primary Surveillance Radar Первичный обзорный радиолокатор Система первичных и вторичных обзорных радиолокаторов	RTCA	Radio Technical Commission for Aeronautics Радиотехническая авиационная комиссия
PSR/SSR	Question and Answer Вопрос/Ответ	RVSM	Reduced Vertical Separation Minima Сокращенный минимум вертикального эшелонирования
Q&A RA	Resolution Advisory Рекомендации по разрешению угрозы столкновения	SARPs	Standards And Recommended Practices ICAO Стандарты и Рекомендуемая практика
RAC	Rules of the Air and Air Traffic Services Правила для воздушного пространства и служб воздушного движения Receiver Autonomous Integrity Monitoring-GPS receiver	v ИКАО S/A	Selective Availability Селективный доступ
RAIM	Автономный контроль целостности в приемнике GPS	SATCOM	Satellite Communication Спутниковая электросвязь
RAS	Regional Augmentation System Система регионального расширения спутникового обслуживания Radar Beacon System Система активных радиомаяков Radio Control Panel	SBAS	Satellite Based Augmentation System Спутниковая система функционального дополнения
RBS	Требуемые характеристики управления радиосвязью	SCDL	Satellite Communication Data Link Спутниковая цифровая связь «борт—Земля»
RCP	Request for Comments Запрос комментариев Radio Frequency Terminal Радиочастотное оборудование Review of the General Concept of Separation Panel	SDH (PDH)	Synchronous-Plesiochronous-Digital Hierarchy Синхронные (презиохронные, т.е. «почти синхронные») цифровые иерархии
RFC	Группа экспертов ИКАО по рассмотрению общей концепции эшелонирования	SELCAL	Selective Calling System Система селективного (адресного) вызова экипажа воздушного судна
RFT	Ranging GNSS Integrity Channel Канал целостности дальномерной функции GNSS	SID	Standard Instrument Departure Стандартный маршрут вылета по приборам
RGCS		SITA	Society International of Telecommunications in Aeronautics Международное общество авиационной электросвязи
RGIC		SL	Sensitivity Level Уровень чувствительности (TCAS)
		SLM	Standard Length Message Протоколы сообщений стандартной длины
		SMGCS	Surface Movement Guidance and Control System Система наблюдения движения на Земле
		SNA	Systems Network Architecture Архитектура сетевых систем

SNMP	Simple Network Management Protocol	TDOP	Time Dilution of Precision Снижение точности определения времени
SOIR	Простой протокол для управления сетью Simultaneous operations on Parallel or Near-Parallel Instrument Runways Одновременные операции на параллельных ВПП	TDWR	Terminal Doppler Weather Radar Аэропортовые доплеровские метеорадиолокаторы
SPI	Special Position Identification Индикатор специального импульса положения	TE(T)	Terminal Equipment Оконечное (терминальное) оборудование
SPS	Standard Positioning Service Стандартное обслуживание определения местоположения	TH	Transmission Header Заголовок передачи
SSR	Secondary Surveillance Radar Вторичный обзорный радиолокатор	TGL	Temporary Guidance Leaflet Листок временного руководства
STAR	Standard Terminal Arrival Route Стандартный маршрут прибытия по приборам	TIS-B	Traffic information Service-Broadcast Служба информирования экипажа о воздушной обстановке
STDMA	Self Organised Time Division Multiple Access Самоорганизующийся множественный доступ с временным разделением каналов	TLS	Target Level of Safety ICAO Требуемый ИКАО уровень безопасности воздушного движения
SVC	Switched Virtual Circuits	TSE	Total System Error Общая погрешность системы
s/w	Коммутируемое виртуальное соединение Software Программные средства (программное обеспечение)	TSO-C129	Technical Standard Order-Circular 129 Указания по техническому стандарту — Циркуляр 129
TA	Traffic Advisory Консультативная информация, выдаваемая системой TCAS	TWDL	Two-Way Data Link Двухканальная линия передачи данных
TAWS	Terrain Avoidance Warning System Система предупреждения приближения к Земле	TWIP	Terminal Weather Information for Pilots Сообщение экипажу о погодных условиях в зоне аэропорта
TCAD	Traffic Collision Alerting Device	UAT	Universal Access Transceiver Трансивер с универсальным доступом
T(A)CAS	Устройство предупреждения столкновений Traffic (Airborne) Alert Collision Avoidance System	UD	User Datagram Protocol Международное общество электросвязи для авиации. Датаграммный протокол передачи данных
T ² CAS	Бортовая система предупреждения столкновений Traffic and Terrain Collision Avoidance System	UTC	Universal Coordinated Time Система единого скоординированного времени. Универсальное координированное время
TCP/IP	Система предупреждения столкновений и опасного сближения с Землей Transmission Control Protocol / International Protocol	VDEP	Vertical Dilution of Precision Снижение точности определения местоположения по вертикали
TDMA	Протоколы, используемые в международных цифровых сетях Relcom, Internet и др. Time Division Multiple Access Множественный доступ с временным разделением каналов	VDL	VHF Data Link ОБЧ-канал передачи данных
		VLM	Voice Link Module Модуль голосовой связи
		VMC	Visual Meteorological Conditions Метеорологические условия визуальной видимости

VNAV	Vertical Navigation Навигация в вертикальной плоскости
VOR	VHF Omnidirectional Radio Range Всенаправленный УВЧ радиомаяк
VPA	Vertical Path Angle Угол траектории в вертикальной плоскости
VR	Virtual Route Виртуальный маршрут для передачи информации
WAAS	Wide Area Augmentation System Широкозонная дифференциальная подсистема спутниковой навигации (США)
WADGNSS	Wide Area Differential GNSS Дифференциальная GNSS с широкой зоной действия
WAN	World Area Network Глобальная вычислительная сеть
WGS-84	World Geodetic System - 1984 Глобальная геодезическая система 1984 г.
WMC	World Meteorological Centre Мировой метеорологический центр
W/P	Way Point Точка пути
W/S	Windshear Сдвиг ветра . .
X	X-service X-сервис
XTI	X/open Transport Interface Транспортный интерфейс

От авторов

Внедрение современных технологий обмена информацией в гражданской авиации стало особенно актуальным в результате качественных изменений в сфере воздушных сообщений. Появился большой парк воздушных судов с повышенной пассажироместимостью. Бортовые навигационные системы дали возможность автономного полета из пункта вылета в пункт прилета по кратчайшему расстоянию. Одновременно произошел значительный рост интенсивности воздушного движения, в результате чего на некоторых участках воздушного пространства стали возникать перегрузки.

Указанные обстоятельства потребовали принципиально нового аэронавигационного обеспечения полетов. Со стороны Международной организации гражданской авиации (ИКАО) была признана необходимость совершенствования систем связи, навигации и наблюдения (CNS) для целей организации воздушного движения (OpВД-АТМ), в силу ограниченных возможностей существующих систем.

В чем состоят истоки и суть внедрения концепции и систем CNS/АТМ? Какие технологические и организационные изменения ожидаются в гражданской авиации в предстоящие 10—15 лет? Каковы стратегии внедрения, разрабатываемые на глобальном, региональном и национальном уровнях? На эти и другие подобные вопросы авторы попытались дать ответы в настоящей книге. Представляется, что данное издание, в котором с системных позиций анализируются все составляющие концепции CNS/АТМ и рассматриваются вопросы их внедрения, является первым в России.

Каждая глава в книге имеет свой список использованной литературы. Такое представление материала позволит читателю работать как со всей книгой, так и с ее отдельными главами. Авторы старались выдержать единую структуру глав; методы и средства, реализуемые в существующих системах, сопоставлялись с предлагаемыми перспективными методами и средствами.

Предисловие

К середине 80-х годов прошлого столетия авиация подошла к новым рубежам в своем развитии. Количество воздушных судов в воздушном пространстве развитых стран увеличилось настолько, что существующие наземные и бортовые средства уже не могли обеспечивать прежний уровень безопасности полетов. Авиационный мир признал обостряющиеся ограничения существующих систем аэронавигации и сообща заговорил о необходимости соединения усилий на международном уровне для совершенствования инфраструктуры аэронавигации в интересах удовлетворения потребностей гражданской авиации в XXI в.

В подтверждение данного обстоятельства можно привести некоторые показатели развития отрасли в Европейском и Американском регионах. За последние два десятилетия инфраструктура воздушного транспорта росла гораздо быстрее, чем развивалось абсолютное большинство других отраслей. Ожидается, что в обозримом будущем интенсивное развитие отрасли продолжится. Прогнозы на период 1995—2003 гг. предвещали рост прилета-вылетов воздушных судов в аэропорты в глобальном масштабе почти на 30 %, а увеличение налета ВС в километрах на тот же период - на 55 %. В настоящее время в Европе объем воздушного движения увеличивался (до 11 сентября 2001 г.) в среднем на 5 % в год, его рост прогнозировался на таком же уровне в течение нескольких последующих лет. При таком росте объем воздушного движения будет удваиваться через каждые 15 лет. Прогнозирование европейского роста в будущем подтверждается размещением заказов новых воздушных судов авиакомпаниями-членами Ассоциации Европейских Авиакомпаний (АЕА): в 1998 г. было заказано более 330 самолетов, почти все из которых ближнего радиуса действия. Эти воздушные суда также будут выполнять полеты в Европейском воздушном пространстве в ближайшем будущем.

В результате роста объема воздушного движения в загруженных регионах наблюдаются массовые задержки при выполнении полетов. В настоящее время почти 35 % всех европейских

рейсов задерживаются на 20 мин и более, и эти задержки продолжают возрастать. По сравнению с 1998 г. задержки во многих крупных аэропортах США в 1999 г. увеличились вдвое (Aviation Week & Space Technology. № 2. August, 1999). Для авиакомпаний задержки влекут за собой значительные затраты. Самый крупный фактор расходов — это топливо. Двухминутная задержка на этапе подхода означает дополнительное расходование типовым турбореактивным авиалайнером около 180 кг топлива на сумму 90 евро. Для крупной авиакомпании, выполняющей 1000 рейсов в день, дополнительные расходы по топливу составят 90 000 евро в день, или 33 млн евро в год.

В среднем, на протяжении десятилетия общие аэропортовые и связанные с управлением воздушным движением (УВД) расходы европейских авиакомпаний, выполняющих регулярные рейсы, увеличивались на 7,2 % в год. Справедливо утверждать, что пользователи воздушного пространства платят все больше и больше за ухудшающийся "продукт". В исследовании, сделанном в 1994 г. для Европейской конференции гражданской авиации (ЕКГА—ЕСАС), указывалось на потенциал экономии для авиакомпаний за счет расходов по службе УВД в размере 2,4 млрд долл. США, что составляет приблизительно 5 % расходов по летной деятельности членов АЕА. Потенциальная экономия, млрд долл. США, возможна в следующих областях:

Повышение эффективности трасс (включая оптимальные эшелоны полетов).....	0,6
Уменьшение расходов по задержкам	1,2
Уменьшение расходов из-за неэффективности центров УВД.....	0,6

Основная доля задержек происходит по вине УВД. Задержки по причине аэропорта и службы УВД составляют более 60 % всех задержек в Европе. Остальная часть задержек вызвана деятельностью самих авиакомпаний (оформление пассажиров, технические причины) и погодными условиями.

Согласно данным АЕА, фактор "аэропортов и УВД" обуславливает также увеличение задержек воздушного движения в Европе. Статистика организации Евроконтроль указывает, что наиболее узким местом аэронавигационной системы в Европе является недостаток пропускной способности (емкости) воздушного пространства на трассовых участках секторов. В 1998 г. из всех ограничений по регулированию потоков воздушного движения (ATFM) 75 % было вызвано неадекватной пропускной способностью УВД на трассовых участках секторов, и только 9 % пропускной способностью аэропортов (Flight International. 4-10 August, 1999). Задержки по ATFM на

трассовых участках секторов в 1998 г. возросли на 39 %, тогда как задержки по УВД в районе аэропорта увеличились на 6 %.

Неадекватную пропускную способность УВД на трассовых участках секторов Европы можно отнести на счет раздробленности систем УВД на многочисленные мелкие сектора и тот факт, что между разными системами УВД возникают различные проблемы по сопряжениям (Отчет ЕКГА о системах ОВД в государствах-членах ЕКГА-ЕСАС). Менее эффективные и плохо оснащенные центры УВД создают заторы, от которых задержки лавинообразно распространяются по всей системе воздушных трасс. Не хватает общей интеграции регулирования воздушного движения, управления деятельностью аэропортов и летной работы. В частности, слаба взаимосвязь между бортовыми и наземными системами.

В других регионах, таких как Российская Федерация и СНГ, плотность воздушного движения сама по себе не является первичной проблемой, негативным здесь является, скорее, отсутствие подходящей инфраструктуры для того, чтобы эффективно отвечать на текущий и перспективный спросы на авиаперевозки. Не отвечающие требованиям наземные средства связи, наведения и наблюдения могут породить неопределенность в области взаимодействия между воздушными судами и органами УВД, и следовательно, неэффективную и потенциально небезопасную систему.

■ Такая ситуация в гражданской авиации, кроме указанных причин (увеличение количества воздушных судов, рост интенсивности движения), объясняется рядом негативных факторов, имеющих в организации и выполнении полетов. Основными из них являются:

невозможность оптимизации маршрутов полета воздушных судов вследствие "жесткости" закрепления сети воздушных трасс и других элементов, определяющих рациональное использование воздушного пространства;

использование устаревших средств радиотехнического обеспечения полетов, имеющих ограниченную дальность действия, невысокие показатели точности и надежности, а также большой процент физического износа;

¹ трудности, связанные с внедрением и эксплуатацией традиционных систем связи, навигации и наблюдения в малозаселенных и незаселенных районах мира;

ограничения, присущие существующей аналоговой голосовой радиосвязи.

После нескольких лет работы Комитет по будущим аэронавигационным системам ФАНС (FANS) ИКАО опубликовал до-

клад¹, в котором основным выводом стало заявление о необходимости перехода от технологии аэронавигационных средств наземного базирования к технологии космического базирования. Было также отмечено, что внедрение новых систем связи, навигации и наблюдения (CNS - Communication, Navigation, Surveillance) обеспечит более точное взаимодействие между наземными системами и пользователями воздушного пространства на этапах, предшествующих полету, в ходе полета и на завершающей его стадии. Такое тесное взаимодействие позволит, в свою очередь, усовершенствовать АТМ. В системе АТМ будет все шире использоваться автоматизация для снижения накладываемых на функции АТМ ограничений. Представленная концепция CNS/АТМ явилась значительным отходом от традиционных систем аэронавигации. Комитет FANS определил, что одними из главных недостатков существующих систем являются ограничения в речевой связи и отсутствие цифровых систем обмена данными "борт-земля" по обеспечению взаимодействия автоматизированных систем на борту и на земле. Предложенная Комитетом FANS концепция представляла собой набор спутниковой технологии и систем с зоной действия в пределах прямой видимости как для речевой связи, так и для передачи данных.

Десятая Аэронавигационная конференция ИКАО утвердила концепцию CNS/АТМ в 1991 г. Комитет FANS Фаза II, продолживший работу предыдущего комитета FANS и рассмотревший аспекты разработки и планирования перехода, завершил свою работу в 1993 г.

В 1996 г. Совет ИКАО принимает решение пересмотреть данный план в направлении его конкретизации с учетом практического уровня готовности отдельных элементов CNS/АТМ, акцентирования деятельности на внедрении в регионах, а также на необходимости рассматривать глобальный план как "живой документ", совершенствуемый и обновляемый в соответствии с установленной процедурой.

■ Эти цели были достигнуты в существующем варианте Глобального аэронавигационного плана для систем CNS/АТМ (Doc. 9750), принятым Советом ИКАО в 1998 г. Данный документ имеет две части, определяющие эксплуатационную концепцию и общие принципы планирования (том I), а также порядок регионального планирования и внедрения, включая таблицы внедрения систем CNS/АТМ по регионам и соответству-

¹ Руководство по применению линий передачи данных в целях обслуживания воздушного движения: Дос. 9694-AN/995. - Монреаль: ИКАО, 1999.

ющие задачи государств (том II). Впоследствии была разработана всеобщая поправка к данному плану, которая была принята Советом ИКАО в июне 2001 г. В настоящее время текущая деятельность по дальнейшей доработке Глобального плана обеспечивается в группах регионального планирования и осуществления проектов (PIRG). Российская Федерация входит в Европейскую группу аэронавигационного планирования (EANPG) и в качестве наблюдателя в группу планирования систем в Северной Атлантике (NATSPG).

Рассмотрим коротко суть указанной концепции CNS/ATM. Возможности применения спутниковой технологии наблюдения могут быть внедрены при умеренных затратах в регионах, где в настоящее время нет радиолокаторов. Устанавливаемые на воздушном судне бортовые приемники спутниковой навигационной системы позволяют с высокой точностью определять координаты воздушных судов. При решении задачи трансляции этих координат диспетчеру УВД по каналу связи обеспечивается, выдача точного местоположения воздушного судна даже в районах, не оборудованных средствами радиолокации. Организация службы наблюдения по указанной выше схеме получила название *автоматическое зависимое наблюдение* (АЗН—ADS), т.е. такая служба наблюдения зависит от:

наличия на борту воздушного судна оборудования спутниковой навигационной системы и канала передачи данных;

действия экипажа по включению этих средств в работу.

Для передачи информации о местоположении воздушного судна в наземные центры УВД потребовался канал обмена данными "воздух—земля". Эти функции выполняет аппаратура передачи данных. Отработка стандартов по АЗН велась первоначально в Исследовательской группе по АЗН ИКАО (ADS Study Group с 1989 г.), преобразованной затем в Комитет АЗН ИКАО (ADSP). С учетом разработанного ADSP руководящего материала Инженерным комитетом по электронике авиакомпаний (АЕЕС) также предложены документы, описывающие построение АЗН-систем. Кроме реализации функции АЗН, комитетом ADSP предложено формализовать обмен между пилотом и диспетчером, когда по каналу связи передается не сама фраза обмена, а только ее код и изменяемый параметр. Сами фразы хранятся в базах данных бортового блока и оборудования диспетчера. Формализованный обмен информацией между пилотом и диспетчером позволяет исключить фразеологические ошибки и тем самым повысить безопасность полета. Формализованный обмен информацией между пилотом и диспетчером по каналу передачи данных получил название CPDLC.

Системы управления полетом воздушного судна (FMS) используют компьютерную технологию для обеспечения точных и оптимизированных горизонтальных и вертикальных профилей полета. Использование новой технологии позволяет устранить многие сегодняшние задержки в выполнении рейсов. Это становится возможным за счет повышенной на основе новой технологии CNS/ATM эффективности УВД, более гибкой структуры воздушного пространства, оперативного управления его стратегической емкостью в комбинации с оптимизированными самим пользователем траекториями полетов. Безопасность полетов можно повысить посредством службы наблюдения в воздухе, при этом обеспечиваются осведомленность экипажа о воздушной обстановке и возможность выявления конфликтных ситуаций во всех типах воздушного пространства, включая континентальные и океанические районы, с ограниченной инфраструктурой и процедурным контролем.

В соответствии с концепцией ИКАО в части создания интегрированной глобальной системы регулирования воздушного движения генеральной целью будущей системы ATM является обеспечение свободы эксплуатантам воздушных судов следовать по предпочитаемому профилю полета с минимумом препятствий, соблюдая при этом требуемый уровень безопасности полетов. Тем не менее, регулирование воздушного движения — это прежде всего система правил и процедур, которые диспетчеры и руководители будущей системы должны продолжать применять в интересах обеспечения безопасного и эффективного функционирования механизма авиационных перевозок. Новые технологии и возможности воздушных судов требуют эволюционных изменений существующих правил и процедур. Технологии CNS только тогда могут использоваться в полную меру, когда будет достигнута международная гармонизация стандартов и процедур ATM.

Приведем краткие сведения по новым концепциям и структурным изменениям в течение ближайших 10—15 лет. Не все из этих тенденций материализуются на глобальном уровне, значительные региональные и национальные отличия сохраняются.

Связь:

службы полетной информации для экипажа, посредством широкополосной или адресной связи по каналам передачи данных;

связь по каналам передачи данных "пилот—диспетчер" (CPDLC);

новые системы обработки авиационных сообщений — AMHS (Aeronautical Message Handling Systems), отвечающие требованиям руководства ИКАО по ATN.

Навигация — система GNSS для обеспечения навигационных возможностей на всех этапах полета, включая подход и заход на посадку по категориям I—III.

Наблюдение — автоматическое зависимое наблюдение.

АЗН подразделяется на две категории в зависимости от используемой техники передачи:

широковещательное ADS (ADS-B) с обеспечением как наземных, так и летных прикладных задач. Служба ADS-B применяется в совокупности с дисплеем полетной информации кабины экипажа воздушного судна (CDTI) для обеспечения осведомленности экипажа о воздушной обстановке¹;

контрактное ADS (ADS-C) с обеспечением лишь наземных прикладных задач. Служба ADS-C основана на адресной связи "борт—земля".

Службы ADS-C и ADS-B могут совмещаться для обеспечения выгод от использования на земле и в полете в тех районах, где в силу ограниченной зоны действия широковещательные передачи не могут приниматься наземными пользователями. Осведомленность экипажа о воздушной обстановке, обеспечиваемая ADS-B, рассматривается в качестве средства повышения безопасности полетов в существующей системе ATM, а также средства, дающего возможность внедрить более эффективные правила визуальных полетов. Наблюдение экипажем других воздушных судов в зоне полета является также необходимым требованием эксплуатационной концепции будущей ATM, где предусматриваются повышенная автономия воздушного судна и понятие полета от момента отруливания до заруливания.

Перечень некоторых преимуществ, получаемых от использования концепции CNS/ATM, следующий:

улучшенный доступ к метео- и полетной информации. Пользователи будут иметь возможность "подписаться" на определенные типы продуктов, включая графику и текст, либо запрашивать требуемую информацию. Данные будут автоматически сохраняться на борту и выдаваться по запросу или немедленно, в зависимости от сообщения;

повышенная емкость связи "диспетчер—пилот". Система связи, совмещающая голосовую связь по радио и CPDLC, обеспечит более своевременную и эффективную выдачу команд при ведении рутинной связи "борт-земля", что должно снизить задержки и повысить эффективность полета;

эффективное построение маршрутов и заходов на посадку. В более отдаленной перспективе Глобальная навигационная спутниковая система (GNSS) позволит демонтировать традиционную инфраструктуру наземных средств навигации. Выдаваемые GNSS координаты местоположения воздушного судна дадут возможность организовать дополнительные маршруты вылета, маршруты подхода и захода на посадку, включая процедуры параллельного подхода, которые будут разработаны для более оперативного и безопасного вывода воздушных судов в район аэропорта и из него. Это даст почти такую же пропускную способность при полетах по приборам, как и при полетах по правилам визуальных полетов. Заход на посадку по GNSS может внедряться в аэропортах, где в настоящее время нет инструментальных средств захода на посадку;

уменьшенные задержки при рулении в условиях низкой видимости. Навигация по аэродрому с использованием GNSS и кабинного дисплея экипажа, на котором отображаются точное местоположение воздушного судна и карта аэродрома, позволит экипажу выполнять руление к взлетно-посадочной полосе (ВПП) и от нее, используя "визуальные" привязки на дисплее и наблюдая другие воздушные суда и аэродромный транспорт, передвигающийся по аэродрому. В результате обеспечивается более эффективное движение по аэродрому и снижаются задержки;

повышенная осведомленность экипажа о воздушной обстановке. Навигация по GNSS, переданная на борт воздушного судна полетная информация и ADS-B совместно с усовершенствованными дисплеями пилотской кабины дадут такие функции, как отображение других воздушных средств в зоне полета, рельефа подстилающей поверхности, графического отображения метеоинформации, NOTAM и извещений о значительных погодных условиях.. Повышенная осведомленность экипажа о воздушной обстановке позволит делегировать ответственность за некоторые формы эшелонирования экипажу, что приведет к постепенному изменению традиционных ролей пилота и диспетчера. В более отдаленной перспективе повышенная осведомленность экипажа о воздушной обстановке позволит прийти к конечной цели Свободного полета (Free Flight);

повышенная безопасность полетов за счет более точного и надежного определения подвижных объектов на аэродроме и отображения подвижных объектов на контрольно-диспетчерских пунктах (КДП) и воздушном судне. Система ADS-B обеспечивает отображение других воздушных судов и аэродромного транспорта на кабинном дисплее экипажа. Та же самая инфор-

¹ Автоматическое зависимое наблюдение — радиовещательное на базе УКВ линии передачи данных режима 4: Информ. док.: Версия 2.0. - М., 1998. -11 с.

мация выдается диспетчеру КДП, что дает улучшенные возможности контроля и снижает риск несанкционированного вырывания на ВПП;

расширенная зона действия наземной службы наблюдения. Зона действия будущей службы наблюдения позволит отслеживать и контролировать полет на всех его этапах. Служба ADS-C продлит зону действия в океанические и удаленные континентальные районы, а ADS-B обеспечит зону действия в районе аэродрома;

повышенная гибкость инфраструктуры воздушного пространства и его доступность за счет снижения минимумов эшелонирования. Снижая минимумы эшелонирования, можно обеспечить полеты по оптимальным эшелонам (высотам), скоростям и направлениям большему количеству воздушных судов, что дает значительное снижение эксплуатационных расходов.

До недавнего времени при обозначении конечных целей внедрения концепции CNS/ATM назывались три направления: повышение безопасности полетов, расширение пропускной способности воздушного пространства и увеличение эксплуатационной гибкости и эффективности систем регулирования воздушного движения. В дополнение к этим важным показателям поставлена задача совершенствования авиационной безопасности. Хотя эта задача не снималась с повестки дня, мир почувствовал необходимость усиления прочности системы авиационной безопасности и более тесного международного взаимодействия в предотвращении случаев незаконного вмешательства в летную деятельность.

В рассматриваемой системе, основанной на идеях высокоточного определения местоположения воздушного судна и организации эффективного автоматизированного взаимодействия бортового и наземного оборудования для обеспечения во всем мировом воздушном пространстве безопасного воздушного движения по выбранным маршрутам полетов, существующее разграничение элементов CNS будет сведено к минимуму¹. Тем не менее, характеристику будущей аэронавигационной системы и мероприятий ИКАО по построению систем CNS/ATM целесообразно по-прежнему давать применительно к функциям связи, навигации, наблюдения и организации воздушного движения.

¹ Comparative Analysis of Regional Developments in Air Navigation Systems // Joint International Oceanic and Global navcom Conference & Exhibition. — Banff (Canada), 15—17 May 2002.

1.1. Термины и определения

Авиационная административная связь (AAC) — используется авиационными эксплуатационными агентствами в решении служебных вопросов обеспечения полетов и транспортных услуг. Данная связь применяется для обеспечения воздушных и наземных перевозок, резервирования авиабилетов, размещения экипажей и воздушных судов, материального и технического обеспечения, поддерживающих или повышающих эффективность производства полетов в целом.

Авиационная мобильная служба электросвязи (AMS) — осуществляет дистанционную связь между пунктами Ор ВД (АТМ), расположенными на Земле, и бортовыми станциями. Обычно AMS осуществляет связь «земля - борт воздушного судна» (G/A или Ground - Air). Средства AMS включают в себя: средства электросвязи для обслуживания воздушного движения АТС, действующие в рамках деятельности УВД (АТС) по обеспечению безопасности авиационных перевозок, с гарантией высокой интеграции и оперативности, а также службы АЛ; цифровую электросвязь для авиационного операционного контроля АОС, авиационную административную связь ААС; авиационную связь для пассажиров АРС. Электросвязь в интересах служб АТС, а также АОС, ААС и АРС представляет все виды авиационной электросвязи, организуемой в системе CNS/АТМ.

Авиационная мобильная спутниковая служба (АМСС) включает в себя спутники, самолетные станции, авиационные наземные станции GES и соответствующее наземное оборудование, такое как центр координации сети. Данная служба использует спутниковую подсеть для обеспечения авиационного связного обслуживания между воздушным судном и наземными пользователями. АТН поддерживает обмен данными в пакетном режиме, обеспечиваемом АМСС.

Авиационная связь для пассажиров (АПС) — не имеет отношения к безопасности полетов и обеспечивает передачу данных и

речевых сообщений пассажиров и членов экипажа в личных целях.

Авиационная фиксированная сеть электросвязи (AFTN) — всемирная система авиационных фиксированных каналов связи, как часть авиационной фиксированной службы для обмена сообщениями и (или) цифровыми данными между авиационными фиксированными станциями, имеющими одинаковые или совместимые связные характеристики.

Авиационная фиксированная служба электросвязи (AFS) — ответственна за электросвязь вида "от точки к точке" между неподвижными объектами или наземными станциями, а применительно к ГА — между парами подразделений службы УВД (АТС). Обычно AFS оперирует средствами передачи данных «земля-земля». Вся наземная сеть, участвующая в обеспечении воздушного движения, объединяет как сеть AFS, так и частные сети авиакомпаний.

Авиационные административные сообщения — сообщения относительно эксплуатации и обслуживания оборудования, обеспечивающего безопасность или регулярность эксплуатации воздушных судов, а также сообщения, которые касаются функционирования АТН, и сообщения, которыми обмениваются государственные органы ГА, относящиеся к авиационным службам.

Авиационное оперативное управление (АОС) — средства электросвязи, осуществляющие передачу информации диспетчерам относительно начала, продолжительности, об изменениях или окончании полета в интересах безопасности воздушного судна, а также регулярности и эффективности полетов.

Авионика (авионика = авиация + радиоэлектроника — avionics) — охватывает авиационные радиоэлектронные средства в целом, а значит, не только аппаратные, но и программные средства, используемые при организации воздушного движения, обеспечении безопасности полетов, заданного уровня комфортности, сохранности перевозимых воздушными судами грузов, а также при проведении авиационных работ. В справочнике Авиационной транспортной ассоциации дается определение авионики, как области технических наук, связанной с разработкой, производством и эксплуатацией авиационного электронного и авиационного оборудования.

Автоматическое зависимое наблюдение (ADS) — метод наблюдения, при котором воздушное судно автоматически по линии передачи данных выдает данные, полученные из бортовой системы навигации, и определения местоположения, включая опознавательный индекс воздушного судна, четырехмерное местоположение, а также соответствующие дополнительные данные.

Агент по управлению — выполняет операции административного управления с управляемыми объектами внутри своей локальной среды в виде последовательности операций, поступающей от управляющего. Агент по управлению может также проводить уведомления от управляемых объектов к управляющему.

Агент пользователя сообщения ОрВД(АТМ) — конечная система АТН, которая обеспечивает интерфейс со службой обмена сообщениями ОрВД (АТМ) для пользователя этой службы.

Адаптер — устройство, обеспечивающее сопряжение и взаимодействие двух или более технических средств с различными интерфейсами и (или) протоколами.

Административная область — определенная совокупность конечных, промежуточных систем и подсетей, управляемых единой организацией или административным полномочным органом. Административная область может быть внутренне разделена на одну или более областей маршрутизации.

Адрес воздушного судна — уникальная 24-буквенная комбинация, действительная для присвоения воздушному судну в целях осуществления связи «борт—земля», навигации и наблюдения.

Адрес представления (РА) — должен, как минимум, включать адрес точки доступа сетевой службы NSAP и селектор точки доступа транспортной службы TSAP и может включать селектор точки доступа службы представления PSAP и селектор точки доступа сеансовой службы SSAP, основанные на структуре адресации, принятой внутри конечной системы ES. В любом случае приложение требует наличия протокола ISO/OSI сеансового уровня или уровня представления.

Адрес точки доступа сетевой службы — иерархически организованный глобальный адрес* поддерживающий международные, географические и ориентированные на телефонию форматы на основе идентификатора формата адреса, размещенного внутри заголовка протокола. Несмотря на то, что верхний уровень адреса NSAP иерархически подлежит международному административному управлению со стороны ISO, подчиненные адресные области управляются соответствующими местными организациями.

Адрес точки доступа транспортной службы (TSAP) — полный связной адрес, который однозначно определяет пользователя транспортной службы. Адрес TSAP включает адрес NSAP и селектор TSAP.

Адрес формы AFTN (AF-adpec) — индикатор адресата AFTN, используемый для определения места пользователей AMHS непосредственно или косвенно в адресном пространстве AFTN,

или заранее установленный индикатор адресата распределения PDAI (является 8-буквенным индексом адресата ICAO).

Адрес формы системы обработки информации — пример адресной формы AMHS, которая используется для определения местоположения прямого или косвенного AMHS-пользователя в адресном пространстве AMHS.

Аппаратные средства (H/W) — технические средства, используемые для обработки данных в отличие от программ и процедур, правил и соответствующей документации. В качестве аппаратных средств авиационных систем электросвязи все чаще теперь выступают разнообразные вычислительные средства.

Архитектура — структурная организация информационной системы в виде функциональных модулей и определенных связей между ними. В вычислительной технике наиболее часто слово архитектура произносится в сочетании «архитектура вычислительной системы», под которой понимается общая логическая организация цифровой вычислительной системы, определяющая процесс обработки данных в конкретной вычислительной системе и включающая методы кодирования данных, состав, назначение, принципы взаимодействия технических средств и программного обеспечения. Другими словами, архитектура — это описание системы с точки зрения пользователя. Оно включает полный комплекс значимых для пользователя авиационной информационной системы общих вопросов функциональной и структурной организации, процессов общения с ней, организации самого информационного процесса, включая совокупность характеристик и параметров системы, влияющих на решение перечисленных вопросов.

Архитектура протоколов взаимосвязи открытых систем — совокупность протоколов, используемых для реализации эталонной модели ISO/OSI.

Ассоциация - логическое взаимное соединение двух и более процессов путем обмена структурированными данными.

Атрибут распознавания тракта (DPA) — используется для выделения среди множества маршрутов того, который ведет к месту назначения. Распознавание производится на базе отличий в качестве обслуживания на разных маршрутах (например, в расходах, задержке прохождения или вероятности необнаружения ошибки).

Блок данных транспортной службы (TSDU) — данные, представленные в транспортный уровень для передачи по службе межсетевой связи ATN.

Бортовая система предупреждения столкновений (ACAS) — система воздушного судна, основанная на сигналах ответчика вто-

ричного радиолокатора SSR, функционирующая независимо от базирующегося на земле оборудования с целью обеспечения рекомендаций пилоту о потенциально конфликтующих воздушных судах, оборудованных ответчиками SSR.

Бортовая станция авиационной спутниковой радиосвязи AES (Aircraft Earth Station) — комплекс мобильных радиосредств, размещенных на борту воздушного судна, являющийся узлом AMSS.

Бортовой пользователь — абстрактная часть системы воздушного судна, которая выполняет функции приложения, не относящиеся к связным.

Бортовой элемент прикладных услуг (Бортовой-ASE) — абстрактная часть системы воздушного судна, которая выполняет соответствующие связные функции приложения.

Быстрый байт — способность любого уровня эталонной модели ISO/OSI реализовать возможности базового протокола.

Ввод/вывод данных (Input/Output или In/Out-1/O) — представление модуля как преобразователя входных данных в выходные без использования сведений о его внутренней структуре и характеристиках. Часто такой способ описания модуля называется методом черного ящика.

Вероятность появления ошибки в канале (BER) — отражает вероятность того, что протокольный блок данных PDU будет потерян, продублирован или искажен. Данная вероятность определяется как отношение потерянных, продублированных или искаженных блоков данных сетевой службы NSDU к общему количеству NSDU, переданных поставщиком сетевых услуг ATN при использовании нормализованной длины NSDU, равной 512 октетам.

Виртуальный (логический) канал (Virtual Path) — средство, обеспечивающее передачу пакетов между узлами с сохранением исходной последовательности, даже если пакеты передаются по различным физическим («реальным») маршрутам. Обычно виртуальный канал устанавливается при организации сеанса передачи данных и аннулируется после окончания сеанса связи.

Взаимная совместимость — отражает способность ATN обеспечивать, как минимум, прозрачный перенос данных между конечными системами, даже при использовании со стороны ATN разных подсетей типа «земля—земля», «борт—земля» или бортовых подсетей. Способность взаимной совместимости между конечными системами может быть расширена включением общности протоколов верхнего уровня.

Визуальный диапазон Vffll(RVR) — диапазон, в котором пилот воздушного судна, находясь на осевой (центральной) линии

ВПП, может видеть отметки поверхности полосы или огни, очерчивающие полосу или указывающие на ее осевую линию.

Вторичный радиолокатор системы наблюдения (SSR) — радиолокационная система вторичного наблюдения, которая использует передатчики/приемники (запросчики) и ответчики.

Граничная промежуточная система (BIS) — промежуточная система, которая способна транслировать данные между двумя отдельными областями маршрутизации или административными областями.

Данные (Data) — событие, понятие или команда, представленные в формализованном виде, позволяющие вести передачу, интерпретацию или обработку информации как вручную, так и с помощью средств автоматизации.

Датаграммы (DG) — пакеты, независимо путешествующие в сети. Независимость DG означает, что они передвигаются по сети без предварительной организации маршрута и подтверждения о доставке.

Диалог — совместное отношение между элементами, которое предусматривает связь и общее действие.

Диапазон частот (Band) — важнейшая характеристика работы любого радиоэлектронного средства, хорошо известная и подробно рассмотренная в научно-технической литературе. Здесь специально останавливаемся на этой характеристике только потому, что сейчас наблюдается отход от принятой МККР классификации диапазонов к новой, предложенной и принятой в странах НАТО (рис. 1.1). Происходит постепенный переход на последнюю систему классификации во всех сферах радиоэлектроники. Здесь при описании радиосредств будем придерживаться прежней системы классификации используемых радиодиапазонов.

Дискретный канал связи — виртуальный канал, назначение которого состоит в преобразовании символов, поступающих от более высокого канального уровня сети, в сигналы, предназначенные для передачи по физической среде (телефонный, телеграфный или широкополосный канал связи; проводная соединительная или радиолиния; коаксиальный кабель, волоконно-оптическая линия, радиорелейная линия или другие средства связи).

Длинная точка доступа транспортной службы (Длинная TSAP) — сочетание части области маршрутизации RDP и короткой TSAP.

Донесение АНМС — пример категории информационного объекта, определенного как донесение ISO/IEC 1021-2, и доставляемого в АНМС. Оно генерируется агентом переноса сообщений МТА в качестве донесения о результате или ходе обмена со-

FREQUENCY (GHz)	0.03	0.25	0.5	1	2	3	4	6	8	10	20	40	60	100
NATO BANDS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
Старые названия	VHF	UHF	L	S	C	X	Ku	K	Ka	millimeter				

Рис. 1.1. Обозначения частотных диапазонов

общениями или зондами в совокупности взаимно соединенных МТА, принадлежащих АНМС.

Доступность — свойство, характеризующее работоспособность системы в требуемый момент времени.

Зависимая от подсети функция конвергенции (SNDCF) — совокупность правил и процедур, необходимых для преобразования подробностей по переносу данных независимого от протокола конвергенции в реальные услуги, предоставляемые подсетью. Под конвергенцией в данном контексте понимается сведение разнообразных услуг подсетей к единому стандартному набору.

Заглавие прикладного объекта — однозначное имя для прикладного объекта.

Заглавие сетевого объекта (NET) — глобальный адрес сетевого объекта.

Заголовок сообщения — управляющая информация, используемая для поддержания синхронизации между двумя конечными системами.

Задержка прохождения — в системах передачи пакетов данных общее время между запросом на передачу сформированного пакета данных и индикацией на приемном конце, подтверждающей, что соответствующий пакет принят и готов к использованию или дальнейшей передаче.

Заявление о соответствии реализации протоколу (PICS) — дает возможность проверки соответствия протоколам. Как рекомендовано в ISO/IEC 9646-2, проформа PICS, приспособленная под контекст АТН, разрабатывается как перечень требований APRL к профилю АТН с целью обеспечения эффективной основы для проверки соответствия реализаций.

Знание (knowledge) — совокупность сведений о мире, достоверность которых в определенной мере подтверждается общественной практикой.

Значение данных уровня представления (PDV) — блок информации, определенный в абстрактном синтаксисе, который переносится службой представления OSI (ISO/IEC 8822).

Зональная навигация (RNAV) — представляет такие технологии навигации, которые позволяют воздушным судам выполнять

полеты по любой желаемой траектории в зоне действия навигационных средств, или в пределах возможностей автономных навигационных средств, или при их комплексном использовании. *Зонд AMHS* — пример категории информационного объекта, определенного в ISO/IEC 10021-2 как зонд и доставляемого в AMHS. Он является классом сообщения, содержащего только конверт, который доставляется агентами переноса сообщений MTA от одного пользователя до MTA, обслуживающего других пользователей, и используется для определения самой возможности доставки сообщений.

Идентификатор области маршрутизации (RDI) - определенное заглавие сетевого объекта NET, как это указано в ISO/IEC 7498 и стационарно назначено в соответствии ISO/IEC 8348. RDI не является адресом и не может быть использован в качестве действительного назначения PDU по ISO/IEC 8473. Однако RDI, подобно обычным NET, назначается из той же области адресации, что и адреса точки доступа сетевой службы NSAP.

Из конца в конец — данный термин относится к полному тракту связи, как правило, от первого интерфейса между источником информации и системой связи на передающем конце до второго интерфейса между системой связи и информационным пользователем, процессором или приложением на приемном конце.

Инструкция по УВД — директивы, выдаваемые при УВД с целью потребовать от пилота предпринять определенное действие.

Интернет (Internet) - глобальная сеть, в которую входят правительственные, академические, коммерческие, военные и корпоративные сети всего мира.

Интранет (Intranet) — внутренняя частная сеть организации, где обработка информации осуществляется по технологии Internet.

Интерфейс (Interface) — правила взаимодействия между функциональными компонентами одной и той же системы, расположенными в смежных уровнях эталонной модели ISO/OSI.

Интерфейс абстрактных услуг — абстрактный интерфейс между прикладным объектом АЕ и прикладным пользователем.

Информационная база маршрутизации (RIB) — база данных, которая поддерживается каждым маршрутизатором (рутером) и содержит информацию о связности и топологии конечных ES и промежуточных IS системах внутри отдельной области маршрутизации, а также информацию о трактах, соединяющих области маршрутизации. Эта база данных поддерживается с помощью информации, принимаемой протоколом обмена информацией о маршрутизации.

Информационная база продвижения (FIB) — информационная база, которая поддерживается каждым маршрутизатором (рутером), содержит совокупность трактов продвижения и отражает различную линию продвижения и ранжирование качества обслуживания, необходимого для достижения каждого пункта назначения.

Информационная система — организованная совокупность технических и обеспечивающих средств, технологий и людей, осуществляющих сбор, хранение, поиск, обработку, передачу информации.

Информация (information) — изменение объема и структуры знания воспринимающей информационной системы. Возможны и другие определения понятия информации, отражающие определенную точку зрения пользователя, в том числе и применительно к задачам, решаемым в ГА. Например, в Федеральном Законе «Об информации, информатизации и защите информации» дано следующее определение информации (ст. 2): «Информация — сведения о лицах, предметах, фактах, событиях, явлениях и процессах независимо от формы представления. Документированная информация (документ) — зафиксированная на материальном носителе информация с реквизитами, позволяющими ее идентифицировать».

Информация по управлению протоколом (PCI) — информация, включенная в заголовок уровня, содержащая сервисные примитивы данного уровня.

Кадр (frame) — блок данных определенного формата, передаваемый по каналу связи и имеющий в своем составе управляющую информацию.

Канал ввода/вывода данных — устройство, представляющее специализированный процессор, обеспечивающий пересылку данных между основной памятью и внешними (периферийными) устройствами.

Канал (линия) связи — в теории и технике информационных систем является важнейшим понятием, используемым как при организации, так и при реализации информационного процесса (обычно используют термин channel в тех случаях, когда не подчеркивается разница между каналом и линией, в этом же и близком контекстах используются также термины link, line, circuit, facility). К каналу связи относят все, что связывает между собой источник информации и приемник, и первое — это канал передачи, представляющий физическую среду, внутри которой перемещается информация. Указанная физическая среда может обеспечиваться различными видами направляющих структур.

Канальный уровень (Data Link Layer) сети — уровень эталонной модели ISO/OSI, где организуется обмен непосредственно данными между соседними узлами информационной системы. Основная задача канального уровня - превратить физический канал, подверженный влиянию непреднамеренных и, возможно, преднамеренных помех, в надежный и защищенный виртуальный канал более высокого уровня. Может использовать специальные методы обнаружения ошибок и повторных передач для достижения приемлемого уровня ошибок.

Карта топологии сети — обеспечивает общий вид глобальной связности сети и используется при вычислении трактов с помощью действующего алгоритма маршрутизации.

Категория трафика — часть действующего связного трафика, используемая для различения между связью при ОрВД (АТМ) и авиационным оперативным контролем АОС.

Качество обслуживания (QoS) - информация относительно характеристик переноса данных (например, требуемые пропускная способность и приоритет), используемая маршрутизатором (рутером) для выполнения действий по трансляции и маршрутизации через подсети, составляющие сеть.

Квалификатор прикладного объекта — та часть заглавия АЕ, которая однозначно идентифицирует отдельный прикладной объект.

Класс АТSC- параметр класса АТSC предоставляет возможность пользователю АТSC точно определить качество обслуживания, ожидаемое для предлагаемых данных. Значения класса АТSC определены в зависимости от задержки прохождения сообщения АТN «из конца в конец» с вероятностью 95 %. *Комплекты бортовой авионики FANS-J и FANS-A (FANS-1/A)* - бортовое оборудование, предназначенное для реализации всех функций, предусмотренных концепцией CNS/АТМ. Для технологий, опирающихся на оборудование FANS, используется термин технологии или услуги FANS.

Конечная область маршрутизации (ERD). Область маршрутизации RD, которая производит маршрутизацию протокольных блоков данных PDU только из (в) их собственную область маршрутизации RD.

Конечная система (ES) — система, содержащая семь уровней ISO/OSI и один или более прикладных процессов конечного пользователя.

Конечный пользователь — конечный источник и (или) потребитель информации.

Контракт ADS— соглашение между наземными и бортовыми пользователями ADS, в соответствии с которым последний бу-

дет обеспечивать донесение предшествующему согласно условиям, определенным в контракте.

Контракт FIS — соглашение между бортовым и наземным пользователями FIS о том, что последний будет получать донесения FIS в соответствии с условиями, определенными в контракте FIS.

Контракт обновления (UC) — контракт, обеспечивающий часть информации FIS и любое обновление этой информации.

Контракт по требованию (DC) — контракт между запрашиваемой стороной и поставщиком информационных услуг, таких как ADS или FIS, с целью обеспечения одиночных донесений запрашивающей стороне (в отличие от постоянных донесений на один запрос).

Контракт продвижения — контракт, согласно которому наземная система ADS обеспечивается донесениями ADS.

Конфедерация областей маршрутизации (RDC). Совокупность областей маршрутизации и (или) RDC, которые имеют соглашение о совместном объединении, RDC формируется на основе частных соглашений между ее членами без какой-либо необходимости всеобщей (глобальной) координации.

Концентратор (Hub) — устройство, используемое для подключения к сети рабочих станций.

Короткая точка доступа транспортной службы (короткая TSAP) — составляется из селектора административной области ARS факультативно, индекса местоположения LOC, индекса системы SYS, сетевого селектора SEL и транспортного селектора (селектора TSAP).

Космическая или спутниковая электросвязь — вид электросвязи, обеспечивающей передачу сообщений не только между космическими аппаратами, космическими аппаратами и наземными станциями, но и ретрансляцию сигналов через искусственные спутники Земли — в интересах передачи сообщений между наземными станциями

Коэффициент необнаруженных ошибок (RER) — отношение количества сообщений, недоставленных, потерянных или доставленных с ошибкой системой, к общему количеству сообщений, доставленных в систему за время периода измерений (применяется из ISO/IEC 8072).

Примечание. Для АТN обнаруженные, недоставленные и потерянные сообщения в данном отношении не учитываются.

Линии интерфейса — электрические цепи, являющиеся составными физическими связями интерфейса.

Локальная сеть (LAN) — соединяет узлы в пределах одного объекта.

Магистраль — представляет собой совокупность всех линий интерфейса. Обычно выделяются две магистрали: информационного канала и управления информационным каналом.

Маршрут — совокупность адресов, которая указывает назначения, достигаемые через маршрутизатор (рутер), и информация о тракте маршрута, включая QoS и безопасность, приемлемые для этого маршрута.

Маршрутизатор (рутер) (router) — устройство сети, соединяющее два канала и обеспечивающее путь передачи пакетов данных между ними. Маршрутизаторы могут воплощать различные технологии соединения каналов, которые определяют систему их классификации.

Маршрутизация - функция внутри уровня, использующая адрес, к которому приписан объект, с целью определения тракта, по которому может быть достигнут данный объект.

Международный алфавит N5 (IA5) - международный алфавит N5, определенный ITU-T.

Примечание. ATN использует поднабор IA5 «ASCII 6 бит», как использовано в режиме S вторичной радиолокации SSR.

Межсетевая структура - совокупность взаимно соединенных, логически независимых разнородных подсетей. Такие составные подсети обычно имеют раздельное административное управление и могут использовать разную передающую среду. *Метка безопасности* — может указывать требования на защиту протокольного блока данных PDU и обеспечивать информацию, используемую функциями управления доступом к сетевому уровню.

Множественный доступ с временным разделением каналов (TDMA) — технология разделения каналов электросвязи, базирующаяся на выделении каждому рабочему каналу своего временного интервала.

Множественный доступ с кодовым разделением каналов (CDMA) - технология разделения каналов электросвязи, базирующаяся на использовании в каждом рабочем канале своей «поднесущей» (адресной) кодовой последовательности. Такая технология дает возможность использования широкополосных шумоподобных сигналов в высокоскоростных системах передачи данных, в том числе и через спутники-ретрансляторы.

Множественный доступ с опознаванием (контролем) несущей (CSMA) — технология разделения каналов электросвязи, предусматривающая перед началом передачи необходимость проверки канала на занятость по контролю несущей частоты.

Множественный доступ с частотным разделением каналов (FDMA) — технология разделения каналов электросвязи, бази-

рующаяся на том, что каждому рабочему каналу в системе электросвязи выделяют свой частотный диапазон.

Мобильная подсеть — подсеть, соединяющая мобильную систему с другой системой, не находящейся на той же мобильной платформе. Данные подсети предполагают использование среды излучения в свободном пространстве (например, радиосвязь в диапазонах VHF/UHF, спутниковую связь и вторичную радиолокацию), а не замкнутую среду (например, провод или коаксиальный кабель). Таким образом эти подсети обладают способностью передачи в наиболее естественном виде.

Мобильные области маршрутизации — формируются в системах ATSC и AINSC на борту воздушного судна (или любой другой мобильной платформы) в пределах административной области пилота воздушного судна. Мобильная область маршрутизации характеризуется как конечная область маршрутизации ERD.

Модем (modem) — модуль физического интерфейса, через который с вышестоящего (канального) уровня поступают биты (информационные символы), которые нужно передать, преобразуя в сигналы, а после передачи по линии сигналов они вновь преобразуются в последовательность битов.

Модуль (module) — понятие, используемое для обозначения как устройства, так и алгоритмического или программного процесса в информационной системе. В литературе по сетям в качестве синонима понятию модуль иногда используют достаточно «заезженное» понятие система. Именно в таком контексте понятие системы используется в модели ISO/OSI.

Наземная станция (GES) — комплекс радиосредств, являющихся узлами AMSS, размещенными в фиксированных точках на поверхности Земли и обеспечивающая фидерную линию для авиационной мобильной спутниковой службы.

Примечание. Данное определение используется в регламенте радиосвязи МСЭ под термином «авиационная земная станция». Приведенное определение GES, используемое в SARPs, дано для того, чтобы его было легко отличить от бортовой земной станции AES, являющейся мобильной станцией на воздушном судне.

Наземный пользователь - абстрактная часть наземной системы, которая выполняет соответствующие несвязные функции приложения.

Наземный элемент прикладных услуг (наземный-ASE) — абстрактная часть наземной системы, которая выполняет соответствующие функции данного приложения.

Начальная часть области (IDP) — полномочный орган адресации, ответственный за подобласть адресации, который назнача-

ет адрес точки доступа сетевой службы NSAP и определяет абстрактный синтаксис и структуру остатка части адреса NSAP.

Независимая от подсети функция конвергенции (SNISF) - общий протокол для всех хост-ЭВМ и рутеров, который используется для переноса данных. SNISF является протоколом без установления соединения, определенным в ISO/IEC 8473.

Непрерывность обслуживания — свойство информационной системы, определяющее надежность во время ее эксплуатации.

Нижние уровни — физический уровень, уровень звена передачи данных (канальный), сетевой и транспортный уровни эталонной модели ISO/OSI.

Область маршрутизации (RD) — совокупность конечных и промежуточных систем, которые используют одинаковые протоколы и процедуры маршрутизации и целиком принадлежат одной административной области.

Область подсети — совокупность конечных и промежуточных систем, соединенных с одной физической сетью.

Область сетевой адресации — поднабор области глобальной адресации, состоящий из всех адресов NSAP, назначенных одним или более полномочным органом адресации.

Область управления (MD) — ресурсы, которые в целях системного управления представлены со стороны управляемых объектов. Область управления обладает, по крайней мере, следующими составляющими: именем, которое однозначно определяет данный объект управления; идентификацией набора управляемых объектов, которые являются членами области, и идентификацией некоторых межобластных соотношений между данной областью и другими областями.

Область управления AMHS — область управления AMHS, сформированная органом ОрВД (АТМ) для административного управления той частью AMHS, за которую он отвечает.

Область — совокупность конечных и промежуточных систем, которые действуют в соответствии с одинаковыми процедурами маршрутизации и целиком содержатся в одной административной области.

Обмен данными между органами ОрВД (AIDC) — автоматизированный обмен данными между органами АТС, в частности, касающихся координации и передачи управления полетами.

Обозначение органа обслуживания IC AO (Индекс адреса AFTN ICAO) — 8-значная кодовая группа, сформированная в соответствии с правилами, предписанными ICAO, назначаемая для конечных систем ОрВД (АТМ), выполняющих прикладной процесс.

Оборудование передачи данных (DCE) — интерфейс между конечным оборудованием передачи данных и механизмом передачи.

Обслуживание воздушного движения (ATS) — общий термин, означающий в соответствующих случаях полетно-информационное обслуживание, аварийное оповещение, консультативное обслуживание при УВД (районное диспетчерское обслуживание, диспетчерское обслуживание при подходе и аэродромное обслуживание).

Обслуживание при УВД — обслуживание, обеспечиваемое с целями: 1) предупреждение столкновений между воздушными судами и в маневренной зоне между воздушным судном и препятствиями; 2) более простого обеспечения и поддержания регулярного потока воздушного движения.

Объект прикладных услуг (ASO) — активный элемент внутри прикладного объекта (или его эквивалент в целом), включающий в себя ряд возможностей, определенных для прикладного уровня и соответствующих конкретному типу ASO (без использования каких-либо дополнительных возможностей). ASO является комбинацией элементов прикладных услуг ASE и тех ASO, которые выполняют определенную функцию. ASO, который обеспечивает функции установки и передачи данных, считается полным протоколом.

Объект — активный элемент на любом уровне, который может быть или элементом программного обеспечения (таким, как процесс), или элементом аппаратного средства (таким, как чип интеллектуального ввода/вывода).

Орган ОрВД (ATSU) — общий термин, означающий в разных случаях орган УВД, центр полетной информации, центр или службу донесений по ОрВД (АТМ).

Орган ОрВД (АТМ) по управлению полетом (D-ATSU) — осуществляет координацию условий передачи управления полетом от управляющего ATSU (С-АТСУ) к принимающему ATSU (R-АТСУ), причем С-АТСУ может уведомлять D-АТСУ о разрешенном профиле полета перед эффективной передачей управления принимающему ATSU (R-АТСУ).

Организационное обеспечение О/М — организационно-методическое обеспечение функционирования информационной системы.

Организация ОрВД — государство или организация — члены ICAO, которые осуществляют административное управление одной или более конечной и (или) промежуточной системами.

Организация воздушного пространства (ASM) — одна из функций (наряду с АТС и АТФМ) организации воздушного движения ОрВД (АТМ), обслуживаемая авиационной элект-

росвязью и предназначенная для использования в максимально возможной степени имеющейся пропускной способности воздушного пространства путем динамического распределения временных окон, а в отдельных случаях путем распределения частей воздушного пространства между различными категориями потребителей, исходя при этом из их краткосрочных потребностей. Служба ASM призвана создавать структуры воздушного пространства, которые позволят удовлетворять потребности различных типов авиационной деятельности, объемов воздушного движения и предоставлять различные уровни обслуживания. ASM - это процесс, посредством которого будут выбираться различные варианты организации воздушного пространства с целью выполнения требований сообщества ОрВД (АТМ).

Организация потоков воздушного движения (АТФМ) — одна из функций организации воздушного движения ОрВД (АТМ), обслуживаемая авиационной электросвязью и призванная организовать оптимальные потоки воздушного движения в те периоды времени, когда в диспетчерском районе потребности превышают пропускную способность службы УВД. В документах ИКАО (см., например [34]) реализация данной функции постоянно увязывается с совершенствованием технического обеспечения системы ОрВД (АТМ) за счет внедрения новых технических средств навигации, наблюдения, электросвязи и автоматизированных систем ОрВД, предусмотренных концепцией CNS/АТМ. Соответствующая служба АТФМ оказывает помощь УВД (АТС) в выполнении задач по обеспечению эффективного использования имеющейся пропускной способности воздушного пространства и аэропорта таким образом, чтобы расходы, связанные с задержками, были минимальными, а используемые средства системы CNS/АТМ повышали пропускную способность всех элементов системы ОрВД (АТМ).

Отдельная часть области (DSP) — полномочный орган адресации, являющийся ответственным за собственную подобласть адресации. При этом адреса точки доступа сетевой службы NSAP в пределах всей области адресации различаются, при необходимости, по значению DSP.

Открытая система (OS) — модуль, способный обрабатывать и (или) передавать данные и удовлетворяющий требованиям установленных стандартов при его взаимодействии с другими системами.

Паритетные модули — простые (нерасчленимые на более глубоких уровнях) модули на заданном уровне иерархии эталонной модели взаимодействия ISO/OSI.

Перечень требований к профилю АТН (APRL) — устанавливает требования в табличной форме, включая варианты и параметры для протоколов, используемых в АТН. Поставщик реализации протоколов АТН, претендующий на подчинение техническим требованиям, должен показать согласованность с этими требованиями, подготовив заявление о соответствии реализации протоколу PICS, основанное на ряде APRL.

Периодический контракт (PC) — контракт, обеспечивающий донесения ADS через регулярные интервалы времени.

План адресации — план, который обеспечивает общий синтаксис адреса и организацию глобальных адресов для однозначной идентификации всех конечных и промежуточных систем в соответствии с правилами, предписанными в ISO/IEC 7498-3 и ISO/IEC TR10730.

План полета — определенная информация, обеспечиваемая органом обслуживания воздушного движения относительно подрамуемого полета воздушного судна или части этого полета.

План присвоения имен — план, который обеспечивает общие соглашения по присвоению имен и обозначений для однозначной идентификации всех конечных и промежуточных систем в соответствии с правилами, предписанными в рекомендациях ISO/IEC 7498-3, ISO/IEC TR10730 и ISO/IEC 9545.

Подгруппа. Реализация приложения бортовой или наземной службы, подчиняющаяся SAPRs для этого приложения и поддерживающая определенные, технически приемлемые, но неполные функциональные возможности приложения.

Подсеть (SN) - действующая реализация сети передачи данных, которая использует однородный протокол и план адресации и находится под управлением единственного полномочного органа.

Подуровень управления доступом к среде (MAC) — подуровень канального уровня эталонной модели ISO/OSI, обеспечивающий регулирование доступа к физической среде.

Подуровень управления логическим каналом (LLC) — подуровень канального уровня эталонной модели ISO/OSI, обеспечивающий обслуживание сетевого уровня.

Показатель качества (FOM) — индикация уровня точности информации о местоположении, данная в донесении ADS.

Полетно-информационное обслуживание (FIS) — одна из функций (наряду с АТС, АТФМ, АСМ) организации воздушного движения ОрВД (АТМ), обслуживаемая авиационной электросвязью и обеспечивающая сбор, обработку и распространение полетной информации в целях оказания помощи пилоту в выполнении им безопасного и эффективного полета.

Полномочный орган данных по направлению полета — наземная система, которая имеет разрешение проводить диалог о разрешении по направлению полета DSC с воздушным судном, используя CPDLC по направлению полета.

Полномочный орган данных — наземная система, которая предназначена для установления и поддержания транспортного соединения с воздушным судном. Передача связи от текущего полномочного органа передачи данных к следующему полномочному органу готовится до реального переключения линии передачи данных с помощью назначения следующего полномочного органа в специальном сообщении CPDLC.

Пользователь — абстрактная часть воздушного судна или наземной системы, которая выполняет несвязные функции приложения. Прямым пользователем ATN является приложение внутри конечной системы, поддерживающей OpВД (АТМ) и обслуживание авиационной отрасли. Пользователь может также рассматриваться на абстрактном уровне как организация, например, авиакомпания или поставщик услуг.

Последующий полномочный орган данных — наземная система, которая предназначена для установления и поддержания транспортного соединения в целях проведения диалога CPDLC, имеющего отношение к службам принимающего органа OpВД R-ATSU.

Поставщик услуг - наземные и бортовые объекты АЕ для приложения всех основополагающих объектов протокола передачи данных и физической среды. Как следствие, поставщик услуг включает в себе всё между сервисными интерфейсами прикладного объекта конечных пользователей заданного приложения.

Правила уплотненного кодирования (PER) — правила кодирования, определенные в стандарте ISO/IEC 8825-2, которые разработаны для минимизации количества передаваемых битов.

Правила формирования подгрупп — формальные инструкции, относящиеся к требованию сочетаний элементов внутри SARPs для приложения и основывающиеся ограниченную функциональную возможность этого приложения.

Предупреждение об опасности (AL) — одна из функций АТМ (наряду с АТС, АТФМ, АСМ, FIS), обслуживаемая авиационной электросвязью и обеспечивающая быстроту начала операций по поиску и спасению потерпевших бедствие воздушных судов.

Префикс адреса точки доступа сетевой службы - используется для идентификации групп систем, которые находятся в заданной области маршрутизации или конфедерации областей маршрутизации. Префикс NSAP может иметь длину, которая меньше или равна базовой NSAP.

Прикладной объект (АЕ) — часть прикладного процесса, которая имеет отношение к среде ISO/OSI. Аспекты прикладного процесса, которые необходимо учитывать в целях ISO/OSI, представляются одним или более АЕ.

Прикладной пользователь — абстрактная часть системы воздушного судна или наземной системы, которая выполняет ряд функций приложения, не относящиеся к связи.

Прикладной протокольный блок данных (APDU) — является N PDU, где N соответствует прикладному уровню. APDU является основной единицей информации, которой обмениваются бортовое и наземное приложения.

Прикладной процесс (AP) — совокупность ресурсов, включая ресурсы обработки, внутри реальной открытой системы, которая может быть использована для выполнения отдельного действия по обработке.

Прикладной уровень (уровень применения) (Application Layer) - уровень эталонной модели ISO/OSI, который управляет доступом прикладного пользователя к системе связи и обеспечивает обслуживание при установлении логических ассоциаций с другими приложениями. Он синтезирует задачи, связанные с конкретным применением сети передачи данных, и аккумулирует в себе основные выходные показатели всех шести нижних уровней. В состав реальной архитектуры ISO/OSI входит обычно только часть прикладного уровня, обеспечивающая обработку информации. Большая часть протоколов прикладного уровня подлежит определению самими пользователями информационной системы. Общие услуги уровня применения — это средства, с помощью которых пользователи обращаются друг к другу.

Прикладные услуги — абстрактный интерфейс между N-услугами и пользователем N-услуг, где N соответствует прикладному уровню. Таким образом, данный интерфейс является границей между АЕ и прикладным пользователем.

Приложение «Контекстное управление» (СМ) — одно из приложений АТН, которое обеспечивает услугу подключения во время первоначального вхождения воздушного судна в АТН и справочник по другим приложениям линии передачи данных на воздушном судне. Данное приложение также включает функциональную возможность пересылки адресов между органами АТН.

Примечание. Контекстное управление является признанным термином модели ISO/OSI для уровня представления.

Приложение AIDC - одно из приложений АТН, предназначенное для обмена между органами OpВД ATSU информацией по УВД в целях поддержки уведомления о полетах, координа-

ции полетов, передачи управления, передачи связи, передачи данных по наблюдению и данных общего назначения.

Приложение ATIS — одно из приложений ATN, которое поддерживается ATIS.

Приложение ATN — соответствует приложению, которое разработано для операций над службами ATN.

Приложение CPDLC — одно из приложений ATN, которое обеспечивает средства передачи данных в интересах УВД между управляющими, принимающими или передающими в направлении полета органами ОрВД (АТМ) и воздушным судном, используя подсети «борт—земля» и «земля—земля» и существующую фразеологию ICAO для речевой связи при УВД.

Приложение FIS — одно из приложений ATN, которое обеспечивает воздушное судно информацией и консультацией, способствующей безопасному и эффективному проведению полета.

Приложение «борт—земля» — приложение, которое имеет по одному равноправному приложению на воздушном судне и на Земле. Приложение «борт—земля» может потребовать использование подсетей «земля—земля».

Приложение «земля—земля» — приложение, которое имеет оба равноправных приложения на земле.

Приложение — основное использование информационной системы, определяемое из предназначения этой системы.

Принимающий орган ОВМ(R-ATSU) — последующий орган управления воздушным движением, который является полномочным органом процесса принятия управления и несет ответственность за связь для полета, переданного от управляющего органа ОрВД С-АТСУ.

Принцип функциональной модульности — является центральным в архитектуре информационных систем. Этот принцип основан на понятии модуля. Тот, кто использует этот модуль как компонент при построении более сложной системы, будет считать его «черным ящиком» (Black Box), характеризующимся зависимостями «вход-выход». Некоторый модуль вместе с другими может использоваться для построения более сложного модуля, который будет опять рассматриваться на более высоких уровнях как новый «большой» модуль (рис. 1.2). Модули, которые невозможно представить совокупностью модулей более низкого уровня, называются простыми. Функциональная модульность непосредственно приводит к иерархии вложенных (агрегированных) модулей. Теперь информационная система может быть сформирована как взаимосвязанная совокупность модулей некоторого высокого уровня и, возможно, некоторого числа дополнительных простых модулей, не-

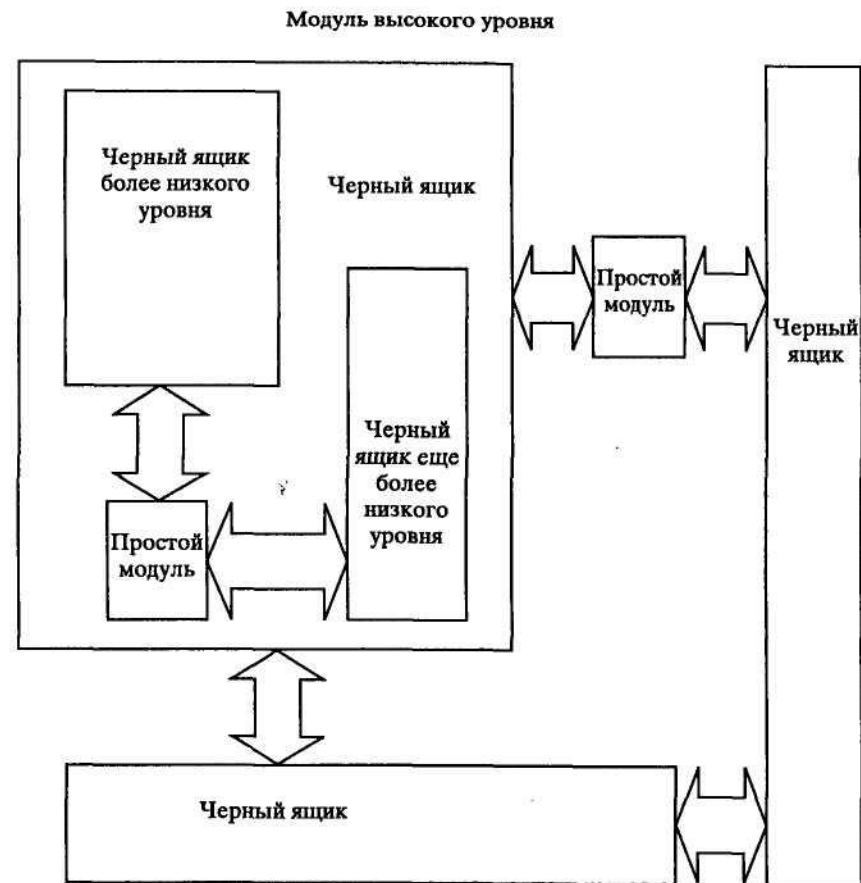


Рис. 1.2. Иллюстрация принципа функциональной модульности

обходимых для обеспечения указанных взаимосвязей и выполнения дополнительных, простых для данного уровня функций. В соответствии с принципом функциональной модульности на этом уровне могут участвовать в формировании архитектуры простые модули. И так далее: каждый модуль данного уровня по той же технологии может быть также структурирован (если он, конечно, не простой модуль) на более низком уровне.

Приоритет (P) — важность отдельного протокольного блока данных PDU относительно других переносимых PDU. Используется для распределения ресурсов, которые становятся недостаточными во время переноса данных.

Прогнозируемый профиль полета — отображает, где и когда ожидается воздушное судно в двух последующих пунктах маршрута.

Программные средства (Программное обеспечение) S/W (software; сейчас все чаще применительно к системам искусственного интеллекта используется понятие brain—software) — совокупность программ и процедур, правил, а также соответствующей документации, необходимой для функционирования информационной системы.

Промежуточная система (IS) — система, которая выполняет функции ретрансляции и маршрутизации и включает три нижних уровня эталонной модели ISO/OSI.

Протокол (Protocol) — логические и процедурные правила, определяющие взаимосвязи между открытыми системами одного уровня эталонной модели ISO/OSI с целью выполнения набора требуемых услуг.

Протокол доступа подсети (SNACP) — действующий протокол, используемый для получения обслуживания от отдельной подсети. Например, протоколом доступа подсети ко многим сетям передачи данных общего пользования является X.25.

Протокол межсетевое взаимодействие (IP) — важнейший элемент технологии Internet, обеспечивающий передачу пакетов через подсети от шлюза к шлюзу независимо от природы подсети и реализованных в ней протоколов. Осуществляет основной механизм передачи «из конца в конец» для обмена пакетами данных между сетевыми объектами. В службе межсетевой связи ATN используется протокол межсетевого взаимодействия ISO/IEC 8473.

Протокол обмена информацией маршрутизации — протокол, используемый для обмена информацией о связности подсетей между конечными и промежуточными системами, а также между самими промежуточными системами.

Протокол сети без установления соединения (CLNP) — протокол, отвечающий за прохождение пакетов данных через службу межсетевого взаимодействия ATN.

Протокол TCP (Transmission Control Protocol) — надежный сквозной протокол в технологии Internet, обеспечивающий доставку данных пользователям между конкретными портами в рамках сети с использованием механизмов предварительного логического соединения.

Протокольный блок данных (PDU) — во-первых, блок данных, переносимых между двумя равноправными объектами в пределах какого-либо уровня протокола, состоящий из информации по управлению протоколом и данных пользователя более высокого уровня (т.е. сервисных блоков данных); во-вторых, блок

данных, установленный в N-протоколе и состоящий из информации по управлению N-протоколом и, возможно, данных N-пользователя, где N означает уровень.

Протокольный стек типа А сообщения ОрВД — протокол, реализованный между двумя конечными системами ATN, который поддерживает службу прохождения через ATN.

Профиль — определяет ограничения на соответствие реализации ряду эталонных спецификаций.

Рабочая станция (Workstation) — любое устройство, принимающее и передающее данные под управлением пользователя.

Разрешение по направлению полета (DSC) — отдельное разрешение, запрашиваемое воздушным судном у органа ОрВД (ATM), который не является управляющим органом ATS. Служба DSC может инициироваться только воздушным судном.

Разрешение по УВД-полномочие для воздушного судна следовать условиям, определенным органом УВД.

П р и м е ч а н и я : 1. Для удобства термин «разрешение по УВД» часто сокращается до слова «разрешение» при использовании в соответствующих контекстах.

2. Сокращенный термин «разрешение» может сопровождаться добавлением слов «руление», «взлет», «вылет», «на трассе», «подход» или «посадка» для указания на часть полета, к которой относится разрешение по УВД.

Район маршрутизации (RA) — подобласть маршрутизации, включающая одну или более промежуточных систем IS и, возможно, одну или более конечных систем ES.

Район полетной информации (FIR) — воздушное пространство определенных размеров, в котором обеспечивается полетно-информационное и аварийное обслуживание.

Расходы — стоимость решения некоторой задачи. В контексте взаимодействия расходы определяются как увеличивающиеся расходы на передачу одиночного стандартного блока данных сетевой службы NSDU размером 512 октетов.

Расчетное время прибытия (ETA) — для полетов по приборам IFR время, в которое рассчитано прибытие воздушного судна в назначенную точку, определенное с помощью навигационных средств, по которым устанавливается начало процедуры инструментального подхода, или, если на аэродроме нет навигационных средств, — время, когда воздушное судно ожидается на аэродроме. Для полетов по правилам визуальных полетов VFR — это время, когда воздушное судно ожидается на аэродроме.

Расширенный прогнозируемый профиль полета — расчетный профиль полета, расширенный до ряда пунктов маршрута.

Режим выбора (Режим S) — усовершенствованный режим вторичной радиолокации SSR, который позволяет проводить выборочный опрос ответчиков режима S при двухстороннем обмене цифровыми данными между запросчиками и ответчиками режима S, а также опрос ответчиков, работающих в режимах A и C.

Режим offline (освободить линию) — режим работы пользователей при передаче данных, при котором канал связи предоставляется абоненту лишь на время короткого сеанса связи. Передав необходимую информацию по каналу связи, абонент освобождает его. Освободившийся канал может быть использован для информационного обслуживания других пользователей. При этом в случае поступления требования от абонента на предоставление ему канала связи данный канал может быть занят другим пользователем системы связи. Режим «off line» целесообразно применять при передаче коротких сообщений. В настоящее время этот режим широко используется для организации информационного обслуживания в стационарных корпоративных вычислительных сетях.

Режим on line (на линии) — режим работы пользователей при передаче данных, при котором канал связи закрепляется за абонентом, т. е. выделяется ему в любой момент времени по требованию и используется им в течение всего времени информационного обслуживания, как правило, на долгосрочной основе. При этом во время работы абонента по выделенному каналу связи никто из других пользователей системы не может им воспользоваться. Режим on line используется, как правило, для передачи больших объемов информации, или при организации работы с информационно-справочными системами на долгосрочной основе. Этот режим работы широко применяется для организации работы стационарных и частично мобильных пользователей в среде глобальной сети Internet.

Резервное значение - разрешенные значения для соответствующих полей (с еще не назначенными ICAO значениями). Эти значения следует обычно обрабатывать с целью их дальнейшего использования. Значения могут быть назначены в будущем и не доступны для местного использования. Распределение этих значений требует отсутствия изменений в идентификаторе (индексе) версии.

Самоорганизующийся Множественный Доступ с Временным Разделением Каналов (STDMA) — технология TDMA, когда каждый абонент отвечает за предварительный выбор и резервирование временных интервалов, которые он хочет использовать.

Санкционированный тракт — тракт электросвязи, который административным(ми) органом(ами) области(тей) маршрути-

зации предопределен как подходящий для данного типа и категории трафика.

Связь «диспетчер—пилот» (CPC) — в управляемом воздушном пространстве непрерывное прослушивание на соответствующей радиочастоте (вручную или автоматически с помощью сигнальных устройств) и установление двухсторонней связи с соответствующим органом УВД.

Связь «диспетчер—пилот» по линии передачи данных (CPDLC) — способ связи между диспетчером и пилотом с использованием линии передачи данных для обмена сообщениями по УВД.

Связь для обслуживания авиационной отрасли (AINSC) — связь, относящаяся к обслуживанию авиационной отрасли, включая связь при авиационном оперативном контроле, авиационную административную связь и авиационную связь для пассажиров. Данная связь включает в себя один или более административных органов по обслуживанию авиационной отрасли. Этот термин используется в целях управления адресацией.

Связь между центрами (ICC) — представляет собой обмен данными между органами ОрВД (АТМ) при обеспечении АТS, касающимися уведомления, координации, передачи управления, планирования полетов, АТFM и АSМ.

Связь общего назначения — категория электросвязи, включающая авиационную электросвязь для пассажиров, общественную корреспонденцию и другие виды неоперативной и неадминистративной электросвязи.

Связь при ОВД (АТSС) - связь, относящаяся к АТS, включая УВД, передачу авиационной и метеорологической информации, донесения о местоположении, а также к обслуживанию, связанному с безопасностью и регулярностью полетов. Данная связь используется одним или несколькими органами АТS. Этот термин применяется в целях адресации.

Сеансовый уровень (Session Layer) — уровень эталонной модели ISO/OSI, который устанавливает правила диалога между двумя объектами конечных пользователей. На этом уровне осуществляются управление синхронизированным взаимодействием между двумя терминалами при установлении сеанса связи, организация доступа к сети, защита от несанкционированного доступа, организация справочной службы и сервисных функций. Целью сеансового уровня является организация (через представительный уровень) сеансов связи между двумя или более (одновременно) прикладными процессами. Сеансовый уровень предоставляет два вида сервиса: соединение (разъединение)

прикладных процессов и управление обменом данными между ними; определяет начало и окончание заданий (нормативное или срочное), время, режим и длительность ведения диалога объектов (двунаправленный одновременный или поочередный обмен данными), восстановления после ошибки связи без потери данных.

Селектор точки доступа сеансовой службы (SSAP) — элемент сеансового адреса, который идентифицирует пользователя объекта протокола сеансового уровня.

Селектор точки доступа службы представления (PSAP) — элемент адреса представления, который идентифицирует пользователя объекта протокола представления.

Сервер (Server) — процессор, используемый как централизованное хранилище файлов (совокупность связанных данных, хранящихся во внешней памяти) и позволяющий работать и предоставлять в совместное пользование большее число удаленных пользователей, реализовать возможность сопряжения разнородных сетей передачи данных и выполнять ряд других сервисных функций сетей передачи данных.

Сервер сообщения ОрВД — конечная система АТН, которая обеспечивает функцию трансляции, включенную в состав службы обмена сообщениями ОрВД (АТМ).

Сервисный блок данных (SDU) — блок данных, переносимый между объектами смежных уровней, который скрыт внутри протокольного блока данных PDU для переноса в равноправный уровень.

Сервисный интерфейс прикладного объекта — интерфейс между прикладными пользователями и поставщиком прикладных услуг.

Примечание. В приложении ADS сервисный интерфейс ADS-ASE совпадает с интерфейсом абстрактных услуг ADS-AE.

Сервисный интерфейс элемента прикладных услуг — абстрактный интерфейс, через который осуществляется доступ к услугам ASE.

Сервисный примитив — функция элемента прикладных услуг ASE, которая далее не разбивается на подфункции и представляется как часть интерфейса абстрактных услуг (т.е. запрос, индикация, ответ или подтверждение).

Сервисный элемент управления ассоциацией (A CSE) — является общим механизмом в структуре прикладного уровня ALS для установления и прекращения ассоциацией объекта прикладных услуг ASO.

Сетевой объект (NE) — функциональная часть межсетевого маршрутизатора (рутера) или хост-ЭВМ, отвечающая за опера-

цию межсетевого обмена данными, обмен информацией по маршрутизации и протоколы управления сетевым уровнем.

Сетевой уровень (NL-Network Layer) — обеспечивает интерфейс однородного обслуживания для обмена данными между конечными ES и промежуточными IS системами с использованием архитектуры протоколов эталонной модели ISO/OSI. По отношению к транспортному уровню здесь обеспечивается прозрачный обмен данными между объектами.

Сеть (Network) — совокупность узлов (nodes) и соединяющих их ветвей (paths).

Сеть передачи данных с коммутацией пакетов X.25 (PSDN) — сеть связи, которая обеспечивает службу сетевого доступа в соответствии с рекомендацией X.25 ССИТТ.

Сеть среднего радиуса действия (MAN) — объединяет несколько локальных сетей LAN либо узлы одного города или района.

Сеть широкого (континентального и общемирового) радиуса действия (WAN) — в литературе по концепции CNS/ATM сеть WAN чаще всего называется глобальной.

Сеть Ethernet — основанная на стандарте ISO/IEC 8802-3 локальная сеть, использующая метод доступа, называемый множественным доступом с контролем несущей и обнаружением столкновений CSMA/CD, со спецификацией физического уровня с технологией вещания, которая может подключаться как подсеть АТН.

Сигнал (Signal) - изменение некоторой физической величины, используемой для передачи данных.

Система обозначений номер один абстрактного синтаксиса (ASN. 1) — система обозначений номер один абстрактного синтаксиса определена в ISO/IEC 8824-1. Цель данной системы обозначений заключается в предоставлении возможности установить типы данных и значения этих типов данных без определения их реального представления (кодирования) для передачи с помощью протоколов.

Система обработки сообщений ОрВД (AMHS) — совокупность вычислительных и связанных ресурсов, реализуемых организациями ОрВД (АТМ) для обеспечения службы обмена сообщениями ОрВД (АТМ).

Система управления полетами (FMS) — интегрированная система, состоящая из датчиков, приемника и компьютера, хранящего как навигационную базу данных, так и базу данных характеристик воздушного судна для обеспечения выдачи летно-технических характеристик и процедур зональной навигации RNAV на дисплей и системы, обслуживающие автоматические режимы управления полетом.

Система CNS/ATM — совокупность средств электросвязи, навигации и наблюдения, обеспечивающая заданную организацию воздушного движения в рамках концепции CNS/ATM.

Системное приложение — приложение, поддерживающее действие приложений «борт—земля», «земля—земля» или службы связи. Системное приложение может принимать форму приложения «борт—Земля» или «земля—земля».

Системное управление (SM) — системное управление ATN, обеспечивает детерминированное и управляемое поведение с целью поддержки требуемых уровней связного обслуживания путем предоставления средств управления, координации и контроля ресурсов, дающих возможность осуществления связи в среде ATN. Данные средства включают управление в условиях неисправности, управление системными ресурсами и конфигурацией, а также управление функционированием и безопасностью.

Служба автоматической передачи информации в районе аэродрома (ATIS) — обеспечение текущей, установленной информацией о полете и вылете воздушных судов в течение суток или определенной части суток по линии передачи данных или путем непрерывных и повторяющихся речевых радиопередач.

Служба межсетевой электросвязи (ICS) — является межсетевой архитектурой, которая позволяет взаимодействовать подсетям «земля-земля», «борт—земля» и бортовым подсетям с использованием общих интерфейсных служб и протоколов, основанных на эталонной модели ISO/OSI.

Службы обработки сообщений ОрВД (ATSMHS) - процедуры, используемые для обмена сообщениями ОрВД (ATM) по ATN таким образом, что доставка сообщения ОрВД, как правило, не связана с доставкой другого сообщения ОрВД поставщиком услуг. Существует два вида служб обработки сообщений ОрВД. Это служба обмена сообщениями ОрВД и служба прохождения через ATN.

Служба связи верхнего уровня — термин, относящийся к сеансовому уровню, уровню представления и прикладному уровню эталонной модели ISO/OSI.

Службы связи ATN— сочетание из службы межсетевой связи и службы связи верхних уровней.

Сообщение (Message, Report) — основная единица информации пользователя, представляемая упорядоченной последовательностью символов, предназначенных для передачи информации при обмене между бортовым приложением и его наземной частью или между двумя наземными приложениями. Сообщения передаются в одном или более блоках данных от одного конечного пользователя другому через различные подсети.

Сообщения службы аэронавигационной информации (AIS) — сообщения, касающиеся службы аэронавигационной информации.

Сообщение AMHS — пример категории информационного объекта, определенного в ISO/IEC 10021-2 как сообщение и доставляемого в AMHS. Оно скомпоновано из конверта и содержания.

Сообщение ОрВД— блок данных пользователя, кодированный в двоичном коде, который передается от источника данных к одному или нескольким потребителям этих данных. К каждому сообщению ОрВД можно добавить уникальный идентификатор сообщения и приоритет.

Справочник — средство, которое по запросу поддерживает восстановление адресной информации или разрешение прикладных имен.

Среда ATN— среда, которая соответствует функциональным и эксплуатационным аспектам ATN, как полная система связи из «конца в конец».

Средства электросвязи обслуживания воздушного движения (ATSC) — обеспечивают электросвязь и передачу данных в интересах ATS, включая УВД. ATSC осуществляют передачу и обмен разнообразной авиационной, метеорологической информации и информации в рамках реализации функции ADS, а также других служб, ответственных за безопасность и регулярность полетов.

Срочный контракт — контракт, обеспечивающий донесения по ADS через регулярные интервалы в период чрезвычайной ситуации.

Стандартный интерфейс — совокупность унифицированных аппаратурных, программных и конструктивных средств, необходимых для реализации взаимодействия различных функциональных элементов в автоматических системах сбора и обработки информации при условиях, предписанных стандартом и направленных на обеспечение их информационной, электрической и конструктивной совместимости. При обеспечении взаимодействия устройств интерфейс определяет тип стыка, уровни и характеристики сигналов, импедансы, синхронизацию и другие параметры канала связи. Программный интерфейс определяет совокупность допустимых процедур или характеристик этих процедур, список общих переменных, областей памяти или других объектов. При сопряжении аналоговых и цифровых устройств интерфейс обеспечивает дискретизацию, квантование и кодирование сигналов для последующей их цифровой обработки.

Стек (или протокольный стек) — совокупность взаимодействующих протоколов ISO/OSI, выбранная из отдельных уровней эталонной модели. Стек верхнего уровня соответствует протоколам сеансового уровня, уровня представления и прикладного уровня, а стек нижнего уровня соответствует протоколам физического, канального, сетевого и транспортного уровней.

Стратегия маршрутизации — совокупность правил, по которым производится управление выбором маршрутов и распределение информации маршрутизации граничными промежуточными системами BIS. Данные правила основаны скорее на стратегическом критерии, чем на метриках функционирования, таких как подсчет скачков, емкость, задержка прохождения, стоимость, которые обычно применяются при маршрутизации. В ATN существует две группы стратегии маршрутизации: общая стратегия маршрутизации для обеспечения связности на приемлемом уровне обновления информации маршрутизации; стратегия маршрутизации, определенная пользователем, т.е. индивидуальные стратегические правила, которые могут быть дополнительно реализованы в BIS административными органами и организациями с целью удовлетворения их отдельных эксплуатационных и стратегических нужд.

Структура радиоэлектронных средств (в том числе и систем CNS/ATM) — определяет характер связей между их модулями, как единого целого, а соответственно под перестройкой структуры понимается зависящее от обстановки и условий эксплуатации изменение состава и функционального взаимодействия модулей радиоэлектронных средств, которое обеспечивает выполнение поставленных задач.

Структура прикладного уровня (ALS) — соответствует внутренней архитектуре прикладного уровня ISO/OSI согласно ISO/IEC 9545.

Текущий полномочный орган данных — наземная система, которая предназначена для установления и поддержания транспортного соединения в целях проведения диалога по CPDLC, относящегося к обслуживанию C-ATSU.

Терминал (Terminal) — специализированное устройство, позволяющее вводить в центральную ЭВМ (сервер) программы, передавать их на выполнение и выводить получаемые результаты.

Тип трафика — средства, используемые для различения отдельных типов трафика сообщений в целях установления трактов связи для поддержания эксплуатационных и узаконенных требований. Существует четыре типа трафика.

1. Трафик оперативной связи, подразделяемый на две категории, представляющие связь по безопасности и регулярности по-

летов: связь при ОрВД (АТМ); авиационный оперативный контроль АОС.

2. Административная связь, представляющая связь, не имеющую отношения к безопасности и регулярности полетов, осуществляемую агентствами по эксплуатации воздушных судов и административными органами ОрВД.

3. Связь общего назначения, представляющая авиационную связь для пассажиров АРС, общественную корреспонденцию и прочую неоперативную и неадминистративную связь.

4. Связь по системному управлению, представляющая информацию по системному управлению, которая является критической для поддержания сетевых операций в сети.

Примечание. Отличие в типах трафика требуется потому, что различные типы трафика данных могут иметь различный доступ в подсети. Тип трафика сообщается в метке безопасности ATN в соответствии с ISO/IEC 8473 и ISO/IEC 10747. Это используется с целью квалифицировать пакеты данных протокола сети в режиме без установления соединения CLNP и маршруты (между областями) в соответствии с классом трафика по этим маршрутам. Служба межсетевой связи ATN управляет доступом к подсетям на основе данной квалификации.

Точка доступа сетевой службы (NSAP) — точка внутри архитектуры протоколов ISO/OSI, к которой могут быть однозначно адресованы глобальные конечные пользователи на основе соединения из «конца в конец».

Точка доступа транспортной службы (TSAP) — точка логического доступа в транспортный уровень.

Точка подсоединения подсети (SNPA) — точка, в которой реальная конечная система, взаимодействующий орган или реальная подсеть подсоединяется к другой реальной подсети и которая является концептуальной точкой внутри конечной или промежуточной системы, которой предлагаются услуги подсети.

Точность информационной системы — характеристика, оцениваемая вероятностью искажения единицы информации.

Транзитная область маршрутизации (TRD) — область, чьи стратегии позволяют ее граничным промежуточным системам BIS обеспечивать трансляцию протокольных блоков данных PDU, источник которых находится в местной или другой области маршрутизации.

Трансляция — процесс переноса пакетов через подсети, включая любое необходимое преобразование пакета.

Транспарентность (Transparent) — свойство прозрачности канала, обеспечивающее кодонезависимую передачу.

Транспортный протокол класса 4 (TP-4) — определен в ISO/IEC 8073 и профилирован для контекста ATN с целью обес-

печения транспортных услуг в режиме установления соединения, как описано в ISO/IEC 8072.

Транспортный уровень (Transport Layer) — четвертый уровень эталонной модели ISO/OS I, который обеспечивает надежную доставку данных в соответствующий пункт назначения вне зависимости от используемых протоколов сетевого уровня и подсетей, входящих в состав сети. Здесь описываются следующие процессы: разбивка сообщений на пакеты в передающем узле и объединение пакетов в сообщения в приемном узле; компенсация задержек в передаче пакетов, анализ достоверности принятого сообщения в целом; оповещение передающего пункта о получении сообщения и качестве поступившей информации, повторение при необходимости передачи всего сообщения, защита передачи информации от несанкционированного доступа. На транспортном уровне реализуется одновременная работа с несколькими сообщениями (сеансовыми объектами) от различных отправителей, предназначенных различным получателям (соответствующим иницируемым сеансам связи). Взаимосвязь сеансовых объектов выполняется по транспортным соединениям (виртуальным каналам), предоставляемым транспортным уровнем. Целью транспортного уровня является передача информации между объектами сеансового уровня. Протоколы транспортного уровня относятся к типу end-end.

Требование системного уровня — является техническим требованием высокого уровня, которое следует из эксплуатационных требований, технологических ограничений и ограничений по регулированию (административному или организационному). Требования системного уровня являются основой для функциональных требований и требований более низкого уровня.

Требования к пользователю — требования, которые предъявляются пользователю для обеспечения совместимости службы связи и прикладных объектов.

Требования к функционированию — требования, определяющие характеристики функции, такие как надежность, готовность, время ответа, задержка обработки, целостность, являющиеся необходимыми для удовлетворения эксплуатационных требований к отдельному применению данной функции.

Требуемое качество обслуживания — характеристики обслуживания, запрашиваемые пользователем этого обслуживания.

Управление воздушным движением УВД (АТС) — технология управления воздушными перевозками, цель которой состоит в обеспечении выдерживания безопасных интервалов между воздушными судами и препятствиями в пределах воздушного пространства.

Управление потоком — функция, управляющая потоком данных для осуществления буферизации в пределах уровня или между смежными уровнями.

Управление сетью (NM) — ряд функций, относящихся к управлению различными ресурсами ISO/OSI и их состоянием через сетевой уровень архитектуры ISO/OSI.

Управление функционированием — обеспечивает распределение ресурсов и эффективность действий по связи, которые необходимо оценивать. Включает функции сбора статистической информации, поддержания и изучения журналов состояния системы, определения функционирования системы в естественных и искусственных условиях и изменения режимов ее эксплуатации.

Управляемый объект — ресурсы обработки данных и связанные ресурсы, которые могут управляться через использование протокола управления fSO/OSI.

Управляющий орган ОрВД (С-АТСУ) - орган УВД, пользующийся легальными полномочиями на инициацию, продолжение, вмешательство в полеты или их прекращение, а также обеспечивающий обслуживание по УВД контролируемых воздушных судов в зоне ответственности, находящейся в его юрисдикции.

Управляющий — термин, данный системе, которая запрашивает или, в противоположном случае, принимает информацию об управляемых объектах.

Уровень представления (Presentation Layer) (иногда называемый также представительным уровнем) — уровень модели ISO/OSI, который управляет кодированием, форматом и отображением данных, переносимых в прикладной уровень и из прикладного уровня. Обеспечивает шифрование данных, их сжатие и кодовое преобразование для сокращения избыточности, согласования вида представления данных на пунктах отправителя и получателя сообщений и дополнительную защиту от несанкционированного доступа. Он отвечает за возможность диалога между приложениями в разных узлах сети. Основное назначение этого уровня состоит в том, чтобы обеспечить независимость прикладных процессов от различий в форме представления (алфавитно-цифровой или графической) и от синтаксиса (реквизита) данных. На представительном уровне вычислительной сети осуществляется, главным образом, преобразование форматов данных, например, преобразование кодов из АВ-CDIC в ASCII или обратно, преобразование типов данных и т.п.

Услуга диалога (DS) — нижняя граница услуг ASE. Эта услуга позволяет осуществлять связь двух ASE, например, связь между наземным и бортовым ASE.

Физический интерфейс (Интерфейсный блок данных) — определяет взаимосвязь физического уровня эталонной модели ISO/OSI со следующим канальным уровнем.

Физический уровень (Physical Layer) — уровень эталонной модели ISO/OSI, который управляет доступом к передающей среде, формирующей основу системы электросвязи. Физический уровень обеспечивает: виртуальный канал для передачи последовательности символов между любой парой узлов сети передачи данных или любым узлом и внешним пунктом, соединенных физическим каналом электросвязи — г линией связи (link); установление физических (электрических, электромагнитных, оптических, акустических), механических (соединительные муфты, разъемы), функциональных и процедурных средств включения, поддержания и разъединения физических соединений.

Функциональные требования — требования, которые определяют, какую функцию следует выполнять системе. Обычно эти требования выражаются глаголом применительно к типу данных, например: отобразить положение воздушного судна.

Функция наземного продвижения — способность наземной системы продвигать сообщение CPDLC в другую наземную систему с индикацией успешной доставки, отказа или неподдержания со стороны принимающей наземной системы. Данная функция может быть вызвана текущим полномочным органом данных для избежания повторной передачи запроса воздушным судном путем продвижения информации последующему полномочному органу данных. Полномочный орган данных по направлению полета может использовать данную функцию с целью трансляции сообщений текущему полномочному органу данных, который затем выполняет реальную передачу на борт воздушного судна.

Функция управления (CF) — та абстрактная часть АЕ, которая осуществляет преобразование между сервисными примитивами ASE, ACSE и другими элементами внутри прикладного объекта.

Функция — ряд согласованных действий, которые сами по себе или совместно с другими функциональными возможностями реализуют концепцию. Примеры функций: бесконфликтное планирование, электронное представление полета и др.

Хост, хост-ЭВМ, хост-компьютер, главный компьютер (Host) — компьютер, выполняющий в сети функции не только по передаче данных, но и связанные с работой прикладных программ и представлением своих информационных и вычислительных ресурсов терминалам. В сети Internet хост-машиной называется любой пользовательский компьютер, подключенный к сети, а

различие делается между хост-машиной и маршрутизатором. Иногда также называется шлюзом (gateway).

Целостность — свойство системы, обеспечиваемое оповещением пользователя об отказе.

Цифровая линия передачи данных диапазона VHF(VDL) - связь по передаче пакетов данных на борт воздушного судна и наземным пользователям, включающая в себя бортовые радиостанции диапазона VHF - VDR, наземные станции диапазона VHF, и обеспечивающая связность с маршрутизаторами (рутерами) на борту воздушных судов и на Земле.

Шина (Bus) — совокупность линий интерфейса, сгруппированных по единому функциональному назначению. Обычно выделяются несколько шин: адреса, данных, прерывания, а также шины (коды) команд, состояния и т.п!

Шлюз AFTN/AMHS — конечная система, обеспечивающая двунаправленный межсетевой обмен между пользователями службы обмена сообщениями OpВД (АТМ) и пользователями, подключенными к АFTN.

Шлюз AFTN/ATNmuna A — конечная система, обеспечивающая двунаправленный интерфейс между АТН и АFTN в целях прохождения сообщений АFTN по АТН с помощью службы прохождения через АТН.

Шлюз — система, используемая для взаимного соединения различных сетей. Шлюз может содержать все семь уровней эталонной модели ISO/OSI.

Эксплуатационное требование — утверждение атрибутов работы системы, необходимых для эффективного обеспечения пользователей АТS.

Электросвязь (Telecommunications) — средство, позволяющее корреспонденту доставлять одному или нескольким корреспондентам или возможным корреспондентам информацию любого рода в любой используемой форме (письменный или печатный документ, неподвижное или подвижное изображение, речь, музыка, видимые или слышимые сигналы, сигналы управления и т.д.) с применением любой электромагнитной системы (проводной, радио- и оптической передач или их сочетанием).

Элемент прикладных услуг (ASE) — элемент в системе связи, который выполняет прикладной протокол. Другими словами, он обрабатывает последовательность определенных прикладных сервисных примитивов, обеспечивает формирование сообщений, управление таймерами, обработку ошибок и нестандартных ситуаций. Элемент прикладных услуг сопрягается только с функцией управления CF приложения.

Элемент сообщения — компонент сообщения, используемый для определения контекста обмениваемой информации.

Эталонная модель взаимосвязи (взаимодействия) открытых систем ISO/OSI — модель, которая обеспечивает стандартный подход к разработке сети с применением организации программ и поддерживающих их радиосредств в виде модулей путем декомпозиции реализуемого анализируемой информационной системой множества функций на семь лучше управляемых автономных функциональных уровней. По соглашению эти уровни обычно принято изображать в вертикальном порядке.

1.2. Место авиационной электросвязи в развертывании системы CNS/ATM

Концепция CNS/ATM отражает, по крайней мере, два имманентно присущих ей аспекта — структурный и функциональный. Эти аспекты непосредственно обозначены в названии концепции: до косой черты в названии перечисляются средства, формирующие структуру и объединенные этой структурой, с помощью которых концепция должна реализовываться, а после черты — ее основное функциональное назначение, состоящее в обеспечении системы организации воздушного движения ОрВД (ATM). Средства, участвующие в реализации этой концепции последовательно рассматриваются в главах 1—3 этой книги, причем ввиду особой важности электросвязи (Communication) она будет анализироваться первой, что, впрочем, подчеркнуто и в названии концепции. Электросвязь является в концепции CNS/ATM необходимым условием реализации функций навигации и наблюдения, а также ОрВД (ATM). Следует также специально отметить, что в практике ICAO существует давняя традиция выпускать международные нормативные документы SARP для любых радиоэлектронных информационных средств, используемых в ГА, в качестве так называемого «Приложения 10 к Конвенции о Международной гражданской авиации», которое носит название именно «Авиационная электросвязь». Конкретика описываемых разнообразных радиоэлектронных средств определяется названиями и содержанием соответствующих томов, вместе формирующих все «Приложение 10. Авиационная электросвязь». В нем, в том числе, приведены стандарты на обеспечение электросвязи и рекомендации по практическому применению регламентируемых средств электросвязи.

Совокупность средств электросвязи, навигации и наблюдения, обеспечивающую заданную ОрВД (ATM) в рамках концепции CNS/AM, будем в дальнейшем называть системой

CNS/ATM. Отметим, правда, что в литературе по рассматриваемой концепции эта система часто называется несколько проще — система CNS.

Итак, своим местом в названии концепции CNS/ATM электросвязь объявлена важнейшей составляющей соответствующей системы. Хотя в заголовке гл. 1 мы использовали термин связь, уступая сложившейся на сегодняшний день практике, здесь будет применяться узаконенный в документах международных организаций термин электросвязь. Под таким названием, как уже отмечалось, этот термин применяет ICAO при создании стандартов на используемые в ГА радиоэлектронные средства. Например, согласно рекомендациям по применяемой терминологии Международного союза электросвязи ITU МСЭ Q.9 и МСЭ 1.112 электросвязь определяется как средство, позволяющее корреспонденту доставлять одному или нескольким корреспондентам либо возможным корреспондентам информацию любого рода в любой используемой форме (письменный или печатный документ, неподвижное или подвижное изображение, речь, музыка, видимые или слышимые сигналы, сигналы управления и т.д.) с применением любой электромагнитной системы (проводная, радио-, оптическая передачи или сочетание этих различных систем). Иногда как отдельный вид выделяют радиосвязь (wireless communications), если передача информации осуществляется только по эфиру.

Система CNS/ATM - это, прежде всего, пример информационных систем. Любое авиапредприятие, воздушное судно, система УВД, ГА в целом дают примеры информационных систем, причем достаточно сложных. Появление информационных систем соответствует свершившейся в последнее время практически тотальной информатизации всего общества, в значительной степени повлиявшей на все его институты и используемые технологии [22, 24, 25, 39, 54, 55, 71, 73, 79, 83]. Этот процесс подробно рассмотрен в [80], в том числе и его проявления на транспорте. В [10] анализируются тенденции информатизации транспорта, приведшие к появлению нового вида транспорта — интеллектуального. Эти тенденции формирования интеллектуального транспорта отслежены в Американском институте электро- и радиоинженеров IEEE, где с 2001 г. стал издаваться журнал «Intelligent Transportation Systems». В Международной академии транспорта с 2000-го года издается журнал «Проблемы интеллектуального и военного транспорта» (журнал в журнале «Проблемы транспорта»). Одним из проявлений указанной тенденции интеллектуализации транспорта может рассматриваться концепция CNS/ATM. Применительно к задачам управления поле-

том воздушного судна интеллектуальные технологии описываются в [18, 35].

Информационная система, соответствующая системе CNS/ATM, обеспечивает информацией все виды деятельности в наземных авиационных службах и на борту воздушного судна, осуществляемой в интересах организации работы авиационного транспорта на заданном уровне безопасности, регулярности, экономичности и комфортности. Соответственно системы электросвязи являются информационными системами, в которых реализуется только одна функция - передача информации (information communication). Единственность осуществляемой функции отнюдь не переводит системы электросвязи в разряд простых информационных систем. Стоит отметить, что 51% основных элементов информационных систем - цифровых сигнальных процессоров DSP, предназначенных для обработки сигналов, — за рубежом используется именно в технике электросвязи.

Для тематики настоящей книги наиболее интересным является следующее направление дифференциации систем электросвязи на виды: системы электросвязи — системы подвижной электросвязи (mobile communications) [52, 70, 76] — транспортная электросвязь [38] — авиационная электросвязь — авиационная цифровая электросвязь. Укажем сразу же на некоторую условность данной схемы классификации. Безусловно, в авиации используются наряду с системами подвижной электросвязи и «неподвижные»; особенно при объединении различных авиапредприятий в единое пространство управления. Но все-таки основная специфика именно авиационной электросвязи состоит как раз в обеспечении электросвязи с авиационными транспортными средствами, которые в принципе могут передвигаться в воздушном пространстве где угодно; в отличие от других средств транспорта, авиационные транспортные траектории принципиально четырехмерные: «пространство + время». Эти траектории не могут быть «явно» обустроены и маркированы, их соблюдение регламентируются только соответствующими соглашениями. Используемые в деятельности авиапредприятия «обычные» системы электросвязи: внутриобъектовая (в том числе и внутрисамолетная), транкинговая, сотовая, факсимильная, пейджинговая, телефонная, не отражают никакой специфики именно авиационной электросвязи и поэтому здесь рассматриваться подробно не будут. Такие виды электросвязи могут представлять интерес для авиационной электросвязи с позиций вхождения их в систему CNS/ATM или, если они обеспечивают специфические услуги для экипажа, диспетчеров и пассажиров, не предусмотренные их прямым назначением.

Возможность выделения авиационной электросвязи в отдельную область исследований непосредственно вытекает также из закономерности, установленной специалистами по телекоммуникациям. Ими обнаружено, что электросвязь с 70-х годов теряет автономный путь развития и становится частью общей стратегии всех звеньев информационной индустрии, обслуживающей соответствующие виды человеческой деятельности [79].

Поскольку здесь рассматривают системы авиационной электросвязи, то важно отметить тенденции в развитии таких информационных систем, как системы электросвязи, поставляющие в ГА мощные технологии обеспечения надежной, всеобъемлющей и эффективной передачи разнообразной информации: наблюдается сравнительно быстрая смена поколений средств и технологий электросвязи, происходящая приблизительно каждые два-три года;

отмечается устойчивое развитие мобильной электросвязи, где преобладают системы с временным разделением каналов TDMA, при всевозрастающем прогрессе систем с кодовым разделением каналов CDMA;

происходит возрастание роли глобальной сети общего пользования Internet, проникающей во все создаваемые и развертываемые системы электросвязи, с возможностью доступа миллионов пользователей к самым разнообразным услугам (аудио, видео, Web-сервера, передача файлов, электронная и голосовая почта, видеоконференции и т.п.);

отмечается бурный рост высокоскоростных сетей электросвязи на основе волоконно-оптических каналов связи со скоростями до нескольких гигабит в секунду и различными способами передачи информации;

происходит слияние компьютерных, телекоммуникационных технологий и технологий развлечения;

наблюдается конвергенция компьютерных и телефонных технологий, широкое внедрение компьютерной телефонии.

В этом подразделе реализуется именно такой «внешний» подход к оценке перспектив развития авиационной электросвязи, используемой в интересах ГА, т. е. в русле развития и глобализации развертываемой коммуникационной структуры. Первоначальное представление о будущем виде систем авиационной электросвязи, используемой в интересах ГА, дают иллюстрации, появившиеся сегодня в многочисленных изданиях и рекламных проспектах, касающихся систем авиационной электросвязи. Например, из подписи к рисунку в документе NASA, выпущенном в 2002 г. в США под громким названием «Вперед к смелой (здесь использован термин **bold**, который имеет еще зна-

чение самоуверенный, наглый) новой эре авиации», видно, что авиационная электросвязь будет представлять по существу «авиационный internet» — airborne internet (иногда в этом же контексте используют также метафору «небесный internet» — sky internet). Поскольку internet является самым ярким и последовательным воплощением сетевых технологий, то электросвязь в системе CNS/ATM должна базироваться именно на сетевых технологиях. Более того, в рекламных проспектах ряда фирм-производителей авионики можно встретить более категоричные заявления на этот счет: «Самолет становится информационным узлом в небе (Aircraft transitioning to information node in the sky)». Следовательно, необходимо конкретизировать структуру, характеристики и свойства электросвязного фрагмента системы CNS/ATM, обращая пристальное внимание на то, что соответствующая информационная система призвана воплощать сетевые технологии получения и обработки информации. Не случайно электросвязный фрагмент системы CNS/ATM в литературе получил название именно сети авиационной электросвязи ATN [44, 63—65] — базовой технологии для организации функции электросвязи в системе CNS/ATM. Архитектура ATN позволяет предоставлять услуги авиационной цифровой электросвязи различным группам пользователей, т. е. электросвязь для ATS, цифровую электросвязь для авиационного оперативного контроля, авиационную административную связь и авиационную речевую связь для пассажиров. Топология сети ATN предусматривает объединение (интеграцию) различных подсетей «борт-земля» с различными цифровыми подсетями авиационной фиксированной наземной электросвязи, в результате чего образуется общая (интегральная) по структуре сеть передачи данных. Использование различных видов авиационной цифровой электросвязи для любых групп пользователей может осуществляться постепенно по мере появления необходимости в них. Место авиационной электросвязи, точнее, сети ATN, видно из рис. 1.3. Система CNS/ATM состоит из разнообразных систем электросвязи, навигации и наблюдения, включая спутниковые, различных уровней автоматизации на основе цифровых технологий, обеспечивающих «бесшовность» глобальных систем ОрВД (АТМ). Комментируя этот рисунок, мы будем использовать названия систем и технологий, определяемых в этой и последующей главах книги. Это, конечно, создает определенное неудобство в восприятии материала, но без такого упреждения не обойтись, поскольку, как уже говорилось, электросвязь является основой для функционирования всей системы CNS/ATM.

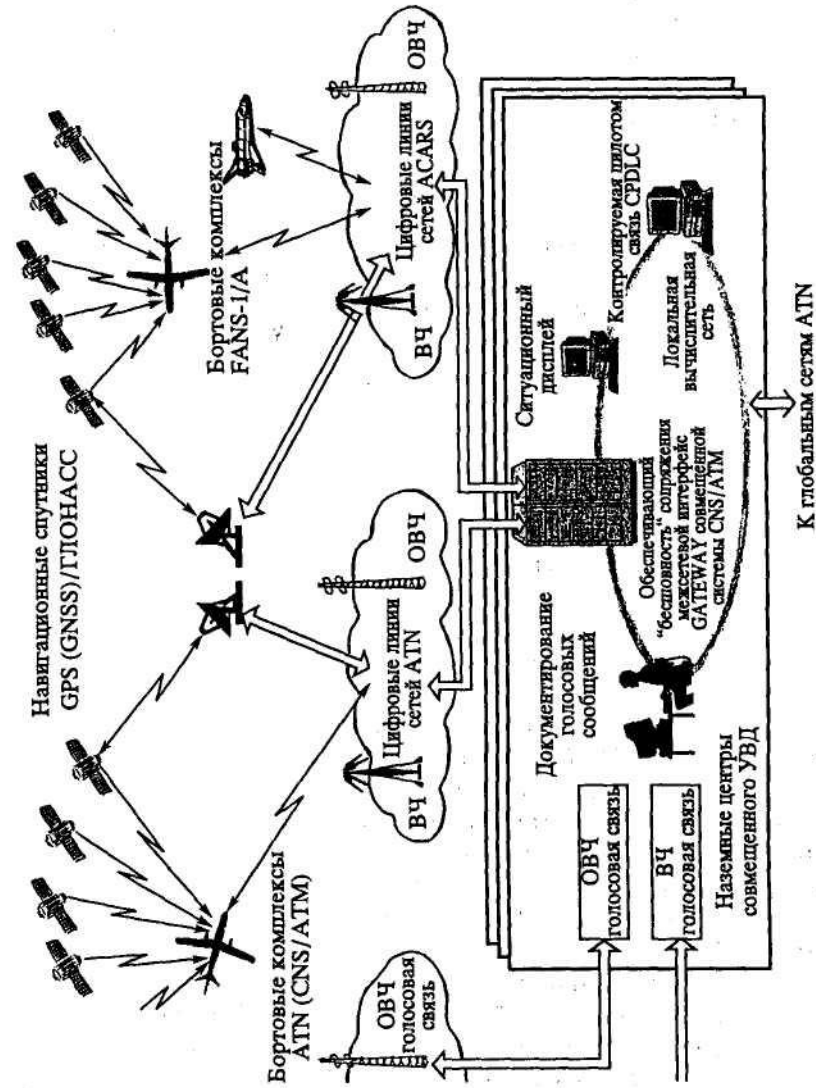


Рис. 1.3. Типовая архитектура совмещенной системы CNS/ATM

Совмещенная система CNS/ATM позволяет организовать автоматическое зависимое наблюдение ADS и цифровые линии передачи данных «диспетчер—пилот» CPDLC. Включенная в нее бортовая система FANS-1/A обеспечивает в достаточном для надежного УВД объеме функционирование подсистем ADS и CPDLC. Такая система CNS/ATM предоставляет следующие возможности по использованию воздушного пространства:

определение местоположения воздушного судна с помощью искусственных спутников Земли (ИСЗ). При этом гарантируется постоянная точность и высокая степень достоверности в режиме ADS;

возможность достижения требуемых навигационных характеристик RNP на основе спутниковой навигации;

исключение задержек и неточности содержания информационного обмена по цифровым линиям связи «диспетчер—пилот».

Наземные центры УВД (ATC Facility) должны позволять: документирование речевых сообщений (Voice Report Transcription), передаваемых по линиям ВЧ (HF Voice) и ОВЧ (VHF Voice) голосовой связи «диспетчер—пилот»;

обеспечение приема данных от бортовых комплексов FANS-1/A по линиям связи «борт—земля» ACARS; обмен цифровыми сообщениями в линиях связи «борт—земля—земля» типа ATN (ATN Data Link Network);

объединение в локальную вычислительную сеть LAN всех подсистем связи со своими ситуационными дисплеями (Situation Display) и терминалами голосовой и контролируемой пилотом цифровой связи CPDLC;

организацию межсетевого интерфейса (Gateway) совмещенной системы CNS/ATM и взаимодействия ее с глобальными вычислительными сетями WAN типа интегральной (по структуре) аэронавигационной сети цифровой связи ATN.

Последнее потребует перехода в ближайшее время от байт-ориентированных протоколов BSC подсистемы передачи данных «борт—земля» типа ACARS к бит-ориентированным протоколам HDLC, точнее к их синхронной разновидности SDLC (Synchronous DLS), авиационной пакетной цифровой электро-связи AVPAC. Таким образом, линии передачи данных «борт—земля—земля» являются ключевым элементом внедряемой системы CNS/ATM, при которой:

передача данных будет использоваться для всех штатных вариантов обмена сообщениями «диспетчер—пилот»;

все воздушные суда и наземные центры ОрВД должны иметь возможность быстро устанавливать высоконадежную и достоверную цифровую связь;

потребуется создание глобальной сети ATN;

должны быть гарантированы требуемые характеристики электросвязи RCP, обеспечивающие передачу не менее 95 % информации «борт—земля» в виде цифровых сообщений при сохранении возможности речевого обмена «диспетчер—пилот».

Производители систем авиационной электросвязи любят сегодня говорить, что создаваемые, ими бортовые системы превратились в интегрированную среду электросвязи (Integrated Communication Environment). Можно убедиться, что в этих средах все «разложено по полочкам» с точки зрения реализации необходимых для ОрВД (ATM) функций авиационной электросвязи. Название *интегрированный* выбрано, как нам кажется, далеко не случайно, поскольку здесь чувствуется переключка с широко и давно используемыми в ГА аббревиатурами, где оно является ключевым — интегрированная система управления ICOS, интегрированная система пилотажно-навигационных приборов IFIS, интегрированная навигационная система INS. Итак, в ГА интеграция охватила на аппаратно-программном уровне всю бортовую аппаратуру, предназначенную реализовать функции в рамках концепции CNS/ATM: ОрВД (ATM) обеспечивает ICOS, навигацию и наблюдение — IFIS и INS, а электросвязь — интегрированная среда электросвязи. Поскольку концепция CNS/ATM из всех функций в качестве главной выделяет электросвязь, то по существу системы навигации и наблюдения, а тем более вся система ОрВД (ATM), также превратились в информационную среду, под которой понимается пространственно разнесенная совокупность различающихся по составу, реализации, принципам действия и функциям систем, связи между которыми обеспечивают эффективную реализацию задач, стоящих перед указанной совокупностью.

Как уже отмечалось, авиационная электросвязь представляет собой специфический вид телекоммуникаций. Это, прежде всего, подвижная (мобильная) связь, под которой понимается совокупность технических средств (радио- и коммутационное оборудование, соединительные линии, сооружения, программное и алгоритмическое обеспечение), с помощью которых подвижным объектам предоставляется электросвязь между собой и с абонентами наземных телекоммуникационных систем; большинство ее абонентов постоянно перемещаются относительно друг друга, да еще и в отличие от остальных видов подвижной электросвязи — в пространстве, охватывающем весь земной шар.

Следует однако отметить, что подвижная электросвязь есть только одно из современных направлений в области электросвязи, получившее интенсивное развитие в течение последних

десятилетий [14, 23, 32, 70, 76]. Появление мобильной электросвязи ознаменовало собой новую эру в технике электросвязи и привело к созданию целого ряда уникальных сервисных услуг в сфере телекоммуникаций.

Нынешняя подвижная электросвязь находится на стадии перехода от систем второго поколения к системам третьего поколения [32]. Системы третьего поколения должны будут предоставлять пользователям персональные услуги связи на уровне глобальных сетей электросвязи. Последнее замечание в полной мере относится и к авиационной электросвязи, для которой характерен целый ряд особенностей [14]:

- малое время стационарности и низкий энергетический потенциал каналов электросвязи;

- наличие доплеровского смещения частоты вследствие перемещения воздушного судна;

- жесткие условия эксплуатации на борту воздушного судна; необходимость рассеивания большого количества теплоты в малых объемах;

- низкая эффективность антенно-фидерных систем воздушных судов;

- наличие отраженных от поверхности Земли лучей с дополнительным доплеровским смещением частоты.

Рассмотрение системы CNS/ATM, как некоторой сети [47], является краеугольным камнем в идеологии ее построения. Классическим и наиболее известным видом сети является вычислительная сеть. В ней роль узлов играют ЭВМ и различные управляющие и информационные системы, а роль ветвей - множество линий каналов передачи данных между ними. Важно, что, как правило, любая система CNS/ATM имеет в своем составе несколько вычислительных сетей.

Сама система CNS/ATM непосредственно попадает под юрисдикцию сети, где в качестве узлов выступают радиоэлектронные средства воздушных судов, наземные средства УВД, система ОрВД (АТМ), а также все информационные средства, функционирование которых дает возможность пользоваться пассажирам и экипажу воздушного судна доступными благами информационной цивилизации. Безусловно, все перечисленные объекты должны быть обязательно соединены некоторыми линиями связи, только после такого объединения они могут считаться узлами. Роль ветвей выполняют все каналы связи (радиолинии), по которым функционируют организованные информационные потоки. В системе CNS/ATM каналы связи не являются фиксированными, поэтому крайне актуальна задача их установления.

В сетевых технологиях идентифицируют следующие типы сетевых узлов:

- первичные, управляющие работой других объектов сети, называемых вторичными, опрашивая их в определенном порядке, после чего вторичные узлы могут передавать информацию. Первичный узел также устанавливает каналы связи, организует их функционирование с помощью соответствующих технологий управления, завершает их работу;

- вторичные, управляемые соответствующим первичным узлом.

Первичные и вторичные узлы могут соединяться в соответствии со следующими основными конфигурациями:

- point-to-point (двухточечная), предполагающая только два узла — один первичный и один вторичный;

- multipoint (многоточечная), включающая в себя один первичный и множество вторичных узлов;

- loop (контур), подразумевающая топологию контура, когда первичный узел соединяется с первым и последним вторичными узлами, при этом промежуточные вторичные узлы, отвечая на запросы первичного узла, передают сообщения один через другой;

- hub go-ahead (готовый вперед), предполагающая наличие входного и выходного каналов. Первичный узел использует выходной канал для связи с вторичными узлами. Вторичные узлы используют входной канал для связи с первичным. Входной канал соединяется с первичным узлом через каждый вторичный по схеме гирляндной цепи. В название этого узла входит слово hub — концентратор, очень широко используемое в практике информационных сетей.

Не требует каких-либо дополнительных комментариев утверждение, что в системе CNS/ATM существуют все перечисленные типы узлов и конфигураций, причем взаимодействие между ними и их установление происходят в динамике.

Достижение высокой эффективности функционирования систем авиационной электросвязи, а значит и системы CNS/ATM, а также четкого взаимодействия отдельных составных частей возможно лишь при условии соблюдения системных организационных принципов, сформированных опять же применительно к сетевым технологиям, к которым относятся:

- максимальное соответствие задачам, стоящим перед ГА и ее нынешним возможностям, оснащенности и ресурсам;

- заблаговременное создание подсистем авиационной электросвязи и системы CNS/ATM с учетом имеющихся ресурсов и используемых технологий;

обязательное сопряжение всех подсистем;
единство систем электросвязи и остальных подсистем CNS/ATM;

сбалансированность или комплексное использование различных средств электросвязи и системы CNS/ATM;

эффективное управление системами электросвязи и CNS/ATM.

Как информационная сеть, система CNS/ATM и соответственно система электросвязи позволяют выявить следующие особенности своего функционирования:

информационный обмен между физически удаленными пользователями;

удаленный доступ к вычислительным и информационным ресурсам;

совмещенность и параллелизм взаимодействия множества дискретно-непрерывных процессов функционирования;

неоднородность процессов функционирования, большая размерность моделей функционирования; • стохастический характер отдельных компонентов;

значительная сложность управления (администрирования) сети;

большой масштаб, обусловленный числом пользователей;

значительный пространственный охват автоматизацией, географическая разнесенность объектов автоматизации; • необходимость использования маршрутизируемых протоколов передачи данных;

использование интегрированной информационной системы на базе распределенной системы управления базами данных.

Очень часто используют классификацию сетей по чисто географическому принципу: локальные сети LAN, сети среднего радиуса действия MAN и сети широкого (континентального и общемирового) радиуса действия WAN. Эта классификация применима и для сети ATN в зависимости от степени ее охвата.

С позиций технологии передачи информации сообщение выступает квантом (атомом) информации. Бессмысленно говорить о выполнении акта передачи информации, если получатель имеет только часть сообщения. Сказанное отнюдь не означает, что при организации процессов передачи информации сообщение нельзя разбивать на части (пакеты — packet), чтобы передавать их по отдельности, но потом на приемном конце обязательно предполагаются восстановление из частей всего сообщения и предъявление его абоненту. В этом случае говорят о реализации технологии пакетной коммутации (packet switching) в сети. Таким образом, пакет представляет единицу информации, кото-

рую устройства передают по сети. Очень часто в качестве синонима слова пакет применяют термин фрейм (frame — кадр), хотя в их использовании есть ряд нюансов, выявляемых с помощью эталонной модели ISO/OSI. В авиационной электросвязи передача речи обычно связывается с передачей сообщений, а все остальное — передача данных.

В настоящее время уже наряду с термином данные, и практически в том же контексте, стали употреблять понятие «знания». Это понятие подробно рассматривается практически в любой книге по искусственному интеллекту (см., например [35, 37, 60]), а поскольку сетям ATN, разворачиваемым в рамках концепции CNS/ATM, пока еще далеко до интеллектуальных [20, 23], то здесь оно не обсуждается.

К технологиям интеллектуальных сетей наверняка придется прибегнуть при вклинивании информационных систем ГА в разнообразные информационные и социальные процессы (в том числе и в рамках формирования Единой транспортной системы [29], реализующей «материально» и «информационно» с помощью своей структуры мощные интеграционные процессы в транспортном комплексе). Кроме того, несложно спрогнозировать такой период в развитии информационных систем, применяемых в ГА, когда свое место, как основной информационной единицы, станут отвоевывать знания из-за интеллектуализации авиационного транспорта, особенно в связи с реализацией концепций, в той или иной степени гарантирующих свободный полет воздушных судов Free Right.

Современные информационные системы обязательно включают в себя аппаратную часть H/W и программное обеспечение S/W. Сейчас все чаще в качестве необходимой составляющей функционирования информационной системы стали выделять организационное обеспечение O/W. Уравнивание в правах аппаратной части радиоэлектронной системы и ее программного обеспечения привело к введению в обиход пользователя, создателя и эксплуатанта сети авиационной электросвязи понятия модуль (module), которое используется для обозначения устройства или процесса в некоторой системе. Важно, что модуль выполняет некоторую определенную функцию.

Канал (линия) связи в теории и технике информационных систем является важнейшим понятием, используемым как при организации, так и при реализации информационного процесса (в английском языке используют термин channel, в тех случаях когда не подчеркивается разница между каналом и линией; в этом же и близком контекстах используются также термины link, line, circuit, facility). К каналу связи относят все, что связы-

вае между собой источник информации и приемник. И первое, что надо включить в канал связи, — это физическую среду, внутри которой перемещается информация. Указанная физическая среда может обеспечиваться различными видами направляющих структур. В зависимости от удаленности модулей, объединенных в информационную систему, в качестве линий связи могут использоваться коаксиальные кабели (coaxial cable), телефонные линии типа витая пара (twisted pair), радиочастотный канал (RF), а также оптоволоконные линии (fiber optic). Иногда уточняют характер витой пары, специально подчеркивая факт ее экранирования — экранированная витая пара STP (shielded twisted pair wiring) или соответственно неэкранированная UTP (unshielded twisted pair wiring). В принципе возможно использование при создании сетей АТН инфракрасных лучей (infrared) и линий напряжения (power line), использующих сегменты силовых проводов с переменным напряжением (АС power). Все линии электросвязи различаются по скорости передачи информации. Самые медленные из них — телефонные линии. До недавнего времени скорость передачи информации по кабельным линиям связи принималась до 1 Мбит/с. В настоящее время на таких кабелях может быть с помощью целого ряда ухищрений достигнута скорость 10 Мбит/с, и ожидается, что она может быть увеличена еще почти на порядок.

Коаксиальный кабель позволяет достичь скорости передачи порядка 200 Мбит/с. Сегодня считается, что с помощью коаксиального кабеля в компьютерной сети обеспечивается скорость передачи данных порядка 10 Мбит/с.

Теоретический предел пропускной способности оптоволоконных линий — сотни гигабит в секунду, а на практике при формировании компьютерной сети она для применяемых линий полагается 100 Мбит/с. Наконец, эфир имеет скорости передачи до 20 Гбит/с.

Для каждого типа физического канала существуют свои трансиверы (приемопередатчики), обеспечивающие работу сети на различных по длине каналах, скоростях передачи и сетевых технологиях.

Используемые во всем мире оптоволоконные линии в основном соответствуют международному стандарту синхронной цифровой иерархии SDH (существует еще американское название этого стандарта SONET — синхронная оптическая сеть) и стандарту на асинхронный режим передачи AsTrM и коммутации цифровых информационных сигналов. Принятие этих стандартов ведет к увеличению совместимости сетей при минимальном количестве сетевых переходов между сетями различно-

го типа. Стандарт SONET, разработанный в США для высокоскоростных сетей, делает возможным более гибкое использование полосы пропускания при канальной или пакетной коммутации, включая возможность использования полосы в соответствии с потребностями заказчика. Этот стандарт обеспечивает свободную от ошибок передачу данных со скоростью нескольких гигабит в секунду. Он открывает возможность создания сетей связи следующего поколения — широкополосных цифровых сетей с интеграцией служб В-ISDN.

Однако на практике надо учитывать различную комплектацию существующих сетей. Условия конкуренции стимулируют создание гибридных сетей, например, оптических - коаксиальных, выигрывающих по критерию «стоимость/эффективность» и максимально использующих преимущества недорогих распространенных технологий в сочетании с достоинствами оптических кабелей. Оптоволоконные сети позволяют осуществить услуги высококачественных вычислений и связи НРСС.

Перспективными считаются: широкое использование оптического волокна для передачи видеoinформации, т. е. сжатого цифрового обычного телевидения или высокой четкости при возможности интерактивного взаимодействия с видеoinформацией; передача информации мультимедиа, сочетающей изображение, речь и данные; возможность быстрого получения информации из различных баз данных. Такие оптические технологии, как передача со скоростью более 10 Гбит/с, оптическое усиление, разделение по длинам волн и частотам — мультиплексирование (WDM, FDM), оптическая коммутация и обработка сигнала, должны внести существенный вклад в улучшение критерия «стоимость/эффективность» будущих сетей АТН, в увеличение их функциональных возможностей и расширение круга применений.

Возможность широкого применения многоволновой передачи требует применения перестраиваемых лазеров, WDM-мультиплексоров и фильтров. В перспективных оптоволоконных линиях предлагается использовать оптические волоконные усилители, легированные редкоземельными элементами, в частности эрбием, и с накачкой от лазерных диодов. Такие полностью оптические усилители (усилители на активных волокнах) не требуют электрических схем для обработки сигналов. Кроме того, такие усилители имеют широкую полосу и обеспечивают усиление комбинированно на нескольких волнах, позволяя передавать одновременно сигналы на многих частотах. При использовании оптических усилителей возможна передача импульсов со скоростью 10 Гбит/с на расстояние 2000 км при уровне ошибок

10¹³. На частоте 1 МГц потери в волоконной линии в 10 раз меньше, чем в коаксиальном кабеле, и в 100 раз меньше, чем в двухпроводной телефонной линии; с увеличением частоты эта разница растет.

Канал передачи должен удовлетворять ряду требований, непосредственно определяющих качество информационных процессов, конструктивные и эксплуатационные характеристики систем, к важнейшим из которых следует отнести скорость передачи (в мегабитах в секунду), дальность передачи по одному сегменту (в километрах), среднее число узлов в сети, возможности ответвления и передачи различных видов информации, помехозащищенность, стоимость, массогабаритные характеристики. Эфирные каналы являются основными при организации подвижной электросвязи.

Сетевые каналы объединяются один с другим через маршрутизаторы. Маршрутизаторы могут воплощать различные технологии соединения каналов, которые определяют систему их классификации. В литературе, например в [84], рассматриваются такие типы маршрутизаторов, как сетевые повторители (repeater), сетевые мосты (bridge), самонастраивающиеся (learning router), конфигурируемые (configured router). Последние два маршрутизатора относят к разряду интеллектуальных. (Некоторое представление о технологиях, используемых в процедурах маршрутизации, можно получить по [1-3, 5, 6].)

Авиационная фиксированная служба электросвязи AFS ответственна за электросвязь вида «от точки к точке» между неподвижными объектами или наземными станциями, а применительно к ГА — между парами подразделений службы УВД. Обычно AFS оперирует средствами передачи данных «Земля-Земля». Следует отметить, что вся наземная сеть, участвующая в обеспечении воздушного движения, объединяет как сеть AFS, так и частные сети авиакомпаний.

Существующая система AFS имеет следующие недостатки для пользователей:

- ограниченные возможности по резервированию, быстрдействию и изменению топологии сети;

- ограниченное количество используемых каналов с высокой пропускной способностью;

- ограниченное количество каналов, которые можно развернуть и эксплуатировать в трудно доступных регионах; значительные расходы на аренду наземных каналов связи. Авиационная мобильная служба электросвязи AMS осуществляет дистанционную связь между пунктами ОрВД (АТМ), расположенными на Земле, и бортовыми станциями. Обычно AMS

осуществляет электросвязь «земля—борт воздушного судна» (G/A или Ground — Air).

Средства AMS включают в себя:

- средства электросвязи для обслуживания воздушного движения ATSC, задействованные в рамках деятельности УВД по обеспечению безопасности авиационных перевозок, с гарантией высокой интеграции и оперативности. Это влечет за собой осуществление электросвязи для АТС в интересах УВД, что предполагает обмен разнообразной авиационной информацией, передачу метеорологической информации, информации в рамках реализации функции наблюдения, а также других служб, ответственных за безопасность и регулярность полетов, в том числе службы АЛ;

- цифровую электросвязь для авиационного операционного управления АОС, занимающихся обеспечением безопасности, регулярности и эффективности полетов, с помощью нее осуществляется передача информации диспетчерам относительно начала, продолжительности, изменении или окончании полета;

- авиационную административную связь ААС, не касающуюся деятельности по обеспечению безопасности авиационных перевозок, что предполагает передачу сообщений между авиационными операторами, и осуществляемую по каналам авиационной административной связи;

- авиационную связь для пассажиров АРС, обеспечивающую передачу сообщений и установление электросвязи для пассажиров по соответствующим каналам авиационной связи.

Электросвязь ATSC, а также АОС, ААС и АРС представляет все виды авиационной электросвязи, организуемой в системе CNS/АТМ.

Для пассажиров в рамках осуществления связи по каналам авиационной связи АРС, а также бортовой (внутренней) электросвязи предусматривается реализация таких функций, как: предоставление телефонной или факсимильной связи, услуги Internet, прямое телевидение (direct TV); видео по запросу VOD (Video on demand); интерактивное телевидение; цифровая видео- и аудиотрансляция; интерактивные системы развлечения IFE (Interactive in-Flight Entertainment). Причем все трансляции должны учитывать использование мониторов, выполненных на жидких кристаллах, LCD (Liquid Crystal Display).

Услуги по салону (Cabin Services) предусматривают обеспечение электросвязью следующих функций: контроль состава пассажиров (Passenger Manifest), контроль за расходными материалами (Consumables Tracking), поддержка финансовых операций (Financial Transactions), трансляция записей бортового журнала (Cabin Logbook) и регистрационного списка (Checklist).

Услуги по поддержанию технического обслуживания (Maintenance Applications) предусматривают загрузку навигационной базы данных (Nav Data Base) для системы управления полетом FMS, загрузку рабочего программного обеспечения (Operational S/W), трансляцию указаний по устранению неисправностей (Fault Correction Guide) и обеспечению качества летной эксплуатации (Flight Operation Quality Assurance).

Наконец, обеспечение информацией кабины экипажа (Flight Deck Information) предусматривает реализацию оперативного управления (Airline Operational Control), доставку информации служб УВД (ATC Information), информацию о погоде (Weather), трансляцию диаграмм и карт (Charts and Maps) и доступ к электронной библиотеке (Electronic Library).

Первое поколение мобильной электросвязи использовало технологию FDMA, второе - TDMA, становление третьего поколения связывается с развитием CDMA [26]. При CDMA-технологии каждый из каналов системы электросвязи полностью использует весь выделенный частотно-временной ресурс, радиоканалы систем CDMA перекрываются по времени и частоте. Соответствующие системы CDMA способны работать в одном диапазоне с другими радиоэлектронными средствами, в том числе и с традиционными системами электросвязи. Они обеспечивают высокую степень безопасности и конфиденциальность передаваемых сообщений, а также высокую скорость передачи информации и малую удельную мощность излучаемого сигнала, что увеличивает экологическую безопасность системы электросвязи и снижает помехи для других пользователей эфира.

Главное достоинство технологии CDMA - высокая степень защиты радиоканала от несанкционированного доступа благодаря сложности структуры широкополосного шумоподобного сигнала и большому объему ансамбля таких сигналов. Оба эти условия, наряду с хорошими корреляционными свойствами сигнала, являются важнейшими при выборе методов формирования сигналов.

Сеть ATN — сетевая архитектура, которая позволяет осуществлять взаимодействие наземных подсетей, подсетей «борт—земля», а также бортовых подсетей путем использования установленных интерфейсов и протоколов, основанных на эталонной модели взаимосвязи открытых систем ISO/OSI.

Проект сети ATN позволяет наземным подсетям, подсетям типа «борт воздушного судна—земля» и бортовым подсетям передачи данных оперировать данными внутри этих подсетей и совместно использовать данные при помощи общих приемного интерфейса и протоколов, основанных на модели ISO/OSI. Мо-

дель ISO/OSI достаточно хорошо проанализирована в литературе, посвященной системам электросвязи и сетевым технологиям [7, 15, 16, 28, 31, 41, 53, 56, 58, 61, 74, 77, 78, 81, 82], и можно ограничиться лишь обсуждением наиболее важных для анализа системы CNS/ATM понятий и принципов. Важно указать, что почти все стандарты, принятые ICAO для сети ATN и каналов передачи данных, используют методологию и терминологию модели ISO/OSI.

Модель ISO/OSI призвана перенести на систему CNS/ATM требования, для воплощения которых эта модель была предложена и создана: доступность, целостность, непрерывность обслуживания и точность.

После использования технологий, базирующихся на применении модели ISO/OSI, система CNS/ATM стала воплощать в себе следующие новации:

- применение цифровых технологий, повышающее помехозащищенность и информативность;

- глобальное удовлетворение услугами электросвязи, навигации и наблюдения;

- совместимость систем, включая электромагнитную;

- «бесшовность» (seamless) обслуживания; различие уровней автоматизации для различных технологий; использование линий передачи данных «борт—Земля»; эффективное и оптимальное сочетание спутниковых и наземных систем.

Применительно к электросвязному фрагменту системы CNS/ATM использование указанных «модельных» технологий позволит решить следующие важные для OpВД (ATM) задачи:

- создать сплошное поле радиосвязи с воздушными судами на базе использования различных видов радиосвязи (VHF, HF, спутниковых систем);

- разработать системы и технические средства передачи данных, обеспечивающие функциональную совместимость между бортовыми и наземными компонентами системы OpВД (ATM), а также автоматизацию процессов OpВД (ATM);

- внедрить приложения управления воздушным движением (автоматическое зависимое наблюдение ADS, связь пилот—диспетчер CPDLC, начальное оповещение);

- обеспечить создание сети авиационной электросвязи, удовлетворяющей глобальным принципам построения с развитой централизованной инфраструктурой.

Модель ISO/OSI содержит следующие базовые уровни (рис. 1.4): физический, канальный, сетевой, транспортный, сеансовый, представления и применения (приложений), которые ста-

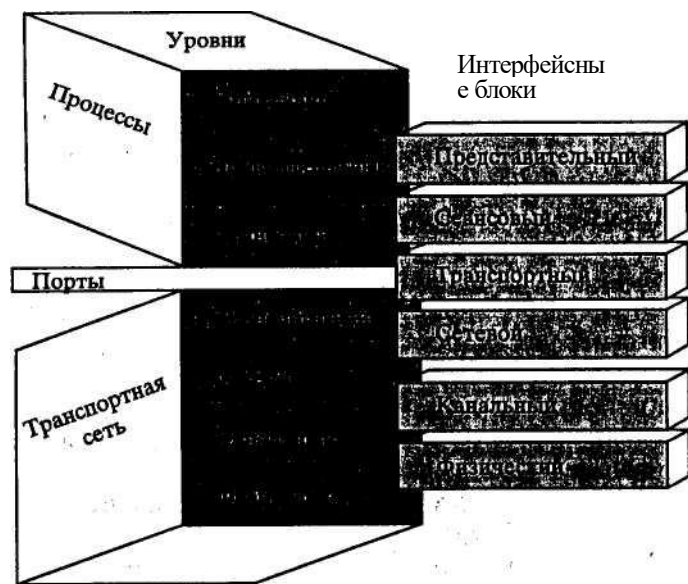


Рис. 1.4. Структура модели ISO/OSI

ли каноническими в названиях и в содержании процедур и средств для систем электросвязи, а также для систем, базирующихся на передаче информации (в системе CNS/ATM — подсистемы наблюдения).

г В эталонной модели разделение информационно-вычислительной среды, формируемой информационной системой или совокупностью таких систем, на уровни выполнено так, чтобы каждый из них был максимально независимым, благодаря чему допускаются модернизация и замена рассматриваемого уровня без изменения остальных. Каждый из уровней реализует группу функций, четко выполняющих определенную задачу (сервис). Нижние четыре уровня 1—4 (см. рис. 1.4) определяют транспортную сеть, обеспечивающую передачу информации между процессами (портами). Верхние три уровня модели 5—7 часто только так и называются — процессы AP (application process), поскольку все преобразования информации на этих уровнях совершаются с помощью программных средств. В соответствии с эталонной моделью некоторые информационные системы, участвующие в передаче данных, могут иметь лишь четыре уровня. Такие системы выполняют роль промежуточных узлов передачи данных в сети, когда сеть наращивает свои аппаратные средства для обеспечения слож-

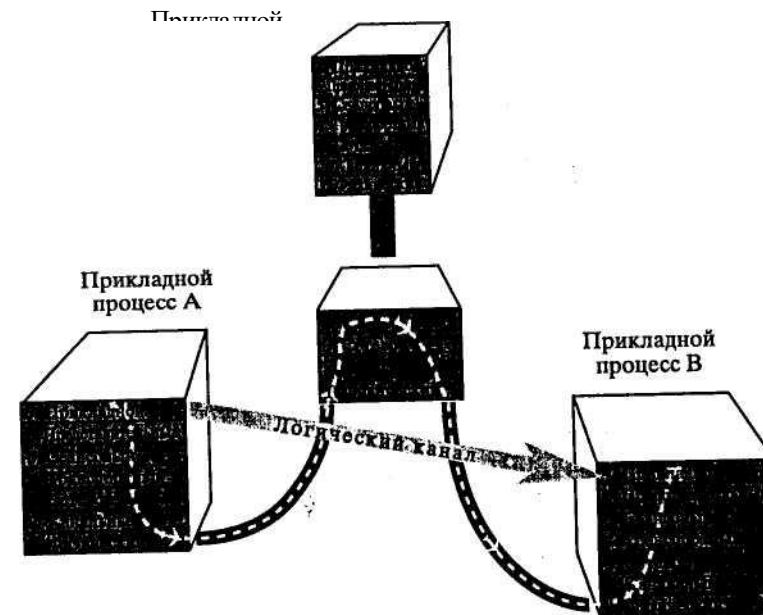


Рис. 1.5. Взаимодействие информационных систем

ных процессов, совершаемых в сети на трех верхних уровнях (рис. 1.5).

В системе CNS/ATM эталонная модель ISO/OSI призвана описывать прежде всего передачу данных между различными группами пользователей — участников процесса обеспечения деятельности по авиационным перевозкам и работам. Ее проект обеспечивает объединение различных подсетей типа «борт воздушного судна—земля» (например, режим S вторичного радиолокатора SSR — подробнее см. гл. 3), и различных подсетей типа «земля—земля», результатом чего становится единый обмен данными. Два этих аспекта являются основой для возможности взаимодействия подсетей в единую сеть ATN и обеспечения процесса надежного обмена данными для всех пользователей (т. е. ATM, AOC, FMS, AMS, AFS). Более того, указанная модель дает возможность эффективно проводить наращивание объема и качества информационных услуг, предоставляемых пользователям.

Преимущества систем обмена данными, основанных на модели ISO/OSI, например, таких как ATN, включают в себя: возможность взаимодействия между различными вычислительными системами и периферийным оборудованием, глобальный

обмен информацией, свободу выбора новых программных разработок и расширение сети.

Важно отметить, что на основе модели ISO/OSI разрабатываются специальные сетевые приложения для передачи стандартных сообщений. Например с использованием возможности базового варианта системы электросвязи ACARS для нужд ATS разработаны следующие сетевые приложения:

диспетчерское разрешение на трансокеанские полеты OCD (Oceanic Clearance);

диспетчерское разрешение на вылет или выход из зоны аэропорта PDC (Pre-Departure Clearance);

автоматическое вещание информационной службы аэропорта ATIS (Automatic Terminal Information Service);

диспетчерское разрешение на выруливание/заворачивание (Data Link Delivery of Taxi Clearance);

сообщение о состоянии бортовых систем (Flight System Message);

сообщение экипажу о погодных условиях в зоне аэропорта (Terminal Weather Information for Pilots).

Автоматическая передача перечисленной информации освобождает пилотов от необходимости записывать и расшифровывать длинные сообщения, передаваемые средствами речевой связи. Форматы представления сообщений здесь определены соответствующими стандартами.

Столь же четко расписываются информационные сообщения, передаваемые по каналу электросвязи «борт—земля».

На этапе руления (Taxi) до взлета с борта самолета передаются следующие сообщения: проверка канала связи (Link Test); сверка часов (Clock Update); информация об экипаже (Crew Information); информация о топливе (Fuel Information); сообщения о задержках (Delay Reports); начало движения (Out). В свою очередь на борт поступают: разрешение на вылет; данные от службы автоматической передачи информации в районе аэродрома ATIS; результаты анализа загрузки и баланса (weight and balance) в аэропорту; информация о вертикальной скорости (V-speed); получение документальной копии плана полета (Flight Plan-hard Copy); загрузка полетного компьютера FMC (Flight Management Computer).

На этапе взлета (Take off) только с борта самолета поступает сообщение — отрыв (off).

При наборе высоты (Departure) с борта самолета передаются данные по двигателям (Engine Data), а на самолет - корректировка плана полета (Flight Plan Upgrade) и сообщение о погодных условиях (Weather Reports).

На маршруте (En route) с борта самолета обеспечивается передача: сообщений о местоположении (Position Reports) и погодных условиях (Weather Reports); информации о задержке и времени прибытия (Delay Info/ETA-Estimated Time of Arrival); речевого запроса (Voice Request); информации о двигателях (Engine Information); сообщений для технических служб (Maintenance Reports). Соответственно на борт воздушного судна поступают: диспетчерское разрешение (ATC Clearance); сообщения о погодных условиях (Weather Reports); подтверждения (Redearance); речевой запрос (Request).

В период захода на посадку (Approach) с борта самолета поступают: сообщения об обеспечении (Provisioning); запросы коридоров (Gate Request); оценка времени прибытия ETA; специальные запросы (Special Request); информация о двигателях (Engine Information); сообщения для технических служб (Maintenance Reports). В этом случае на борт транслируются сообщения: назначение терминала (Gate Assignment); стыковочные терминалы (Connecting Gates); сведения о пассажирах и экипаже (Passengers and Crew); данные от службы автоматической передачи информации в районе аэродрома ATIS; разрешение УВД (ATC Clearance).

При посадке (Landing) только с борта самолета проходит сообщение — касание (On). При последующем рулении (Taxi) с борта самолета приходят: сообщение об окончании движения (In); информация о топливе (Fuel Information); информация об экипаже (Crew Information); данные о неисправностях от центрального компьютера сопровождения (Fault Data from Central Maintenance Computer).

Для обобщенного обозначения записываемых сообщений в рамках реализации операций с использованием ACARS предложена эффективная аббревиатура OOOI (Out-Off-On-In), где перечислены основные команды, передаваемые экипажем.

В сети ATN предусмотрено несколько уровней технических и программных средств, а взаимодействие между уровнями основано на стандартных интерфейсах. Из всего многообразия интерфейсов, используемых в сети ATN, один занимает особое место — это интерфейс связи между воздушным судном и наземными радиосредствами, получивший название эфирного или радиоинтерфейса. Обязательно необходимы международные, а не только государственные или ведомственные стандарты, которые дают определенные преимущества отдельным производителям системных и программных продуктов. Это позволяет обеспечить: возможность сравнительно несложного сопряжения одних узлов, подсетей, сетей с другими объектами различ-

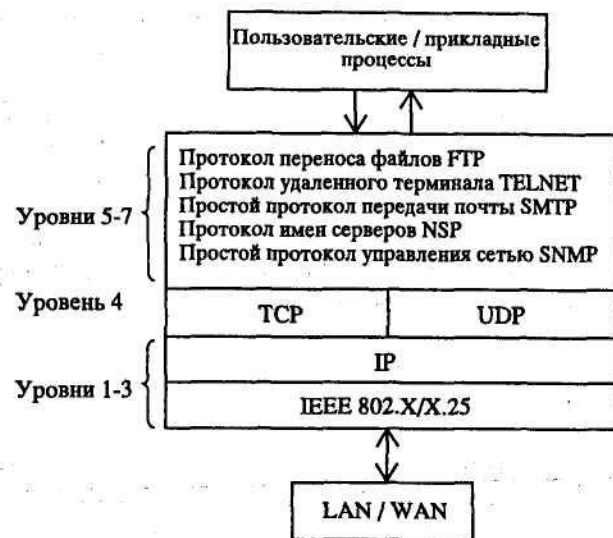


Рис. 1.6. Стек протоколов TCP/IP

ных уровней; возможность комплектования сети из объектов, созданных различными производителями; возможность замены отдельных объектов (технических и программных средств) на более совершенные; простоту освоения благодаря наличию стандартных интерфейсов пользователя.

Кроме семиуровневой модели ISO/OSI (иногда в литературе ее также называют справочной) существует еще одна модель, разработанная преимущественно для глобальных сетей и зафиксированная в серии документов RFC (Request for Comment), описывающих внутреннюю работу сети Internet и стандарты стека протоколов TCP/IP этой сети. В связи с этим такую модель часто называют TCP/IP-моделью. Модель TCP/IP содержит четыре уровня:

IV (уровень сетевого интерфейса - самый нижний) соответствует физическому и каналному уровням модели ISO/OSI;

III (уровень межсетевого взаимодействия) соответствует сетевому уровню семиуровневой модели и занимается передачей пакетов с использованием различных транспортных технологий, а также составлением и модификацией таблиц маршрутизации;

II (транспортный или основной) включает в себя транспортный и сеансовый уровни в терминах модели ISO/OSI. Он «обращается» к межсетевому уровню, посылает и получает данные;

Номер п/п	Наименование уровня модели ISO/OSI	Номер п/п	Наименование уровня модели TCP/IP
7	Прикладной	I	Прикладных программ
6	Представительный		
5	Сеансовый	II	Транспортный или основной
4	Транспортный		
3	Сетевой	III	Межсетевого взаимодействия
2	Канальный	IV	Сетевого интерфейса
1	Физический		

I (уровень прикладных программ — последний), объединяющий уровни представления данных и прикладной.

На рис. 1.6 показаны некоторые из стандартов, связанные со стеком TCP/IP. Как можно заметить, стандарт TCP/IP не содержит специальных протоколов, соответствующих каждому из уровней модели ISO/OSI. Большинство возможностей, соответствующих уровням ISO/OSI, включены в TCP/IP.

Приблизительное соответствие уровней моделей ISO/OSI и TCP/IP представлено в табл. 1.1.

Актуальность модели TCP/IP связана прежде всего с распространением и развитием сетевых технологий Internet/Intranet, базирующихся на стеке протоколов TCP/IP, а также с более точным отражением процесса сетевого взаимодействия. В большинстве современных публикаций по информационным сетям именно четырехуровневая модель используется в качестве основной.

1.3. Недостатки существующей системы авиационной электросвязи

Пока ничего не говорилось об используемой в настоящее время в ГА технологии электросвязи, техническую оснащенность которой приблизительно можно оценить по [8, 40, 45, 46, 51, 52, 66—68]. Это сделано специально, поскольку согласно концепции CNS/ATM электросвязь с воздушными судами должна в основном базироваться на осуществлении передачи данных при активном использовании сетевых технологий, а се-

годняшняя электросвязь в ГА пока использует технологии, соответствующие концепции CNS/ATM, очень слабо (чего, правда, нельзя сказать о зарубежных авиакомпаниях). Об этом можно сделать вывод из того факта, что по оценкам Международной ассоциации воздушного транспорта IATA на сегодняшний день (2002 г.) около 1200 самолетов оснащено оборудованием FANS-1 и FANS-A (FANS-1/A) - современной основой для использования технологий, вытекающих из концепции CNS/ATM. Так, в настоящее время один из крупнейших поставщиков услуг спутниковой авиационной радиосвязи — Международное общество электросвязи для авиации SITA предлагает услуги FANS-1/A следующим организациям и странам: Евроконтролю, Управлению ГА США FAA, Южной Африке, Индии, Шри-Ланка, Испании, Фиджи, Австралии, Мадагаскару, Сингапuru, Гонконгу, Египту, Южной Корее, Франции и др. Европейские страны стремятся, чтобы самолеты, оборудованные FANS-1/A, летали на внутренних рейсах, где изначально планировалась только сеть ATN.

Конечно, в нашей стране, где из-за разразившегося экономического кризиса практически отсутствуют многие ресурсы, о таком положении дел приходится только мечтать. Пока что у нас отсутствует сплошное связное радиополе в российском воздушном пространстве для обеспечения взаимодействия «борт—земля», практически не задействованы технологии передачи данных по каналу «борт-земля», затрачиваются значительные эксплуатационные ресурсы на обслуживание наземных приемопередающих центров электросвязи.

Отечественная авиационная электросвязь базируется в основном на давно уже развернутой сети наземных пунктов фиксированной авиационной связи. Понятно, что подобный способ организации авиационной электросвязи далеко не является тупиковым, и он должен развиваться прежде всего в направлениях увеличения охвата территории и организации через эти пункты передачи данных [17]. Безусловно, что подобная сеть электросвязи должна быть открытой для последующего включения ее в сеть цифровой электросвязи ATN.

Правда, подобные заключения о современном состоянии отечественной авиационной электросвязи нужно делать осторожно, поскольку в России, пусть пока и в недостаточной степени, но все-таки ведутся в настоящее время работы по развертыванию системы CNS/ATM, так что может получиться, что оценка существующего состояния систем электросвязи в ГА не относится к специалистам тех регионов, где создание системы CNS/ATM стало текущим планом развития авиапредприятий.

Например, в последние годы серьезные успехи достигнуты в Магаданском центре УВД [49]. Не случайно в 2002 г. именно на базе этого предприятия проходила международная конференция под многообещающим названием «CNS/ATM — Россия XXI век». В «floCNS/ATM-tt период» развития информационного обеспечения полетов воздушных судов электросвязь в ГА сводилась к организации речевой VHF связи и аналоговых режимов HF связи. Следовательно, не приходится даже говорить, что та система электросвязи хоть в какой-то степени содержала зачатки будущей системы. Поэтому требуется кардинальная ломка действующей в ГА системы электросвязи и соответственно используемых технологий, что связано с большими затратами.

Следует специально выделить следующие основные факторы, свойственные современным системам авиационной электросвязи, которые заставляют переходить к новым технологиям:

- перегруженность частотного спектра, ограничивающая развитие авиационных перевозок;

- сложность реализации задач в отношении OpВД (АТМ), устанавливаемых концепцией CNS/ATM, связанных прежде всего с передачей данных;

- недостаточность в обеспечении безопасности электросвязи; невозможность интегрирования в действующие и разворачиваемые системы цифровой электросвязи и передачи данных;

- затруднительность обеспечения охвата всей территории Земли.

В рамках реализации концепции CNS/ATM предполагается установление речевой связи/передачи данных, на основе авиационной подвижной спутниковой службы, линии передачи данных режима S вторичного радиолокатора SSR и в целом сети ATN. Соответствующие средства и используемые технологии электросвязи призваны исключить перечисленные ограничения действующих систем. Это означает:

- установление прямых и эффективных каналов электросвязи «борт—Земля»;

- организацию усовершенствованной обработки данных;

- снижение перегруженности каналов;

- уменьшение разнообразных ошибок при ведении электросвязи;

- взаимодействие с другими системами электросвязи и передачи данных;

- снижение рабочей нагрузки;

- возможность получения более полных и точных данных о наблюдаемой обстановке и состоянии воздушного транспортного пространства;

снятие с эксплуатации ныне действующих систем электросвязи, требующих значительных расходов на эксплуатацию.

Такое положение с электросвязью складывается прежде всего из-за текущего состояния ОрВД (АТМ). Из-за возрастания числа эксплуатируемых самолетов наземные и бортовые информационные средства стали не в состоянии обеспечивать требуемый уровень безопасности полетов. Летная эксплуатация при действующих технологиях УВД все еще остается негибкой — в основе формирования и выполнения полетных заданий лежат давно разработанные правила выполнения полетов, регламентируемые соответствующими инструкциями и наставлениями. По понятным причинам эти негативные тенденции сейчас очень рельефно проявляются в нашей стране, например, в своей работе диспетчеры УВД все еще используют неэффективные средства:

- голосовую аналоговую радиосвязь;
- устаревшие средства радиотехнического обеспечения полетов;

- наземные относительно громоздкие и не очень надежные автоматизированные системы УВД, например «Старт», «Спектр», «Теркас» и другие, совместно с аппаратурой отображения полетной информации «строка—страница»;

- сравнительно давно утвержденные инструкции и наставления, не учитывающие качественно новые возможности современных информационных средств для УВД.

В действующую сейчас технологию УВД положено «жесткое» разделение зон воздушного движения и разведение (эшелонирование) воздушных судов в едином воздушном пространстве для обеспечения безопасности полетов. Причем гарантированное эшелонирование поддерживается только диспетчерами наземных средств УВД, что влияет на характер используемых сегодня систем электросвязи. Это не позволяет сполна реализовать возросшие возможности бортового радиоэлектронного оборудования современных воздушных судов по оптимизации воздушной навигации.

В последнее время очень остро встала проблема, которая долгое время не привлекала серьезного внимания — это способность функционирования системы авиационной электросвязи в условиях так называемой информационной войны (information war) [36], где решающую роль играет обеспечение информационной безопасности (information security) всей системы CNS/АТМ.

Этот вопрос крайне актуален в связи с разработкой концепции информационного оружия, использование и защита от ко-

торого стали высшими приоритетами в политике национальной безопасности ведущих стран, ориентированной на XXI в. Информационное оружие принципиально отлично от других видов оружия, поскольку с помощью него информационная война может вестись необъявленно и подспудно.

Безусловно, что если какой-либо объект связан с внешним миром, то у некоторых лиц, групп и даже государств может появиться желание для реализации своих корпоративных целей проникнуть на этот объект, или в его систему управления. Сети передачи данных превращаются в поле информационной войны. Информационное оружие включает в себя средства воздействия на информацию, такие как компьютерные вирусы, логические бомбы и мины, которые по команде или в назначенное время приводятся в действие, средства радиоэлектронной борьбы и т.д. Не случайно все чаще для радиосредств, используемых в интересах ГА, стали выдвигать условие их помехоустойчивости. Для ГА информационная безопасность становится одним из важнейших факторов, непосредственно влияющих на безопасность авиационных перевозок.

Итак, при развертывании и эксплуатации систем электросвязи ГА, особенно при подключении их к другим сетям, обязательно нужно иметь в виду обеспечение информационной безопасности. Непонимание важности этой проблемы может свести на нет все ожидаемые потребительские ценные качества от использования систем CNS/АТМ. Здесь нужно уметь воспроизводить возможную логику поведения взломщиков систем авиационной электросвязи и ставить соответствующие аппаратные и программные заслоны. Соответствующие устройства и программные продукты для обеспечения информационной безопасности: антивирусные программы, криптосистемы, нелинейные локаторы, системы управления доступом, модели угроз, средства поиска уязвимых мест в защищенных системах стали обязательными элементами структуры современных систем и сетей электросвязи. Несложно спрогнозировать их появление и в структуре всей системы CNS/АТМ.

Процессы управления безопасностью полетов, учитывающие технологии защиты от актов незаконного вмешательства, должны гарантировать, что первоочередной задачей будет по-прежнему обеспечение безопасной эксплуатации воздушных судов. Система ОрВД (АТМ) не должна довольствоваться достигнутым уровнем безопасности, она постоянно должна развиваться в направлении ее дальнейшего повышения. Безопасность, однако, нельзя рассматривать отдельно от других аспектов развития и эксплуатации системы ОрВД (АТМ). Принятие совместных ре-

шений и обмен информацией должны гарантировать участие пользователей воздушного пространства в уравнивании требований, предъявляемых к системе ОрВД (АТМ).

1.4. Системы авиационной подвижной электросвязи

Относящийся к электросвязи фрагмент систем CNS/АТМ обеспечивает обмен аэронавигационной информацией и сообщениями между авиационными пользователями и (или) автоматизированными системами. Системы электросвязи используются также для обеспечения функций навигации и наблюдения. Предполагается, что регулярная связь «борт—земля» на этапе полета по маршруту будет, в основном, представлять собой обмен цифровыми данными. По этой причине пользователь в большинстве случаев выбирает конкретное сообщение из заранее составленного перечня сообщений, используя меню на экране монитора, добавляет некоторые специфические параметры (или произвольный текст) и затем отправляет сообщение. В некоторых случаях передача данных осуществляется между автоматизированными бортовыми и наземными системами без необходимости ручного вмешательства. Такой обмен данными намного сокращает объем речевой связи и, следовательно, уменьшает рабочую нагрузку пилотов и диспетчеров. Одной из основных задач, возлагаемых на развертываемую систему CNS/АТМ, является ее способность передавать большой объем данных на основе использования цифровых и сетевых технологий с устранением во многих случаях все еще встречающейся в практике ОрВД (АТМ) потребности в голосовой связи. Однако это не означает, что текущая голосовая связь «диспетчер—пилот воздушного судна» отомрет — такая электросвязь будет по-прежнему функционировать в ближайшем обозримом будущем, и особенно в критических ситуациях.

Наземная (территориальная) электросвязь всегда будет востребована, поскольку очень часто с экономической точки зрения гораздо проще организовывать текущую авиационную электросвязь с использованием надежных защищенных высокоскоростных наземных линий связи, нежели через спутники. Это особенно актуально при осуществлении зональной навигации RNAV, тем более в районах аэродромов. Особенно следует обратить внимание на непрерывность электросвязи, зафиксированную словом «текущая». Система прямой наземной электросвязи с короткими задержками в линиях передачи наиболее подходит в тех случаях, когда необходим быстрый речевой обмен или обмен данными. В загруженных узловых районах ис-

пользованию речевой связи также будет отдаваться предпочтение. В аварийных или нестандартных ситуациях речевая связь сохранится в качестве основной связи «борт—земля».

Передача аналоговых и (или) цифровых сообщений «борт—Земля» осуществляется по одной из девяти радиолиний.

1. AMSS — геостационарные спутники связи, предназначенные специально для подвижной связи, обеспечивают обширную по существу глобальную зону действия и каналы речевой связи и передачи данных. Использование AMSS имеет особое практическое значение для воздушных судов, выполняющих полеты в океанических и (или) отдаленных районах континентального воздушного пространства;

2. VHF — линия электросвязи (аналоговая связь) диапазона (118—136 МГц) имеет высокую эксплуатационную надежность и будет по-прежнему применяться для речевой связи в загруженных узловых районах, а также для передачи нерегулярных сообщений общего характера в зонах его действия. Этот вид электросвязи в настоящее время используется в интересах службы воздушного движения АТС, причем не только для голосовой связи, но и для осуществления электросвязи авиационного операционного управления АОС, где организуются передача данных и голосовая связь. В силу условий распространения радиоволн установление VHF связи возможно только в пределах дальности прямой видимости. Хорошие функциональные возможности, приемлемое количество организуемых каналов связи превратили VHF связь в базовую при организации надежной подвижной связи для многих регионов Земли. Однако здесь налицо перенасыщенность каналов электросвязи. Кроме того, условия прямой видимости никак не смогут перевести этот вид электросвязи на глобальный уровень с предоставлением соответствующих услуг по всему земному шару. В последнее время предпринимаются определенные усилия по более эффективно использованию выделенного ИКАО для VHF электросвязи частотного диапазона. Пока здесь удавалось разместить лишь 740 каналов, каждый из которых занимал полосу 25 кГц. Это ни в коей мере не может обеспечить нужды ГА не только отдаленного будущего, но уже и сегодняшнего дня. Поэтому ИКАО приняло решение о переходе на разнесение используемых каналов на величину $25/3=8,33$ кГц, что совместно с увеличением верхней частоты используемого «авиационного» диапазона частот до 137 МГц позволило довести суммарное число VHF каналов подвижной (воздушной) связи до 2280. Вместе с тем, такой переход не должен существенно затрагивать используемые принципы модуляции, чтобы переход на стандарты нового частотного разне-

сения сопровождался лишь соответствующей модернизацией применяемой в настоящее время аппаратуры электросвязи.

3. HF — линия электросвязи (аналоговая связь) в НРполосе (2,8—22 МГц) обеспечивает передачу сообщений на большие расстояния и обладает ограниченной возможностью радиосвязи, главным образом, из-за непостоянства характеристик распространения радиосигналов. Этот вид электросвязи, использующий более длинноволновый по сравнению с VHF частотный диапазон, обеспечивает видение «за горизонт» (например, через океаны и в удаленных областях). Однако электросвязь в этом диапазоне достаточно ненадежна из-за сильной изменчивости условий распространения коротковолновых (1,5-30 МГц) радиосигналов. Для ГА, где надежность авиационной электросвязи является определяющим требованием, НРэлектросвязь пока не может выступать в качестве базовой. В этом случае практически универсальным способом повышения надежности HF электросвязи является совмещение ее со спутниковыми технологиями. Однако организация спутниковой электросвязи, например, в полярных регионах, пока крайне затруднена, прежде всего, по экономическим соображениям. Предполагается, что по мере расширения использования AMSS в океанических (отдаленных) районах загруженность HF каналов будет уменьшаться. До тех пор пока для обслуживания полетов над полярными регионами не будет создано новое спутниковое созвездие, приемлемое для использования авиацией и охватывающее весь земной шар, HF связь будет оставаться единственным возможным видом связи в этих районах (например, на кросс- и трансполярных авиамаршрутах). Более подробно системы и средства HF, VHF, UHF авиационной электросвязи рассмотрены в [42, 43] и тематических подборках статей [27, 33, 44] одного из авторов.

4. Режим 1 VHF — линии цифровой связи (VDL — 118—137 МГц). Этот режим предполагает использование радиоборудования аналоговой УНРсвязи для обмена данными. Используемый в этом режиме метод модуляции представляет собой частотную манипуляцию с минимальным фазовым сдвигом MSK. Этот метод сравнительно просто может быть реализован в линии связи «борт—земля» VDL с использованием существующих наземных и бортовых VHF радиолиний аналоговой (речевой) связи путем добавления внешнего УНРмодема. Метод модуляции MSK полностью отвечает приведенным в Приложении 10 ICAO к Конвенции о международной ГА стандартам для двухполосной амплитудной модуляции DSB-AM (Double Side Band — Amplitude Modulation) и обеспечивает скорость передачи данных по каналу связи «борт—земля» 2400 бит/с. Вид доступа в ка-

нал связи — CSMA. Эта система, которая стала называться авиационной системой связи для адресации и передачи сообщений ACARS, получила значительное развитие и распространение, и в настоящее время многие крупные авиакомпании используют ее для обеспечения АОС, ААС и в ограниченных случаях для некритических по времени ситуаций ATSC. Система ACARS не являлась объектом какого-либо процесса стандартизации ICAO, однако режим 1 VDL был специально разработан для обеспечения возможности использования его радиосигналов, способа модуляции данных и оборудования. Протокол режима 1 цифровой линии связи VDL существенно отличается от ACARS вследствие применения бит-ориентированных канальных протоколов. Существующее бортовое VHF радиоборудование использовалось для передачи данных АОС и ААС между воздушными судами и их эксплуатационными агентствами с помощью специальных наземных станций и соединяющих их между собой сетей. Режим 1 можно рассматривать в качестве переходного для перехода к режиму 2.

5. Режим 2 VDL — обеспечивает совместную с ATN линию передачи данных «борт—земля» и предусматривает использование методов цифровой радиосвязи. Номинальная скорость передачи данных 31,5 кбит/с совместима с характеристиками связи при разделении каналов частотой 25 кГц, применяемых при аналоговой УНРрадиосвязи, и режимом 3 VDL (комбинированная речевая связь и передача данных). Используемая в режиме 2 модуляция позволяет применять наборы протоколов ATN для различных прикладных процессов, обеспечивая значительное повышение эффективности использования VHF канала.

6. Режим 3 VDL — использует метод разделения каналов TDMA и обеспечивает речевую связь и передачу данных. Улучшенное использование в этом режиме VHF спектра достигается за счет обеспечения четырех отдельных радиоканалов на одной несущей (разделение каналов частотой 25 кГц).

7. Режим 4 VDL — использует метод разделения каналов STDMA и рассчитан обеспечивать не только традиционный обмен данными, но функции навигации и наблюдения (например, ADS-A(C) и ADS-B). Доступ в каналы согласно технологии STDMA организован так, что каждая станция отвечает за предварительный выбор и резервирование каналов, которые она хочет использовать. Все временные каналы синхронизированы по UTC, которое обычно берется с приемника глобальной навигационной системы. В результате организации этого режима формируется цифровой виртуальный канал в диапазоне VHF с использованием одного или более стандартных каналов частотой

25 кГц. Этот режим рассматривается для использования в других приложениях линии передач данных.

8. Линия передачи данных режима S (см. подразд. 3.6) вторичного радиолокатора SSR (1030/1090 МГц) - обеспечивает возможность цифровой связи и представляет собой линию передачи данных «борт-земля», которая специально рассчитана для передачи ограниченных данных в районах с высокой плотностью воздушного движения. Она может использоваться в смешанных условиях, для которых характерны различные уровни возможности применения линии передачи данных в режиме S.

9. HF линия передачи данных (цифровая связь) — обеспечивает линию передачи данных «борт-земля» вида HFDL, которая совместима с ATN, и, в первую очередь, призвана дополнять AMSS в океанических (отдаленных) регионах и обеспечивать основную возможность связи в полярных районах.

В целом сервис передачи данных предназначен для обмена сообщениями и обновления информации для целого ряда служб. Виды обслуживания и используемые каналы передачи данных представлены в табл. 1.2.

ATN объединяет спутниковую, HF, VHF подсети обмена данными, а также подсети передачи данных режима S вторичной радиолокации SSR и шлюзов наземной сети. Гармоничное сочетание возможностей HF, VHF и спутникового каналов связи, основанное на некоррелированности механизмов распространения, используется в сети ATN для обеспечения глобального сплошного перекрытия электросвязью «борт—земля» с высокой надежностью в соответствии с требованиями интегрированной системы CNS/ATM.

Радиоинтерфейсы призваны обеспечить внутри сети ATN сопряжения: наземными радиосредствами HF связи для передачи данных ACARS; наземной системой обработки данных с режимом ADS и CPDLC для систем ACARS, FANS-1, FANS-A; диспетчерскими рабочими местами; наземными сетями передачи данных.

В свою очередь, интерфейсы наземного комплекса сети ATN призваны обеспечивать:

автоматизированный обмен данными с воздушными судами на всех этапах полета (в зоне действия радиосвязи) и взаимодействие с авиакомпаниями и центрами УВД через наземную сеть;

автоматическое управление радиосредствами, входящими в состав наземного комплекса;

обработку принимаемой и передаваемой по линии передачи данных «борт—земля» информации в соответствии с протоколом ACARS;

Таблица 1.2

Области применения линий передачи данных	Линии передачи данных							
	Режим S	HFсвязь, режим HFDL	Спутниковая связь AMSS	VHFсвязь				
				ACARS	VDL-1	VDL-2	VDL-3	VDL-4
Обслуживание полетной информацией (FIS-ATIS)		*		*	*	*	*	*
Диспетчерское разрешение убытия (PDC)		*	*	*	*	*	*	*
Океаническое диспетчерское разрешение (OCD)		*	*	*	*	*	*	*
Бортовой компьютер управления полетом (FMC)		*	*	*	*	*	*	*
Информация о погоде для пилотов (TWTIP)		*	*	*	*	*	*	*
Отчет о положении в пути (WPR)	*	*	*	*	*	*	*	*
Административная связь авиакомпаниями (AAC)		*	*	*	*	*	*	*
Оперативное управление авиакомпаниями (AOC)		*	*	*	*	*	*	*
Связь "пилот-диспетчер" (CPDLC - DO-219)	*	*	*	*	*	*	*	*
Автоматическое зависимое наблюдение — адресное (контрактное) (ADS-A)	*	*	*	*	*	*	*	*
Автоматическое зависимое наблюдение — широкослетельное (ADS-B), предупреждение столкновений (ACAS)	*	*	*	*	*	*	*	*
Обслуживание экипажей информацией о воздушной обстановке с земли (TIS)	*	*	*	*	*	*	*	*

реализацию форматов сообщений в соответствии с рекомендациями ARINC-618 (ACARS), ARINC-622, ARINC-623;

обмен данными с учетом уровней приоритета сообщений;
обслуживание одновременно 60 воздушных судов.

Должны быть обеспечены сопряжение с сетями SITA/ARINC для передачи информации в интересах зарубежных авиакомпаний и обработка макета рабочего места CPDLC.

Обмен данными между бортовым и наземным оборудованием должен осуществляться по HF радиоканалам связи, согласно протоколам ARINC-618; -622; -623 в формате сообщений ACARS. Он может обеспечить связь и наблюдение для воздушных судов, а также мобильных и фиксированных станций.

Чтобы стать абонентом системы VDL, которая, в свою очередь, является одной из сетевых служб системы ATN, необходимо оснастить самолеты новыми элементами бортовой авионики. Для передачи информации через цифровые каналы связи VDL диапазона должно обеспечиваться с помощью аппаратного интерфейса цифровое кодирование сообщений, передаваемых VHF радиостанцией VDR.

На рынке авионики предлагаются модемы, которыми должны оснащаться радиостанции VDR, позволяющие передавать информацию как по аналоговому каналу VHF ACARS со скоростью 2,4 кбит/с, так и по цифровому VDL — со скоростью 31,5 кбит/с.

Чтобы воздушное судно, оснащенное бортовым автоматом передачи данных CMU, сохраняло возможность передавать данные наземным станциям, работающим в аналоговом канале, предусмотрен режим (VDR Mode A) аналогового кодирования сигналов. В этом режиме используется протокол VHF ACARS, посредством которого устанавливается аналоговый канал связи между бортовой радиостанцией VDR и наземными станциями VHF ACARS. Передача данных в формате ACARS осуществляется через канал AVLC, который является цифровым каналом VDL диапазона VHF для передачи аналоговых данных.

Система VDL разрабатывалась как сетевая служба ATN для передачи данных по каналу «борт—земля». Вместе с тем VDL также может использоваться и для прямой передачи данных в рамках системы ACARS в качестве стандарта схемы «ACARS через AVLC» (AOA).

Принятая схема AOA предусматривает использование протокола AECC-618 для передачи данных через канал, который обеспечивается логическими соединениями в соответствии с протоколом AVLC, регламентируемым ICAO для использования в системе VDL. В результате пропускная способность кана-

ла достигает 31,5 кбит/с. Такая схема очень схожа со схемой «ACARS через SATCOM», в которой канал устанавливается по протоколу, регламентируемому ICAO для обеспечения связи «борт-Земля» через сеть AMSS INMARSAT.

Благодаря использованию системы VDL в схеме AOA достигается увеличение скорости передачи данных с борта самолета по радиоканалу в диапазоне VHF. Однако при этом данные могут передаваться только в формате ACARS через аналоговые каналы VHF-связи.

Для передачи и приема данных по цифровому VDL и аналоговому каналам связи одновременно на различных частотах диапазона VHF разработана наземная VHF радиостанция VGS. Также подготовлено программное обеспечение для работы в цифровом канале VDL.

Данные, передаваемые с борта воздушного судна либо по обычному (аналоговому) каналу ACARS, либо по каналу AOA на наземную станцию VGS, поступают в процессор обмена данными DLSP. Таким образом, переход на канал AOA не требует нового интерфейса для наземных терминалов абонентов.

В зависимости от того, находится воздушное судно в зоне устойчивого приема наземной станции VDL или вне этой зоны, передача данных с борта происходит соответственно по каналу AOA, либо по аналоговому каналу ACARS. SITA планирует разместить наземные станции VDL прежде всего там, где каналы VHF особенно нагружены.

Наземные станции VDL могут одновременно принимать данные, передаваемые с борта воздушного судна, оснащенного оборудованием VLF AOA или VDL системы ATN.

Под службой адресации и передачи цифровых данных ACARS понимают форматную и протокольную части трех нижних уровней эталонной модели ISO/OSI. Логическая схема (архитектура протоколов) установления связи для передачи данных в существующей системе ACARS показана на рис. 1.7. Эта служба обеспечивает обмен цифровой информацией между наземными станциями и воздушными судами. Основное назначение службы ACARS — обеспечить быструю, качественную и надежную цифровую связь между экипажем воздушного судна и наземными службами УВД по возможности с наименьшими издержками на океанических и других сверхдальних воздушных трассах [19]. Первоначально сообщения ACARS имели форму телеграмм вида OOOI. Эти сообщения формировались автоматически по срабатыванию соответствующих бортовых устройств, что устраняло возможные субъективные ошибки экипажа воздушного судна в определении указанных данных и осо-

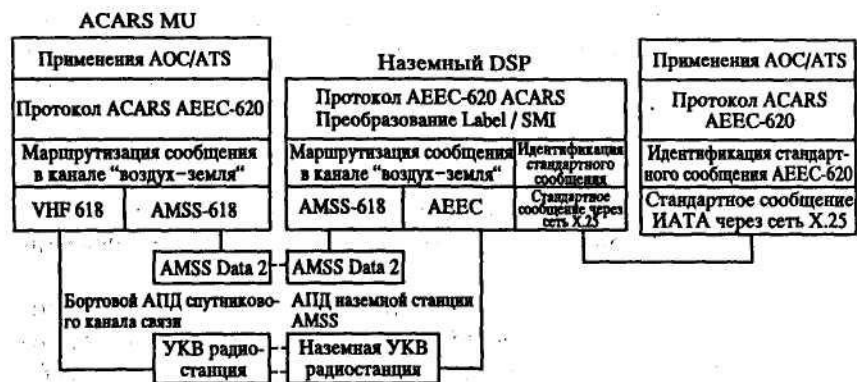


Рис. 1.7. Архитектура ACARS

бенно времени их исполнения. Позднее спектр сообщений службы ACARS существенно расширился за счет включения доносений о пунктах назначения, режимах работы силовых установок самолета, метеоданных на трассе полета воздушного судна и др.

Система ACARS в своем исходном варианте была разработана для обмена сообщениями между экипажем и наземными службами. Впоследствии она была доработана с целью использования спутниковых систем связи. Система ACARS предназначалась для оперативной связи между воздушным судном и центральной диспетчерской службой авиакомпании. На начальном этапе внедрения сетевой технологии она стала широко использоваться службой ATS.

В свою очередь, ICAO были разработаны стандарты для авиационной сети связи нового поколения ATN и для системы VDL, обеспечивающей передачу данных по цифровому каналу, устанавливаемому на выделенной частоте диапазона VHF для обмена данными средствами радиосвязи. Эти требования и стандарты заложили основу процесса перехода от системы ACARS к системе обмена данными в канале «борт—земля».

Сейчас в ГА реализуется концепция перехода от существующей системы обмена данными ACARS к системам связи нового поколения, использующим технологию установления цифрового канала VDL как сетевого приложения ATN. Этот переход продиктован потребностями в увеличении пропускной способности каналов обмена данными «борт—земля» и в использовании возможностей сети ATN службами ATS. Для передачи данных в системе ACARS используются радиоканалы связи в диапазоне VHF.

Для обмена данными средствами радиосвязи в диапазоне VHF бортовые и наземные компьютеры соединяются каналами связи с помощью обычных VHF радиостанций, предназначенных для речевой связи. При этом и для обмена данными, и для речевой связи используется один и тот же способ передачи информации — амплитудная модуляция сигнала. Под каждый радиоканал в диапазоне VHF отводится полоса частот шириной 25 кГц.

Основными параметрами, определяющими эффективность передачи данных по VHF радиоканалам, являются пропускная способность канала и фактическая скорость передачи данных, которая может быть реализована абонентом в соответствии с алгоритмом доступа к каналу.

При использовании VHF-радиостанций, разработанных для речевой связи, возможности системы ACARS ограничены скоростью передачи 2,4 кбит/с. При большей скорости количество ошибок при декодировании принимаемого сигнала возрастает настолько, что связь становится неэффективной. В системе ACARS реализован алгоритм множественного доступа CSMA.

Полностью реализовать возможности метода множественного доступа CSMA при использовании VHF радиостанций, предназначенных для речевой связи, не удастся. Они не позволяют компьютерам наземных станций и бортовой авионики четко определять, свободен канал или нет. Передающая VHF радиостанция создает задержку продолжительностью до 50 мс между началом передачи данных с компьютера и моментом времени, когда другие пользователи канала могут обнаружить работу данной станции.

С ростом числа пользователей и посланных ими сообщений фактическая скорость передачи данных падает по сравнению с максимально возможной скоростью 2,4 кбит/с, обеспечиваемой методом CSMA. Подсчитано, что при высокой степени загрузки VHF радиоканалов метод CSMA обеспечивает передачу данных со скоростью порядка 300 бит/с.

В дальнейшем система ACARS была доработана таким образом, чтобы можно было использовать возможности авиационной подвижной спутниковой связи AMSS. Воздушные суда, оснащенные оборудованием системы ACARS для AMSS, как правило, могут использовать его и для передачи данных по VHF каналам и таким образом обеспечивать передачу информации.

Система ACARS может использоваться для селективного (адресного) вызова экипажа требуемого воздушного судна с помощью специального устройства, называемого SELCAL. Сообщение с запросом SELCAL посылается «вверх», что вызывает срабатывание звукового оповещения вызываемого экипажа. В этом случае экипаж воздушного судна выключает звуковое оповеще-

ние и посылает вызов наземной радиостанции на переданной в сообщении SELCAL частоте. При необходимости экипаж может послать сообщение с указанием адреса вызываемого абонента на Земле. Для этого он должен включить в сообщение номер требуемого телефона или указать другую адресацию в соответствии с рекомендациями ICAO.

1.5. Особенности организации спутниковой радиосвязи в системе CNS/ATM

Без спутниковых технологий невозможно установление требуемой концепцией CNS/ATM глобальной электросвязи, и тем более, осуществление эффективной передачи данных. Такой переход на спутниковые технологии соответствует сегодняшнему состоянию эксплуатируемых и развертываемых систем электросвязи. Появился даже специальный термин: космическая или спутниковая электросвязь [2, 4, 11-13, 22, 24, 48, 50, 57, 69, 72, 76, 84, 86], обеспечивающая в настоящее время передачу свыше 30% всех видов сообщений, и эта доля в общей сети межгосударственного обмена информацией постоянно повышается. Не является курьезом название такого вида связи, как спутниковая фиксированная авиационная электросвязь. Поскольку линия космической электросвязи может использовать только радиоканал (эфир), то чаще всего говорят именно о космической или спутниковой радиосвязи, что и будет нами подчеркиваться по ходу изложения. Для нашей страны внедрение спутниковых технологий наталкивается на целый ряд трудностей, обусловленных сегодня (2002 г.) ограниченностью всех видов ресурсов из-за разразившегося экономического кризиса. Спутников, формирующих соответствующие навигационные и электросвязные группировки, хронически не хватает. В отечественной научно-технической литературе стала очень активно обсуждаться проблема эффективного использования орбитальной группировки спутников, когда происходит ее реальная деградация (см., например [30]). Указанное обстоятельство приходится постоянно учитывать при формировании на всех уровнях планов внедрения системы CNS/ATM.

Радиолинии космической радиосвязи могут быть классифицированы по ряду признаков:

- способу ретрансляции радиосигналов — с пассивной или активной их ретрансляцией;

- форме используемых для движения ИСЗ орбит — радиолинии с эллиптическими и круговыми орбитами космических аппаратов;

- конфигурации сети («созвездия»);

- высоте орбит движения ИСЗ — с низколетящими космическими аппаратами LEO, с аппаратами на средних орбитах МЕО и радиолиниями с высоколетящими космическими аппаратами НЕО или с аппаратами на геостационарной орбите GEO;

- способу организации или виду многостанционного доступа к ретранслятору связи — линии с частотным, временным, кодовым и пространственным разделением сигналов станций;

- доступности, оцениваемой вероятностью получения потребителем услуг электросвязи в заданный временной интервал и с требуемым качеством;

- целостности, означающей способность спутниковой системы радиосвязи обнаруживать свое неправильное функционирование и исключать возможность использования ее потребителем при недопустимых отклонениях рабочих характеристик;

- управляемости системой и минимизации влияния факторов, возмущающих движение спутников.

Орбитальные группировки искусственных спутников связи и передачи данных отличаются по сравнению с навигационными спутниками значительным разнообразием. В настоящее время действует свыше 50 международных и национальных систем спутниковой связи и вещания на основе геостационарных ИСЗ, такие как ИНТЕРСПУТНИК, EUTELSAT, INMARSAT, INTEL-SAT. Кроме того, около полутора десятков систем подвижной и персональной связи* используют негеостационарные ИСЗ. Наиболее известными представителями этого семейства являются IRIDIUM, ICO, ODYSSEY. Следует отметить системы спутниковой связи военного назначения и управления космическими аппаратами: TDRSS, MILSTAR, MILCOMSATS (США), SKYNET (Великобритания), STENTOR (Франция) и т.п.

Принимая во внимание все преимущества спутниковых коммуникационных услуг, необходимо иметь в виду, что каждое отдельное государство не может иметь свою собственную спутниковую сеть для обеспечения необходимого функционирования системы CNS/ATM. Более того, инфраструктура, обеспечивающая в интересах ГА осуществление мощных информационных потоков через границы государств и все околосреднее пространство, не может быть создана ни одним государством и ни одной организацией. Были определены несколько международных организаций и корпораций, которые предоставляют спутниковые и коммуникационные услуги международному авиационному сообществу. Наиболее известными поставщиками услуг являются: Международная организация INMARSAT, авиационная радиокорпорация ARINC, Международная организация авиаци-

онной электросвязи SITA, а также COSPAS-SARSAT, предназначенная для решения проблемы эффективного поиска мест авиaproисшествий, в том числе, на трансполярных трассах.

Анализ достижений и перспектив спутниковой радиосвязи рассмотрен в обзоре [13], где предлагается оценивать эффективность той или иной системы электросвязи по следующим критериям: обслуживаемая территория, автономность, пропускная способность, качество связи, количество и эксплуатационные характеристики абонентских станций, стоимость и сроки реализации проекта, тарифы за услуги, принципы технического построения системы. Учитывая достаточно большой объем публикаций о спутниковой радиосвязи, мы, следуя задачам, поставленным при написании этой книги, сосредоточим свое внимание на авиационной спутниковой связи, конечно, под углом зрения концепции CNS/ATM [75].

Спутники связи непосредственно участвуют в реализации функции наблюдения, предусмотренной концепцией CNS/ATM (подробнее см. в гл. 3), они также дополняют орбитальные группировки глобальных навигационных спутников, позволяя значительно улучшить характеристики последних за счет использования системы регионального расширения RAS. По широкополосному каналу этой системы осуществляется ретрансляция сигналов наземных станций от спутниковых навигационных систем. Наличие такого канала обеспечивает большую доступность (благодаря дополнительным навигационным сигналам), целостность (за счет оперативной передачи потребителям информации о целостности навигационной системы в самих навигационных сообщениях) и точность (за счет передачи дифференциальных поправок) навигационных определений, s :

..В основу функционирования всех современных линий космической радиосвязи положен способ активной ретрансляции сигналов, позволяющий существенно упростить конструкцию наземных станций, уменьшить их габаритные размеры, повысить энергетический потенциал.

Достоинствами космической радиосвязи являются: возможность обеспечения глобальности электросвязи, передачи больших потоков сообщений любого вида и использования помехоустойчивых методов передачи; быстрота построения линий; высокие качество электросвязи в любое время года и суток, мобильность и маневренность.

Вместе с тем, космической радиосвязи присущи и недостатки, которые нужно учитывать при развертывании электросвязного фрагмента системы CNS/ATM:

сложность системы связи в целом и большие первичные затраты на ее строительство, эксплуатацию и управление;

возможность несанкционированного радиоэлектронного воздействия в случае ведения тех или иных информационных войн или атак;

ограничение информационной емкости сетей космической радиосвязи пропускной способностью ретрансляторов.

Основное назначение спутниковой связи заключается в организации служебной связи и связи пассажиров с абонентами, находящимися вне пределов прямой радиовидимости. Сигналы в каналах космической радиосвязи на пути своего распространения перекрывают расстояния до десятков тысяч километров (200-40 000 км) и, как минимум, два раза проходят через толщу земной атмосферы. При этом параметры сигналов претерпевают существенные изменения, к которым прежде всего относится большое (порядка 200 дБ) и изменяющееся во времени затухание. Кроме этого, возможны дисперсия, задержки и искажения сигналов. Поэтому, если иметь в виду доведение энергетического потенциала канала космической радиосвязи до реального значения чувствительности приемных устройств за счет увеличения коэффициента усиления антенн, то необходимо использовать достаточно большие антенны диаметром от единиц до десятков метров.

Характерной особенностью космической радиосвязи является то, что радиосвязь возможна только в определенном диапазоне частот. Обеспечение непрерывности связи в системах космической радиосвязи с движущимися относительно наземной станции ИСЗ может быть достигнуто за счет применения нескольких таких спутников, разнесенных в пространстве так, чтобы в зоне радиовидимости всегда находился один из них. При этом возникает задача переориентации антенн наземной станции с одного спутника на другой, 100%-ного резервирования приемопередающего оборудования и автоматического его переключения. Поэтому антенные системы наземных станций - более сложные и дорогостоящие сооружения со специальной аппаратурой наведения и слежения за ИСЗ.

Космическая связь стала основой для организации всех современных видов авиационной электросвязи, рассмотренных в подразд. 1.2; ATSC, AOC, AAC и APC.

Прежде всего, с помощью спутниковых технологий достаточно просто реализуется пересылка на землю информации о воздушном судне с использованием цифровых линий передачи данных. Сюда входят данные о распознавании воздушного судна, его высоте, статусе и траектории движения, хотя такое взаи-

действие может быть осуществлено с помощью режима S вторичного радиолокатора SSR, HF и VHF линий передачи данных. Всеохватывающее обслуживание с помощью спутниковых систем позволяет ввести в постоянный обиход всегда обновляемую информацию:

- о погодных условиях. Цифровые линии передачи данных делают возможным прямой доступ пилотов к метеорологическим данным от наземных систем. Предупреждения, связанные с суровыми погодными условиями, такими как ветряные бури, могут быть быстро переданы пилотам, и меры предосторожности, принятые на борту воздушного судна, тоже могут быть переданы на Землю по запросу или в обычном режиме. Благодаря тому, что такое оборудование установлено на большинстве современных гражданских воздушных судов, такие технологии сводятся к прогнозированию наиболее приемлемых траекторий полета воздушного судна;

об аэронавигационном обеспечении. Все типы аэронавигационных данных, в том числе и данные службы автоматической передачи информации в районе аэродрома ATIS, а также информация об изменениях в использовании навигационной помощи, о классе воздушного пространства и соответствующих ограничениях могут быть представлены экипажу воздушного судна по запросу. Современные системы обработки навигационных данных могут считаться динамическими базами данных, в которых содержатся настоящие и прогнозируемые положения воздушного судна;

г.- о воздушном пространстве. Передаваемая по цифровым линиям передачи данных информация может содержать минимум сведений предупредительного характера о безопасной высоте и ограничениях по скорости. Также к ней могут относиться предупреждения пилотам, касающиеся вторжения в зоны УВД или ограниченного доступа, если это происходит без соответствующего разрешения.

Таким образом, экипажи воздушных судов с помощью спутниковой связи получают широкий доступ к информации служб ATS, в том числе к информации о метеоусловиях, которая при этом может выдаваться более часто и является более подробной. Спутниковая связь при управлении полетом включает передачу в наземные центры УВД такой информации, как данные о количестве топлива на борту, расчетное время прибытия и показания бортовой аппаратуры. Используя эту информацию, персонал наземных служб может лучше спланировать подготовку необходимого оборудования для минимизации времени обслуживания самолета. Важное значение имеет передача экстренных сообще-

ний об аварийных ситуациях, попытке угона самолета и т.п. Спутниковая система используется также для сбора и распределения информации, необходимой при планировании полетов. Экипажи получают доступ к оперативной информации аэропортов о положении на воздушных трассах. При этом сообщения об изменениях графика движения самолета поступают в реальном времени. Бортовые телекоммуникационные службы спутниковой связи позволяют осуществить продажу билетов и резервирование мест прямо на борту самолета, а также организовать ряд дополнительных сервисных услуг. Пользование телефонами в самолете стало доступно большинству пассажиров зарубежных авиакомпаний. Многие из существующих в настоящее время систем связи основаны на той же сотовой технологии, что и мобильные телефонные сети. При этом работа системы зависит от наземных станций УВЧ-диапазона (0,3—3,0 ГГц). Связь с Землей осуществляется через антенну, установленную под фюзеляжем самолета, и ограничивается речевой связью в пределах прямой видимости. При использовании спутниковой связи авиапассажир может разговаривать по телефону и посылать факсимильные сообщения или цифровые компьютерные данные в любую точку Земного шара.

Полная спутниковая система связи состоит из наземной станции связи, спутников и бортовой самолетной станции связи. Наземная станция выполняет функции управления системой и представляет собой «шлюз» для входа в наземные сети связи. Спутники, расположенные, как правило, на геостационарных орбитах GEO, транслируют сигналы связи между бортовыми станциями связи и наземными станциями или между наземными станциями. Бортовая станция объединяет необходимую бортовую аппаратуру.

Требования к сети Авиационной фиксированной спутниковой службы электросвязи AFSS, являющейся основным фрагментом спутниковой системы связи, и ее структура учитывают реалии, возникшие при развертывании неспутникового варианта AFS. Так, в нашей стране УВД осуществляется отдельными территориальными предприятиями, каждое из которых владеет или стремится создать собственную сеть электросвязи, имеющую радиальную структуру с узловыми станциями сети и связывающимися с ней абонентскими станциями, не содержащими каналов связи между собой. Правда, сегодня часто устанавливаются дополнительные связи еще между отдельными абонентскими станциями и смежными абонентскими станциями других предприятий. Теперь требуется управлять функционированием такой сети и осуществлять контроль ее технического состояния из

единого центра. Так как сети AFSS различных территориальных предприятий создавались в разное время, достаточно остро стоит вопрос их технического сопряжения.

Для охвата всей территории России требуется как минимум два спутника — ретранслятора. Необходимо решить также проблему организации шлюза между фрагментами сети, работающими через различные ретрансляторы.

Реализуемые каналы спутниковой связи используются для речевого взаимодействия, передачи радиолокационной информации, телеграфных сообщений, управления техническими средствами, обмена данными. Требования к скоростям передачи отличаются в зависимости от решаемой задачи. Используемые интерфейсы и протоколы обмена не всегда являются типовыми, что потребовало их технической отработки.

В предложенной для реализации сети AFS S используется технология многостанционного доступа Sky Performer с помощью протокола коммутации пакетов FR (Frame Relay) и с использованием спутниковых каналов связи. Этот протокол применяется в глобальных сетях для высокоскоростной передачи информации с минимальными задержками в узле коммутации. В состав наземных станций сети включены коммутатор (маршрутизатор) пакетов Frame Relay (FRSR — FR Switch/Router) и модуль управления. Каждая станция излучает на передачу единственную несущую, в цифровом потоке модулятора которой содержатся пакеты стандарта FR, направленные ко всем станциям, с которыми организованы постоянные виртуальные каналы PVC (Permanent Virtual Channels). На приемной стороне каждая станция имеет необходимое количество демодуляторов, принимающих все несущие от наземных станций, с которыми необходимо взаимодействие. Далее принятые пакеты фильтруются с помощью FRSR и при необходимости добавочных многофункциональных устройств доступа FRAD (FR Assemble—Disassemble).

Метод доступа SkyPerformer является одним из наиболее оптимальных для применения в радиально-узловых и частично-смешанных сетях с числом станций, соответствующим размеру создаваемой сети. К достоинствам метода относятся:

- простота организации соединений типа «точка-точка»;

- использование одной несущей для организации нескольких направлений связи;

- ¹ возможность организации однокачкового соединения периферийных станций, не требующего использования дополнительного частотного спектра спутника ретранслятора;

- возможность организации централизованного (распределенного) управления сетью;

- невысокие требования к энергетике станций;
- эффективное использование полосы ретранслятора;
- эффективная передача данных, использующих различные протоколы передачи, в том числе трафика локальных сетей;
- сравнительно низкая стоимость реализации и эксплуатации системы.

Кроме AFSS, в систему спутниковой авиационной электро-связи входят авиационная мобильная спутниковая служба AMSS, бортовая станция авиационной спутниковой радиосвязи AES и наземные станции авиационной спутниковой радиосвязи GES.

Применение спутниковых технологий при организации мощной глобальной аэронавигационной инфраструктуры ОрВД (АТМ) — ключ к формированию и наращиванию возможностей системы CNS/АТМ. Указанные технологии через AMSS должны обеспечивать:

- установление и функционирование всех четырех видов авиационной электро-связи: АТSC, АОС, ААС и АРС (см. подразд. 1.2);

- участие большого количества пользователей с помощью разнообразных по сложности радиоэлектронных средств;

- возможность наращивания функциональных возможностей и структуры, главным образом за счет объединения подсистем, с обеспечением всех требуемых для ОрВД (АТМ) технологий управления воздушным движением;

- ведение речевого обмена и передачи данных;

- гибкость при реализации потенциалов развития в рамках наращивания возможностей системы CNS/АТМ;

- применение эталонной модели ISO/OSI при организации взаимодействия AES и GES.

Инфраструктура рассматриваемого варианта реализации системы CNS/АТМ включает в себя три составляющие: космический сегмент, объединяющий всю совокупность орбитальных группировок искусственных спутников связи и передачи данных; наземный комплекс управления, в состав которого входят центр УВД, командно-измерительные комплексы, командно-диспетчерские пункты, станции адресной самолетной и телефонной связи; пользовательский сегмент, к которому относятся бортовая аппаратура потребителей и интегрированные системы наземной связи.

Спутниковые системы обеспечивают высококачественную цифровую связь с высокой степенью надежности в любой точке Земного шара. Используемые в них цифровые контроллеры передачи данных совместимы с самолетными и наземными ВЧ

(3-30 МГц), ОВЧ (30-300 МГц), УВЧ (0,3-3 ГГц) и СВЧ (3-30 ГГц) устройствами, а также с цифровыми телефонными системами. Тем самым поддерживаются все типы сообщений адресной самолетной электросвязи ACARS, включая сообщения цифровых модулей сбора полетных данных.

В спутниковой связи используются каналы четырех типов. R-канал действует в прямом направлении (передача от наземной станции к воздушному судну через спутник) со скоростью передачи 600 бит/с при двухпозиционной фазовой манипуляции А-BPSK. Здесь обеспечиваются технологии, свойственные системам с временным разделением каналов TDMA и пакетным режимом передачи, который идет непрерывно от каждой наземной станции в спутниковую сеть. Этот канал может использоваться как для функций управления системой, так и для других функций. R-канал действует в обратном направлении (от воздушного судна к наземной станции через спутник), передавая данные со скоростью 600 и 1200 бит/с и использованием манипуляции А-BPSK. Это канал с произвольным доступом, который передает сигнальные данные и данные в пакетном режиме. Сигнальные данные представляют собой начальные сигналы сообщения, как правило, сигналы запроса. С-канал действует в прямом и обратном направлениях и осуществляет передачу данных со скоростью 21 кбит/с с квадратурной фазовой манипуляцией А-QPSK. Этот канал обеспечивает передачу в цифровой форме потока данных или факсимильных сообщений. Его использование контролируется передачей сигналов предоставления и освобождения канала в начале и конце каждого вызова. Т-канал действует в обратном направлении со скоростью передачи 600 и 1200 бит/с А-BPSK-манипулированных сигналов. Формируется резервный канал с многостанционным доступом и временным разделением каналов TDMA. Приемная наземная станция резервирует временные интервалы для передач, запрашиваемых самолетными станциями в соответствии с длительностью сообщения. С борта самолета сообщения передаются в зарезервированные временные интервалы согласно приоритету.

Возможность использования каналов различного типа зависит от класса оборудования, установленного на борту воздушного судна.

Передача данных через спутниковые каналы связи осуществляется одинаково как при использовании антенны высокого усиления (12 дБ) АЕРО-Н, так и с использованием антенны промежуточного усиления (6 дБ) АЕРО-І. Если бортовое оборудование предназначено для работы с антенной АЕРО-І, то при речевой связи используется узконаправленный луч спутника, а

при обмене данными — «глобальный» луч, который используется и в случае, если оборудование предназначено для работы с антенной АЕРО-Н.

Оборудование класса 1 использует антенну АЕРО-Н и соответствует требованиям низкоскоростной передачи данных в пакетном режиме передачи стандарта ARINC-741. Стандарт ARINC-741 «Авиационная спутниковая система связи» регламентирует требования, предъявляемые к конструкции, функциям и возможности взаимодействия бортового оборудования.

Оборудование класса 2 позволяет применять антенну АЕРО-Н и соответствует требованиям передачи данных в циклическом режиме передачи стандарта ARINC-741.

Оборудование класса 3 оснащено антенной АЕРО-Н и соответствует требованиям передачи данных в циклическом и пакетном режиме передачи стандарта ARINC-741.

Оборудование класса 4 использует антенну с АЕРО-Н и подчиняется техническим требованиям обслуживания данных в пакетном режиме передачи стандарта ARINC-741. Стандарт ARINC 746 «Система связи салона» определяет требования для сопряжения телекоммуникационного оборудования салона с бортовым оборудованием связи, включая спутниковую систему SATCOM.

В станции связи «борт—земля» бортовые системы связываются со спутниками на частотах L-диапазона и через них — с наземными станциями связи.

Бортовая станция связи «борт—земля» имеет три подсистемы: систему связи кабины салона, авиационную электронную аппаратуру и антенную систему.

Ядром системы связи кабины салона является блок телекоммуникации, который функционирует как центральный блок сопряжения с телефонами, факсимильными аппаратами и компьютерами пассажиров, а также с оборудованием связи кабины. Блок телекоммуникации также осуществляет сопряжение с бортовым оборудованием связи: сотовой телефонной системой СВЧ-диапазона, сотовой телефонной системой L-диапазона, со службами телекоммуникации, доступными через межсетевой интерфейс.

Промежуточный блок спутниковой телекоммуникации транслирует сигналы из блока телекоммуникации в формат, используемый системой спутниковой связи. Стандартная система связи самолета обеспечивает гибкость в выборе типов телефонных и факсимильных аппаратов, компьютеров и оборудования кабины. Помимо этого, оборудование салона и кабины сопрягается с оборудованием всех имеющихся служб.

-, В бортовом блоке сопряжения со спутниковой системой связи происходит формирование сигналов для передачи речевой и факсимильной информации и выполняются функции модуляции/демодуляции, исправления ошибок, кодирования и уплотнения. Модуляция/демодуляция сигнала осуществляется в соответствии с заданными скоростями передачи данных в каналах связи на промежуточной частоте, ширина полосы пропускания канала составляет 25 кГц. Блок сопряжения со спутниковой системой также определяет направление на спутник. Данные углов тангажа и крена, а также курса, широты и долготы воздушного судна получаются от его инерциальной системы навигации INS. Положение всех спутников в системе связи хранится в памяти блока. Используя данные о местоположении спутников и данные INS, блок сопряжения вычисляет направление на ближайший спутник. Данные об этом угле наведения поступают в подсистему антенны с высоким коэффициентом усиления, которая нацеливает луч в заданном направлении.

Блок радиочастоты представляет собой повышающий/понижающий преобразователь частоты. Уровень мощности несущих отдельных передаваемых сигналов независимо регулируется с шагом 1 дБ на основании команд, поступающих из блока сопряжения. Сигналы принимаются антенной системой с полосой радиочастоты 1530-1559 МГц и преобразуются в промежуточную частоту, а затем поступают в блок сопряжения для демодуляции в соответствии с полосой частот модулирующих сигналов.

Передаваемые сигналы с выхода блока радиочастоты поступают на вход усилителя мощности с полосой пропускания 1626,5—1660,5 МГц и регулировкой коэффициента усиления с шагом 1 дБ по командам из блока сопряжения. Это управление мощностью позволяет максимизировать пропускную способность спутника. Если бортовая станция связи излучает сигнал со слишком высоким уровнем мощности, страдает качество сигнала. Если уровень мощности слишком мал, то число пользователей, которые могут обслуживаться спутниковым ретранслятором, уменьшается.

Антенная система представляет собой устройство сопряжения со спутниками, имеющимися в системе. Доступный уровень обслуживания зависит от скорости передачи данных в каналах системы, которые, в свою очередь, зависят от коэффициента усиления антенной системы.

Антенная система с промежуточным коэффициентом усиления имеет одну небольшую антенну с всенаправленной диаграммой направленности. Эта антенна установлена в верхней части фюзеляжа и не снабжена устройством для управления по-

ложением антенны. Антенна может одновременно передавать сигналы с высоким уровнем мощности и принимать сигналы с низким уровнем мощности, обеспечивая тем самым двустороннюю телефонную связь. Диплексор (пара фильтров) разделяет передаваемые и принимаемые сигналы, а малошумящий усилитель усиливает принимаемый сигнал и шум таким образом, что любая помеха, вносимая со смещением, не ухудшает отношения сигнал/шум системы.

Передаваемые высокочастотные сигналы с высоким уровнем мощности поступают на передающий вход диплексора, проходят через фильтр к входу антенны, излучающей сигналы в направлении спутника. Фильтр диплексора в тракте приема препятствует попаданию сигналов с частотой передачи в приемник. Антенна принимает сигналы со спутника и передает их на антенный вход диплексора. Сигналы проходят через фильтр на выход диплексора для приемника. В случае использования антенны промежуточного усиления система может вести передачу данных с малой скоростью (600 бит/с).

Применение антенны с высоким коэффициентом усиления позволяет осуществить высокоскоростную передачу данных, речевых и факсимильных сообщений со скоростью 21 кбит/с. Главный лепесток диаграммы направленности должен управляться и ориентироваться на спутник. Блок управления главным лепестком диаграммы направленности антенны состоит из отдельных СВЧ-фазовращателей. Микропроцессор и соответствующие электронные схемы позволяют быстро управлять главным лепестком диаграммы направленности.

Передача по R-каналу непрерывно поддерживается наземной станцией. Воздушное судно должно получить этот канал, чтобы определить тот временной интервал, в котором оно запросит канал (эти сведения передаются по R-каналу). В ответ наземная станция предоставляет станции «борт—земля» C-канал, по которому устанавливается вызов. В конце вызова по C-каналу на станцию «земля—земля» посылается сигнал отсоединения.

В зависимости от типа данных, передаваемых воздушным судном, может предоставляться R-канал, T-канал или C-канал. Вне зависимости от этого воздушное судно должно получить R-канал, чтобы иметь возможность определять соответствующий временной интервал, в котором будет осуществляться передача, а запрос на канал всегда передается на станцию «земля—земля» по R-каналу.

Для авиационной подвижной системы связи AMSS на основе спутниковой системы связи INMARSAT предусмотрены протоколы для обеспечения каналов речевой связи и протокол X.25

Packet Layer сетевого сегмента AMSS (протокол AMSS X.25) для передачи данных через спутниковый канал связи.

Протокол AMSS X.25 обеспечивает передачу данных от нескольких абонентских бортовых узлов сетевого сегмента AMSS. В результате становится возможным передавать в параллельном режиме данные, генерируемые различными системами кабины экипажа и салона воздушного судна.

Благодаря протоколу AMSS X.25 бортовые системы получают доступ к наземной станции спутниковой связи, которая, в свою очередь, с помощью протокола может быть соединена с наземными сетями X.25.

Каждый спутник системы INMARSAT имеет свой идентификационный код DNIC, определяемый стандартом X.121. В протоколе сетевого сегмента AMSS используется адрес, устанавливаемый для воздушного судна в виде комбинации из кода DNIC спутника, к которому приписано воздушное судно, и восьмизначного идентификационного номера (Aeronautical Earth Station Identifier), присвоенного воздушному судну в спутниковой системе воздушной связи.

Протокол AMSS X.25 используется бортовыми системами для установления сетевой связи с терминалами наземных сетей X.25 посредством системы адресации. Протокол AMSS дает так же возможность терминалам наземных сетей X.25 устанавливать сетевую связь с бортовыми системами воздушных судов. Протоколом AMSS наделяется приоритетом каждое сетевое соединение в дополнение к приоритету, устанавливаемому протоколами более высокого уровня.

Протокол AMSS X.25 обеспечивает абоненту выполнение условия прозрачности по отношению к протоколу AMSS канального уровня и протоколу физического уровня спутниковой системы.

1.6. Глобальная сеть авиационной цифровой электросвязи АТН

Одной из основных задач, решаемых с помощью сетей АТН, является передача данных. С точки зрения реализации функции передачи данных вся сеть может рассматриваться как система передачи данных, под которой понимается совокупность технических и программных средств, взаимодействующих на основе заданных принципов и обеспечивающих передачу и распределение сигналов данных с заданной верностью.

В настоящее время сформировались следующие направления развития цифровых методов передачи данных, основанных: 116

на передаче цифровых данных по аналоговым каналам и трактам связи;

преобразовании аналоговых сообщений в цифровую форму для передачи по цифровым трактам;

формировании иерархии цифровых систем передачи сигналов данных на основе асинхронного и синхронного объединения потоков цифровых сообщений и преобразования аналоговых сообщений в цифровую форму;

применении системного подхода к выбору средств передачи данных и топологии сети.

Реализация этих направлений предполагает передачу цифровых сигналов данных по типовым каналам тональной частоты и по групповым трактам аналоговых систем с частотным разделением каналов. В настоящее время разработан ряд устройств преобразования сигналов, обеспечивающих согласование отправителей и получателей цифровых сообщений с унифицированными каналами тональной частоты. Это, прежде всего, модемы и аппаратура передачи сигналов данных, характеристики которых оговорены в SARPs.

Важной проблемой, с которой приходится сталкиваться при эксплуатации систем обмена данными «борт—земля» является борьба с канальными помехами импульсного типа, которые носят случайный характер, имеют амплитуду, превышающую значение полезного сигнала на несколько порядков.

Для борьбы с импульсными помехами в канале электросвязи используются специальные модемы, функционирующие на физическом и канальном уровнях модели ISO/OSI. Разновидностью логической обработки элементов сигнала является канал со стиранием, в котором на выходе модема фиксируется место сомнительно принятого символа.

Применение импульсно-кодовой модуляции позволяет интегрировать аналоговые и цифровые сообщения в единые потоки данных. Передача сигналов в цифровых системах электросвязи сопровождается специфическими искажениями, вызванными дискретизацией и квантованием в аналого-цифровых преобразователях и фильтрацией в цифроаналоговых преобразователях. Здесь оказывается эффективным использование решающих схем, допускающих простую реализацию кодеков и обеспечивающих обнаружение и (или) исправление ошибок в цифровых последовательностях.

Дальнейшие исследования в области проектирования кодеков привели к созданию адаптированных к канальным ошибкам кодирующих и декодирующих устройств кольцевых последовательностей, а также систем передачи данных, ориентированных

на прием сигналов в целом, при котором анализируется вероятностная структура всего сигнала.

Сеть АТН по своему назначению предполагает использование электронных центров коммутации, обеспечивающих высококачественную передачу различных сообщений независимо от взаимного расположения пользователей. Эта сеть воплощает в своей структуре стремление обеспечить требуемые показатели верности электросвязи с учетом интенсивности потоков данных, методов их обработки, адресации и времени доставки сообщений.

Применение системного подхода к оптимизации ресурсов сети АТН предполагает: определение достоверности информации о вероятностной структуре канальных ошибок, выбор с учетом этого процедур кодирования и декодирования; сбор информации о статистической структуре потоков данных с целью выбора топологии сети и производительности центров коммутации; анализ и характер внезапных отказов в аппаратуре передачи и обработки данных с целью построения тестов для диагностирования сложной системы и определения места отказа.

Вместе с тем, основной задачей системного подхода при организации электросвязи на основе принципов АТН является использование существующих сетей и систем электросвязи при минимальных затратах на реализацию межсетевое взаимодействие. Такое межсетевое взаимодействие обеспечивается путем использования стандартов на основе эталонной модели ISO/OSI и установки маршрутизаторов (в терминах АТН — промежуточных систем), предназначенных для маршрутизации сообщений по межсетевой среде и для сопряжения разнородных подсетей. АТН предоставляет возможность передавать данные через ряд разнородных подсетей с различными протоколами и процедурами установления связи. При этом обеспечивается возможность взаимодействия любой пары абонентов, включая подвижные и фиксированные, с заданным уровнем качества обслуживания.

Каждый пользователь, желающий получить доступ к услугам АТН, должен использовать соответствующие протоколы и иметь структуру в соответствии с моделью ISO/OSI, что дает возможность любого расширения числа абонентов, упрощает процесс стыковки при вводе, замене или наращивании оборудования передачи данных. Кроме того, АТН обеспечивает: > гарантированное время доставки сообщений и обслуживание в соответствии с выбранной категорией качества, в зависимости от которой оплачиваются услуги;

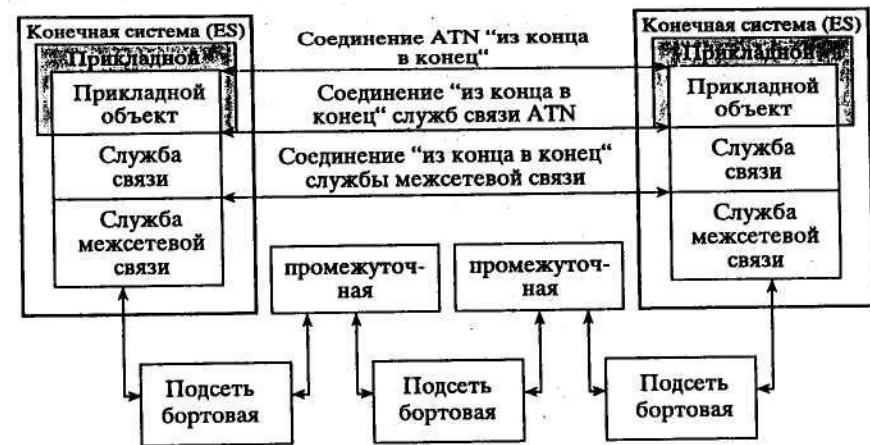


Рис. 1.8. Концептуальная модель АТН

возможность защиты от несанкционированного доступа к информации за счет расстановки меток безопасности;

возможность сокращения арендной платы за использование каналов связи вследствие оптимальной топологической структуры взаимодействия абонентов;

увеличение аэронавигационных сборов за счет расширения сферы услуг связи и их качества;

динамическое распределение ресурсов связи в зависимости от текущего трафика сообщений;

структурную надежность межсетевой среды за счет наличия альтернативных подсетей в качестве обходных маршрутов;

повышение безопасности, экономичности и регулярности полетов воздушных судов.

Технические требования, предъявляемые к глобальной аэронавигационной сети АТН, оговорены Документом 9705 ICAO.

На рис. 1.8 изображена упрощенная модель АТН, которая не отображает полных функциональных возможностей, таких как хранение и пересылка информации. Для установления отдельных требований по функционированию «из конца в конец» в рамках АТН были заранее определены различные точки соединений. Однако, может возникнуть необходимость определения иных точек соединения «из конца в конец» с целью упрощения оценки реализации вышеупомянутых функциональных требований. В таких случаях точки соединений «из конца в конец» следует определять четко и согласованно по отношению к блокам, изображенным на рис. 1.8.

¹ На рис. 1.9 представлены информационные потоки в сети АТН.

Сеть авиационной электросвязи АТН включает в себя прикладные объекты и службы связи, позволяющие взаимодействовать наземным подсетям, подсетям «борт—земля» и бортовым подсетям передачи данных путем использования общих интерфейсных служб и протоколов, базирующихся на модели ISO/OSI. Эта формулировка из Документа 9705 ICAO является основополагающим определением самой идеи создания АТН и условием ее построения и использования. Иными словами, любой пользователь, желающий получить доступ к услугам АТН, должен использовать соответствующие протоколы и иметь структуру в соответствии с ISO/OSI, что дает возможность произвольного расширения числа абонентов, упрощает процесс сопряжения при вводе, замене или наращивании оборудования передачи данных, а также обеспечивает предоставление всего спектра услуг, предлагаемых со стороны АТН.

Функции радиосвязи «борт—земля» реализуются согласно документу 9705 ICAO соответствующими службами. Служба «контекстного управления» СМ является системным приложением, обеспечивающим механизм адресации для всех линий передачи данных. Эта служба создает наземной системе ОрВД (АТМ) возможность подключения к соответствующим наземным и бортовым подсистемам ОрВД (АТМ). После подключения обеспечивается получение информации о предоставляемых услугах службой линий передачи данных, создается возможность подключения к другой наземной системе, а также возможность обновления информации подключения.

Служба ADS, касаясь только аспектов связи «борт—земля», предоставляет пользователям согласно их требованиям возможность своевременно получать координатную и прочую информацию с борта воздушного судна, имеющего необходимое для этого оборудование. Приложение ADS разработано для автоматического предоставления пользователям донесений о воздушном судне. Донесения ADS предоставляют координатную и прочую необходимую информацию в целях обеспечения организации воздушного движения, включая УВД.

¹ Служба продвижения сообщений ADS, касаясь только аспектов обмена «земля—земля», определяет связь при продвижении донесений ADS по наземной сети (сетям) связи.

Служба связи «диспетчер—пилот» по линии передачи данных CPDLC обеспечивает связь между диспетчером и пилотом по линии передачи данных, предоставляя возможность устанавливать, управлять и завершать диалог CPDLC между наземным

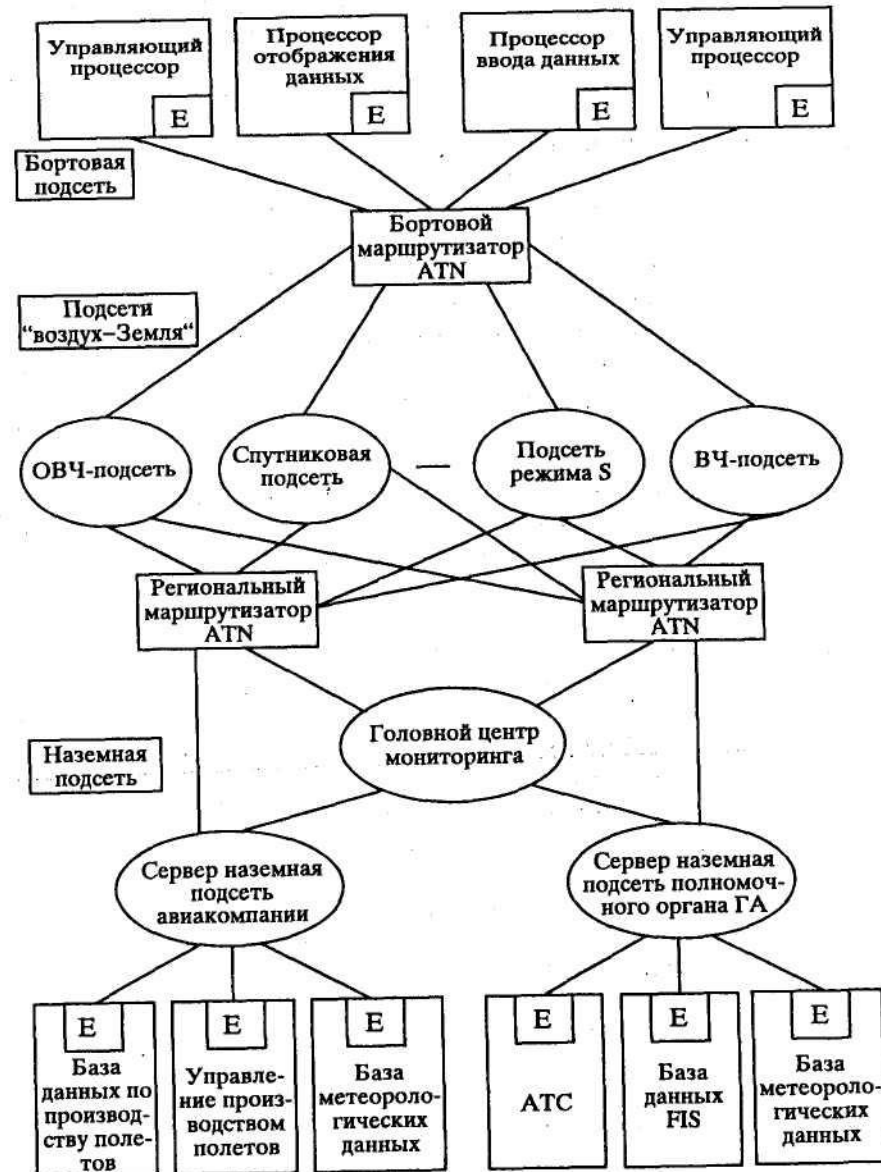


Рис. 1.9. Схема прохождения информационных потоков в сети АТН

органом ОрВД (АТМ) и соответствующей бортовой системой. После установления диалога приложение CPDLC обеспечивает обмен сообщениями между диспетчером и пилотом.

Служба полетно-информационного обслуживания FIS позволяет пилоту принимать услуги FIS от соответствующих наземных систем. Данное приложение обеспечивает доступ к услугам путем обмена сообщениями между бортовым оборудованием и наземными системами FIS.

В состав служб «Земля—Земля» входят: приложение «Службы обработки сообщений ОВД (АТS)» АТSMHS и приложение «Обмен данными между органами по обслуживанию воздушного движения». Приложение «Службы обработки сообщений ОВД (АТS)» позволяет производить обмен сообщениями АТS между пользователями этих служб. В службы обработки сообщений АТS входят службы, обмена сообщениями АТS и прохождения этих сообщений через АТN. Данные службы имеют целью обеспечение общих услуг по обмену сообщениями в межсетевой среде АТN. Это достигается с помощью изменения прикладных программ интерфейсов как для службы обмена сообщениями АТS, так и для службы их прохождения через АТN.

Служба обмена сообщениями АТS обеспечивается с помощью реализации в службе межсетевой связи АТN систем обработки информации, определяемых в рекомендациях 10021 IСАО/IEC и X.400 ССIТТ/IТU-T с учетом дополнительных требований, определенных в документе 9705 IСАО. В пределах службы обмена сообщениями АТS определяются два уровня обслуживания: базовая и расширенная службы обмена сообщениями АТS.

В документе 9705 IСАО определена только базовая служба, а расширенная служба включена в документы SARPs. Служба прохождения через АТN является службой обработки сообщений АТS, предлагаемой службам межсетевой связи АТN с помощью использования диалоговой службы и соответствующей архитектуры верхних уровней АТN для обмена сообщениями АFTN/CIDIN.

; .Служба обмена данными между органами по обслуживанию воздушного движения АIDC обеспечивает обмен информацией между органами ОрВД (АТМ) для поддержания функций, являющихся необходимыми при управлении воздушным движением, таких как уведомление о подходе воздушного судна к границе района полетной информации FIR, координация граничных условий и передачи управления, а также полномочий по связи. Эта служба является непосредственным приложением УВД для обмена информацией текущего управления только между орга-

нами ОрВД (АТМ), а не какими-либо иными официальными органами или средствами.

Документ 9705 IСАО определяет также начальную версию спецификации службы связи верхних уровней АТN ULCS. Область функционирования этой службы распространяется на сеансовый (уровень 5), представления (уровень 6) и прикладной (уровень 7) уровни эталонной модели IСАО/OСI. Спецификация службы поддерживает все текущие приложения АТN и разработана с целью оптимизации использования связного диапазона.

Службой межсетевой связи определяются основные положения, которыми необходимо руководствоваться при реализации конечных и промежуточных систем АТN с целью обеспечения межсетевой связи АТN для пользователя, т.е. архитектура верхнего уровня в соответствии со спецификацией службы связи верхних уровней. В соответствии с терминологией, используемой при описании основанных на ЭВМ сетей передачи данных, инфраструктура, необходимая для обеспечения взаимосвязи автоматизированных систем ОрВД (АТМ), называется межсетевой структурой. Иначе говоря, межсетевая структура обеспечивает взаимосвязь ЭВМ со шлюзами или маршрутизаторами с помощью реальных подсетей. Это позволяет построить однородную виртуальную сеть передачи данных в среде разнообразных административных и технических приложений. С учетом пожелания различных авиакомпаний обеспечить взаимосвязь развивающихся и все более разнообразных бортовых и наземных ЭВМ для осуществления автоматизации ОрВД (АТМ) становится ясно, что сообществу ГА необходима глобальная межсетевая инфраструктура передачи данных. Инфраструктурой такого взаимодействия, разработанной IСАО для указанных целей, является АТN.

Структура АТN позволяет предоставлять услуги связи различным группам пользователей, т.е. связь АТSC, АОС, ААС и АРС. Эта структура обеспечивает возможность объединения различных подсетей «борт—земля» (например, режимы SSSR, АМSS, линия передачи данных VHF) с различными подсетями «земля—земля», в результате чего создается общая система передачи данных. Эти два аспекта лежат в основе взаимодействия АТN и гарантируют надежную передачу данных для всех пользователей. Кроме того, данная структура обеспечивает возможность внедрения различных служб связи для пользователей на эволюционной основе. Сеть АТN также способна работать в международной инфокоммуникационной среде с различными поставщиками услуг по передаче данных и предоставлять как связь АТSC, так и связь при обслуживании авиационной отрасли,

Т а б л и ц а 1.3

Категории сообщений	Приложение ATN	Приоритет транспортного уровня	Приоритет сетевого уровня
Управление сетью/системой		0'	14
Сообщения о бедствии	" -	1	13
Срочные сообщения		2	12
Сообщения высшего приоритета по безопасности полетов		3	11
То же, обычного приоритета	CPDLC, ADS, AIDC	4	10
Метеорологические сообщения.	—	5	9
Сообщения по регулярности полетов	CM, ATSMHS	6	8
Сообщения службы авиационной информации	ATIS	7	7
Сетевые/системные сообщения	-	8	6
Авиационные административные сообщения	-	9	5
Не присвоена	-		4
Административные сообщения срочного, приоритета и сообщения, связанные с уставом ООН'		11	3
Административные сообщения высшего приоритета и государственные/правительственные сообщения		12	2
Административные сообщения обычного приоритета		13	1
То же, низшего приоритета'		14	0

* П р и м е ч а й я : 1. Приоритеты, находящиеся выше штриховой линии, относятся к связи по безопасности и регулярности полетов.

2. Указанные в таблице приоритеты сетевого уровня относятся только к приоритету сети без установления соединения и не имеют отношения к приоритету подсети.

обеспечивая взаимодействие конечных ES и промежуточных IS систем путем использования различных типов подсетей.

Сеть ATN предоставляет классы обслуживания ATSC и функционирует в соответствии с приоритетами связи. В табл. 1.3 отражены приоритеты передачи сообщений в ATN, а в табл. 1.4 представлено соответствие между сетевым приоритетом ATN и приоритетом подвижной подсети.

С помощью описываемых здесь служб формируются и поддерживаются следующие функции сети ATN:

обмен прикладной информацией, когда существует один или более разрешенных трактов;

уведомление соответствующих прикладных процессов об отсутствии разрешенных трактов;

обеспечение способов однозначной адресации всех конечных и промежуточных систем в своем составе;

предоставление возможности получателю сообщения определять инициатора этого сообщения;

возможность для государств и организаций согласно планам адресации и присвоения имен, используемых в ATN, назначать адреса и имена своих собственных административных областей;

поддержка передачи данных для фиксированных и подвижных служб;

включение в свою структуру подвижных подсетей ATN;

обеспечение эффективного использования подсетей с ограниченной шириной полосы;

обеспечение соединения бортовой промежуточной системы с наземной промежуточной системой через альтернативные подвижные подсети;

обеспечение соединения бортовой промежуточной системы с несколькими наземными промежуточными системами;

обеспечение обмена адресной информацией между прикладными объектами;

поддержка службы контекстного управления CM при функционировании любого другого приложения «борт—земля»;

возможность установления, поддержания, освобождения и прерывания равноправных прикладных ассоциаций для службы контекстного управления CM;

возможности установления, поддержания, освобождения и прерывания равноправных прикладных ассоциаций для приложений ADS; CPDLC; ATIS; ATSMHS и AIDC;

возможность использования абсолютного времени дня, основанного на всемирном времени UTC;

гарантированность вероятности необнаружения потери, недоставки или искажения 255-октетного сообщения службой межсе-

Таблица 16

Категории сообщений	Приоритет сетевого ATN	Приоритет подвижной подсети	
		AMSS	Режим SSSR
	Управление сетью/системой	14	14
Сообщения о бедствии	13	14	-
Срочные сообщения	12	14	-
Сообщения высшего приоритета по безопасности полетов	И	11	-
То же, обычного приоритета	10	11	-
Метеорологические сообщения	9	8	Низкий
Сообщения по регулярности полетов	8	7	„
Сообщения службы авиационной информации	7	6	„
Сетевые/системные сообщения	6	5	-
Авиационные административные сообщения	5	5	Не применяется
Не присвоена	4	Не применяется	То же
Административные сообщения срочного приоритета и сообщения, связанные с уставом ООН	3	3	«
Административные сообщения высшего приоритета и государственные/правительственные сообщения	2	2	«
Административные сообщения обычного приоритета	1	1	«
То же, низшего приоритета	0	0	«

Примечания: 1. Приоритеты, находящиеся выше штриховой линии, относятся к связи по безопасности и регулярности полетов.

2. Каналы связи VDL режимов 1 и 2 не имеют определенных механизмов приоритета подсети.

3. SARPs для AMSS определяют соответствие между категориями сообщений и приоритетом подсети без явного соответствия приоритету сетевого уровня ATN.

4. Термин "Не применяется" означает, что по данной подсети допускается прохождение только тех сообщений, которые относятся к безопасности и регулярности полета, как определено в SARPs для подсети.

тевой связи не более 10^{-8} на одно сообщение. Предполагается, что все подсети ATN будут обеспечивать целостность данных, соответствующую этому требованию системного уровня.

Модель ISO/OS I системы управления 'сетью ATN включает службы управления эффективностью, конфигурацией, учетом использования ресурсов, неисправностями и защитой данных.

Служба управления эффективностью осуществляет определение и обеспечение различных аспектов эффективности сети для того, чтобы межсетевая эффективность могла поддерживаться на приемлемом уровне. Управление эффективностью включает несколько этапов:

сбор информации об эффективности по тем переменным, которые представляют интерес для администраторов сети;

анализ информации для идентификации нормальных (базовая строка) уровней;

установление соответствующих порогов эффективности для каждой важной переменной таким образом, что превышение этих порогов указывает на наличие проблем в сети, достойной внимания сетевого администратора.

Если эффективность становится неприемлемой вследствие повышения установленного пользователем порога, то система реагирует посылкой соответствующего сообщения.

Служба управления конфигурацией контролирует информацию о сетевой и системной конфигурации, чтобы можно было управлять воздействием на работу сети различных версий аппаратных и программных элементов. Чтобы обеспечить достаточно легкий доступ, подсистемы управления конфигурацией хранят эту информацию в базе данных. Когда возникает какая-либо проблема, в этой базе данных может быть произведен поиск ключей, которые могли бы помочь решить возникшую проблему.

Служба управления учетом использования ресурсов изменяет параметры загрузки сети, чтобы можно было соответствующим образом регулировать ее применение индивидуальными или групповыми пользователями. Такое регулирование минимизирует число проблем в сети (поскольку ресурсы сети могут быть поделены исходя из возможностей источника) и максимизирует равнодоступность к сети для всех ее пользователей. Как и для случая управления эффективностью, первым шагом к соответствующему управлению с учетом использования ресурсов является определение коэффициента использования всех наиболее важных сетевых ресурсов. Анализ результатов дает возможность оценить текущее состояние использования сети. Для достижения оптимальной практики получения доступа может потребоваться некоторая текущая коррекция. На-

чина с этого момента, последующие измерения использования ресурсов могут выдавать информацию о выставленных счетах наряду с информацией, использованной для оценки наличия равнодопустности и оптимального коэффициента использования источника.

Служба управления неисправностями должна выявить, зафиксировать, уведомить (в пределах необходимости) пользователей и автоматически устранить проблемы в сети с тем, чтобы эффективно поддерживать ее работу. Так как неисправности могут привести к простоям или даже недопустимой деградации сети, управление неисправностями является наиболее широко используемым элементом модели управления сетью в соответствии с моделью ISO/OSI.

Служба управления защитой данных должна контролировать доступ к сетевым ресурсам в соответствии с определенными руководящими принципами, чтобы сделать невозможным доступ к конфиденциальной информации лицам, не имеющим соответствующего разрешения. Например, одна из подсистем управления защитой данных может контролировать регистрацию пользователей ресурса сети, отказывая в доступе тем, кто вводит коды доступа, не соответствующие установленным.

1.7. Технические аспекты реализации сети АТN

Основными принципами построения сети АТN являются эволюционный процесс преобразования существующих сетей АFTN/CIDIN в сеть АТN и использование модернизированной сети CIDIN в качестве базовой подсети АТN [63-65].

Первым и основным этапом эволюционного преобразования является постепенный переход от низкоскоростного терминального оборудования и низкоскоростных центров коммутации сообщений сети АFTN и связанная с этим замена терминального оборудования к современным персональным ЭВМ с замыканием местного трафика в рамках локальной вычислительной сети LAN.

Второй этап заключается в создании шлюза для подключения к сети CIDIN новых конечных систем на базе LAN и неразрывно связан с первым этапом.

Третьим этапом эволюционного преобразования являются совершенствование и расширение сети CIDIN путем внедрения центра коммутации сообщений 2-го уровня Аэронет-2 функционирующей отраслевой сети передачи данных Аэронет.

Четвертым этапом эволюционного преобразования является повышение качества функционирования базовой подсети за

счет использования альтернативных подсетей, подключаемых через соответствующие маршрутизаторы.

Пятый этап состоит во включении звена «борт—земля» в общую архитектуру сети АТN с помощью Маршрутизаторов «борт—земля» и бортовых средств АТN.

Наконец, *шестой этап* эволюционного преобразования заключается в развертывании центров технического и технологического управления, обеспечивающих поддержание качества функционирования отдельных компонентов АТN и сети в целом.

Существенным для АТN является использование в качестве физических сред передачи данных независимых подсетей. Определено, что, по крайней мере, одна из таких подсетей должна быть ведомственной, созданной специально для ОрВД (АТМ) и УВД. В России такой подсетью является сеть АFTN и прежде всего ее верхний уровень — CIDIN, которая должна подвергнуться модификации. Необходимо ее усовершенствование, связанное с внедрением центров Аэронет-2, проведением переадресации в соответствии с требованиями SARP для АТN, а также сопряжениями с маршрутизаторами «борт—земля» и шлюзами CIDIN/АТN, которые впоследствии будут заменены полнофункциональными маршрутизаторами «земля—земля». Кроме того, необходимо предусмотреть использование альтернативных подсетей, включая сети передачи данных общего пользования.

Рекомендации по построению конечных и промежуточных систем сети АТN базируются на выделении двух типов пользователей: индивидуальных и групповых. В соответствии с указанными типами пользователей в сети АТN классифицируются:

индивидуальные (одиночные) конечные системы, рассматриваемые как комплексы аппаратно-программных средств произвольной сложности с прямым доступом к маршрутизатору при использовании полного адреса соответствующего конечного пользователя в сети АТN. Этот комплекс может подключаться к маршрутизатору как непосредственно, так и через LAN или сеть передачи данных общего пользования PSDN и выполнять на сетевом уровне в точке подключения протоколы ISO 9542, 8473 и соответствующую SND CF, а на транспортном уровне реализовывать протоколы ISO 8073 и (или) 8602. На способ реализации указанных протоколов и состав аппаратно-программного обеспечения не накладывается никаких ограничений, проблема выбора программных и технических средств подключения к сети АТN сводится к выбору местонахождения рекомендованных протоколов и средств их реализации в архитектуре индивидуальной (одиночной) конечной системы;

' групповые конечные системы, представляющие сложные аппаратно-программные комплексы, имеющие в своем составе в отличие от индивидуальных конечных систем низовые сети терминалов технологических абонентов этих групповых конечных систем. Доступ абонентов групповой системы к маршрутизатору сети ATN осуществляется только через центр групповой системы с добавлением в этом центре группового адреса соответствующей группы абонентов в сети ATN. Терминалы рабочих мест групповой конечной системы входят в нее как в корпоративную систему с замкнутой группой конечных пользователей. Корпоративная система формируется как LAN файл-серверной или клиент-серверной архитектуры либо как система централизованной структуры с мэйн-фреймом в качестве центральной части групповой системы. Индивидуальная (одиночная) конечная система может рассматриваться как этап в реализации групповой конечной системы ATN.

В качестве промежуточных систем в ATN могут использоваться: шлюзы; маршрутизаторы, используемые внутри одной области маршрутизации; маршрутизаторы на стыке различных областей маршрутизации.

На первом этапе в сети ATN России необходимо использовать шлюз CIDIN/ATN, имеющий входящие и исходящие каналы передачи данных со следующими подсетями: с LAN, объединяющей одиночные и (или) групповые конечные системы ATN и с узлами сетей AFTN, CIDIN и ATN.

Одним из возможных вариантов такого шлюза является тот, который содержит эмуляторы конечных систем каждой из подсетей. В качестве протокольного формата шлюза целесообразно использовать протокольный профиль сети ATN, что упростит выход в сеть ATN. Упрощение внутренней структуры шлюза также произойдет из-за отсутствия преобразований при сетевых переходах из AFTN в CIDIN и из CIDIN в AFTN. Дополнительное упрощение шлюза достигается принятием в конечных системах при формировании сообщений форматов, рекомендуемых для ATN. Внедряемый шлюз использует вычислительный комплекс серверной структуры, причем выбор технической базы для такого сервера аналогичен таковому для групповых конечных систем.

Основное требование при переходе к сети ATN — модернизация низовых технологических подразделений ГА (в терминах ATN — конечных систем). Данная модернизация предусматривает объединение пользователей в аэропортовые LAN, соответствующие модели ISO/OSI и использующие международные SARPs. Каждая подобная LAN должна иметь порты ввода-выво-

да для связи с одной или несколькими подсетями из состава межсетевой среды ATN. Данная связь осуществляется через маршрутизаторы ATN, которыми на первом этапе могут служить более простые устройства сопряжения — шлюзы.

В качестве основной транспортной среды ATN целесообразно использовать отраслевую сеть передачи данных Аэронет, использующую следующие протоколы обмена информацией: ICAO CIDIN; ICAO AFTN; X.25; Frame Relay (речевая информация).

Данную сеть предполагается применять в качестве базовой подсети ATN. Наряду с ней могут использоваться альтернативные подсети, например «Сирена-2М», «Сирена-3», а также сети передачи данных общего пользования. Однако для полного использования сети Аэронет в качестве базовой подсети ATN необходимо ее усовершенствование, включая:

расширение путем внедрения центров коммутации 2-го уровня Аэронет-2;

переадресацию абонентов согласно требованиям SARPs для ATN (Документ 9705 ICAO);

замену устаревшего телеграфного оборудования оконечных станций на персональные ЭВМ.

Следующий этап перехода к ATN заключается в интеграции усовершенствованной сети Аэронет в общеевропейскую сеть ATN. Для этого необходимо разработать и внедрить в эксплуатацию шлюз CIDIN/ATN, который впоследствии может быть преобразован в полнофункциональный маршрутизатор ATN. Одним из наиболее трудоемких и дорогостоящих этапов перехода к ATN является приведение связи «борт—земля» в соответствие с требованиями SARPs для ATN. Для этого необходимо установить на воздушном судне бортовые маршрутизаторы и оборудование ATN, обеспечивающее режимы CM, ADS, CPDLC и FIS (см. подразд. 1.6). Кроме того, потребуется установка маршрутизаторов «борт—земля» в пунктах УВД. После взаимной увязки всех компонент ATN возможно обеспечение взаимодействия между подвижными и фиксированными абонентами в полном объеме (в терминах ATN — связь «из конца в конец»).

Известно, что концепция архитектуры ATN не предъявляет конкретных требований к Н/В и S/В структурных компонентов сети. Базовые требования к компонентам сети определены выбранной сетевой архитектурой, обязательным протокольным профилем, системой адресации, маршрутизации и принципами административного управления, описанными в SARPs. В контексте выбора Н/В и S/В, SARPs никаких специфических требований не накладывают, так как конкретные требования могут

формироваться только для конкретных объектов, хотя функциональные требования системного уровня для сети ATN определены, как и архитектурная, функциональная и алгоритмическая модели. В соответствии с Документом 9705 ICAO не накладывается также никаких ограничений на очередность внедрения приложений ATN. Реализация приложений «борт—земля» и «земля—земля» может осуществляться в произвольной последовательности. Каждое отдельное приложение может внедряться поэтапно, например, сначала реализуются базовые функции приложения, а потом наращиваются прикладные услуги. Однако отдельное приложение или его часть реализуется при строгом соблюдении требований соответствующего раздела SARPs и требований системного уровня.

Модель ATN предусматривает наличие конечных пользователей, которым соответствуют одиночные и групповые конечные системы ES, имеющие доступ к услугам ATN через промежуточные системы IS - маршрутизаторы и шлюзы. Система пользователя должна иметь прикладные H/W и S/W, обеспечивающие технологию функционирования в среде ATN. Комплектация H/W и S/W на местах в каждой конечной системе определяется конкретными электросвязными задачами отдельного пользователя услуг ATN и технологическими функциями, осуществляемыми этим пользователем в рамках определенного приложения ATN.

Одиночная ES должна рассматриваться как комплекс H/W и S/W. Этот комплекс может подключаться к маршрутизатору (шлюзу) ATN либо непосредственно, либо через LAN и (или) сеть передачи данных общего пользования PSDN. На способ реализации протоколов и состав H/W и S/W не накладывается никаких ограничений, что позволяет разработчику конкретной системы использовать различные варианты построения сетевого объекта. Проблема выбора H/W и S/W подключения к ATN индивидуального пользователя как компонента сети сводится к выбору местонахождения рекомендованных протоколов и средств их реализации в общей архитектуре ES. Групповая ES включает в себя главные ЭВМ (хост-ЭВМ), каждая из которых может рассматриваться как одиночная ES, имеющая доступ к ATN через промежуточную систему (маршрутизатор или шлюз). Независимо от числа точек доступа к сети ATN внутри групповой ES маршрутизаторы (шлюзы) ATN и главные ЭВМ образуют так называемый «район маршрутизации», т.е. структуру, оговоренную в стандарте ISO/OSI как элемент межсетевой среды, способствующий решению задачи маршрутизации.

К каждой главной ЭВМ предъявляются те же протокольные требования, что и для одиночной ES. Маршрутизаторы (шлюзы) района маршрутизации, как внутренние, так и граничные, должны выполнять соответствующие протоколы ISO 8473, ISO 10589 и функцию SNDCF. В состав групповых ES в общем случае будут входить подсистемы концентрации потоков от одиночных ES, предназначенных для обеспечения двунаправленного обмена данными между каждой одиночной ES и соответствующими абонентами сети ATN. В процессе реализации этих функций групповая ES вместе с IS должна выполнять требования, связанные с преобразованием адресов, протокольными соглашениями по маршрутизации, административным управлением и т.п. Проблема выбора H/W и S/W должна решаться на стадии рабочего проекта конкретного сетевого объекта.

Назначение IS заключается в трансляции данных между различными подсетями («борт—земля», «земля—земля») таким образом, чтобы обмен прикладными данными обеспечивался между теми подсетями, которые могут не иметь непосредственного соединения. Модель ATN устанавливает, что конечные системы ATN в качестве объектов архитектуры ATN должны осуществлять непосредственную или косвенную связь с другими ES при установлении связи «из конца в конец». Сопряжение каждой ES с сетью ATN производится через IS.

В качестве функциональной реализации IS в рамках ISO/OSI определен маршрутизатор. Он на физическом и канальном уровнях должен реализовывать соответствующие функции этих уровней для конкретных подсетей, к которым они подключены. Маршрутизация, передача данных и сопряжение различных типов объединяемых подсетей являются функциями, реализуемыми промежуточными системами на более высоких уровнях модели ISO/OSI.

В рамках модели ATN выделяются три типа IS.

1. «Борт—земля», т.е. IS, базирующаяся на Земле и взаимодействующая с одной или более подсетями «борт-земля».
2. «земля—земля», т.е. IS, базирующаяся на Земле и взаимодействующая с одной или более подсетями «земля-земля».
3. Бортовая, т.е. IS, базирующаяся на борту воздушного судна и взаимодействующая с одной или более подсетями «борт—земля».

Основными функциями IS являются следующие: взаимосвязь между подсетями различных протокольных ориентации (Ethernet, X.25 и т.п.);

обмен маршрутной информацией с соответствующими IS и ES сети ATN;

выполнение операций для эффективного использования ограниченной полосы частот в подсетях «борт—земля»;

выполнение соответствующих протоколов на сетевом уровне (сетевой протокол без установления соединения CLNP, протокола обмена межобластной маршрутной информацией IDRP и протокола обмена маршрутной информацией между ES и IS).

Согласно концепции построения сети ATN в РФ, на первых этапах создания ATN целесообразно применение упрощенного варианта маршрутизатора «земля-земля» - шлюза CIDIN (AFTN)/ATN. В сетевой топологии данный шлюз может быть применен:

на межгосударственном стыке, когда с одной стороны используется сеть CIDIN (AFTN), а с другой стороны - сеть ATN;

в национальной сети, когда сеть CIDIN (AFTN) используется в качестве одной из независимых подсетей.

Шлюз CIDIN (AFTN)/ATN изолирует каждую из подсетей от специфических особенностей других подсетей и обеспечивает функционирование каждой из альтернативных подсетей в собственном ей режиме. Логическая структура шлюза CIDIN (AFTN)/ATN включает три основных составляющих: составляющую, связанную с сетью CIDIN (AFTN); составляющую, связанную с сетью ATN; блок связи и взаимодействия первых двух составляющих.

Создание шлюза является важным шагом на пути поэтапного преобразования сети CIDIN (AFTN) в ATN. Работы по его созданию должны проводиться одновременно с внедрением ES и прежде всего одиночных ES и LAN концентрации трафика ES. Совокупность указанных мероприятий обеспечит появление в национальной сети фрагментов ATN, которые на первых этапах смогут взаимодействовать друг с другом через существующую сеть CIDIN (AFTN).

1.8. Роль, состояние и направления развития авиационной электросвязи в современных условиях организации воздушного движения

В области авиационной электросвязи в настоящее время признаны необходимыми [42—45, 61—65]:

сохранение речевых VHF каналов связи «борт -земля»;

внедрение цифровых линий передачи данных;

реализация VHF связи, основанной на компьютерной технологии в соответствии с рекомендациями ICAO;

использование спутниковых каналов связи;

использование линии передачи данных режима S вторичного радиолокатора SSR;

развитие сети наземных телефонных и телеграфных каналов связи;

создание комплексной сети авиационной электросвязи ATN.

Перечисленное не исключает возможности использования на кросс- и трансполярных авиамаршрутах, с учетом специфики распространения радиоволн в авроральной зоне России (выше 60° с.ш.) новых технологий авиационной подвижной службы [4, 12, 19, 27, 33, 34, 44-46, 48, 59, 61-65], в том числе методы VHF (56—58 МГц) цифровой метеорной связи «борт—земля» MBDL и УВЧ дискретно-адресных систем вторичной радиолокации SSR с использованием бортовых ответчиков (Squits), работающих в псевдослучайном режиме передачи импульсов ADS.

Независимо от того, осуществляется ли авиационная радиосвязь с помощью VHF типа VDL (режимов 1—4) или спутниковой связи типа SCDL, бортового УВЧ адресного ответчика (Squitter) режима S или HF канала обмена данными типа HF DL, такой обмен цифровой информацией по интегрированным линиям связи «борт—земля-земля» Международной сети ATN будет обеспечивать быстрое и надежное взаимодействие бортовых и наземных систем OpВД (АТМ), необходимое для жизнеспособной реализации концепции Free Flight. Полностью интегрированная (по структуре) система ATN обеспечивает бортовой экипаж цифровой и речевой связью служб УВД, а пассажиров воздушного судна — глобальной телефонной, телеграфной, факсимильной и компьютерной связью.

Совместно с мировым авиационным сообществом Россия намеревается активно использовать высокоэкономичные кроссполярные маршруты POLAR-1, 2, 3,4, проходящие через Северный Ледовитый океан, и трансполярную международную воздушную трассу ARCTIC-1, его огибающую, для регулярных полетов воздушных судов различных авиакомпаний мира. Эти пять вновь открываемых международных авиамаршрутов будут способствовать удовлетворению все возрастающих запросов многих авиакомпаний на использование Российского воздушного пространства в течение ближайших десятилетий. Наиболее эффективным решением по обеспечению полетов магистральных авиалайнеров на указанных воздушных трассах является применение технологий CNS/АТМ, в особенности в океанических и северных континентальных регионах РФ. Для реализации этих проектов Государственной службой ГА России был проведен ряд организационно-технических мероприятий, направленных на создание океанических центров УВД на северо-западе и востоке.

С учетом прогнозируемого увеличения интенсивности международного воздушного движения в ближайшем будущем для обеспечения требуемого ICAO уровня безопасности полетов воздушных судов по кросс- и трансполярным (трасса А-333 и севернее ее), а также транссибирским (южнее трассы А-333) воздушным маршрутам планируется провести дооснащение центров УВД современными средствами электросвязи, навигации и наблюдения, позволяющими реализовать технологии ADS и CPDLC на основе AMSS для континентального и HF линий передачи данных HFDL для океанического воздушных пространств. В области авиационной HF радиосвязи для обеспечения устойчивого обмена данными «борт—Земля» на северных авиамаршрутах необходимо развернуть полномасштабную систему ионосферного мониторинга, по сути представляющую собой техническую подоснову повышения эффективности УВД на кроссполярных международных воздушных трассах. Для ее реализации на Международном симпозиуме «Авиа-2000» признано необходимым открытие новых трасс наклонного (трассового) зондирования и объединение их в единую систему для эффективного прогнозирования HF связи над территорией России и частью полярных районов. В связи с этим, крайне желательна совместная, согласованная во времени, и пространстве, работа станций зондирования России с ионосферными станциями Северной Америки, т. е. Канады и США.

Глава 5 первой части Первой поправки к Глобальному плану ICAO для систем CNS/ATM посвящена планируемым изменениям в подсистемах авиационной связи. Они взаимосвязаны с основными положениями последней поправки 76 к Приложению 10 ICAO «Авиационная электросвязь» и предусматривают включение новых стандартов, касающихся Глобальной сети авиационной цифровой электросвязи ATN, а также обновление положений, посвященных регламентированию функционирования VHF цифровых линий передачи данных «борт—Земля» • ranaVDL.

Системы аэронавигационной радиосвязи бурно развиваются. Во всем мире, в том числе и в Российской Федерации, реализуются новые методы и подходы к планированию использования воздушного пространства благодаря внедрению технологий CNS/ATM. Меняются и сами условия, в которых эксплуатируется оборудование авиационной электросвязи. В последние годы определяющее значение приобретают экономические показатели обслуживания новейших систем радиосвязи. При разработке и внедрении перспективных средств и комплексов авиационной электросвязи должны преобладать тенденции со-

крашения затрат на их текущую эксплуатацию и будущую модернизацию.

Другой не менее важной проблемой является защита информации, циркулирующей в авиационных цифровых радиосетях. Современные хакеры взламывают даже суперсекретные сети министерств обороны ведущих государств мира. Террористические организации используют новейшие достижения науки и техники для своих целей. Это в полной мере подтвердили террористические акции с применением самолетов ГА США в сентябре 2001 г. Естественно, такую острейшую проблему нельзя не учитывать при развертывании глобальных аэронавигационных сетей цифровой электросвязи типа ATN. При этом особенно важно реализовать защищенную от несанкционированного доступа систему авиационной радиосвязи для УВД, организации потока воздушного движения ATFM и обслуживания воздушного пространства, ASM. Конечно, должны быть, безусловно, обеспечены все виды авиационной электросвязи: ATSC AAC, AOC и APC.

При планировании мероприятий по развертыванию фрагментов Глобальной аэронавигационной сети ATN в условиях РФ необходимо учитывать как реальное состояние сетей авиационной электросвязи, так и перспективы развития государственной Взаимоуязвленной сети электросвязи России. В настоящее время в РФ функционирует ряд сетей авиационной наземной электросвязи (авиационной фиксированной службы AFS), построенных на основе независимых первичных каналов и линий связи.

1. На общегосударственном (федеральном) уровне:
 - сеть каналов речевого взаимодействия диспетчерских служб ОрВД;
 - сети передачи данных и телеграфных сообщений по ОрВД (AFTN/CIDIN с российским расширением «Аэронет»);
 - коммерческие сети компьютерных систем бронирования агентств по продаже билетов и бронированию мест на самолеты («Сирена-2М», «Сирена-3», SITA и др.);
 - сети производственной телефонной, а также факсимильной связи и передачи данных отдельных авиакомпаний и авиапредприятий.
2. На региональном уровне к перечисленным сетям добавляются:
 - сети трансляции сигналов речевого взаимодействия диспетчерских служб УВД с экипажами воздушных судов;
 - сети передачи радиолокационной и полетной информации в региональные (трассовые) автоматизированные центры УВД;

телеметрические сети управления удаленными объектами радиотехнического обеспечения полетов.

3. В аэропортах, кроме указанных сетей, присутствуют также сети каналов речевого взаимодействия и передачи данных «борт-земля», а также различные сети внутриаэропортовой электросвязи.

Для многих телекоммуникаций ГА России в настоящее время характерна, особенно на федеральном уровне* устаревшая структура сетей авиационной электросвязи, плохо учитывающая влияние новых экономических отношений на распределение информационных потоков и современные сетевые технологии. В большинстве случаев сети авиационной электросвязи в России оснащены давно отработавшим свой ресурс оборудованием, не отвечающим современным требованиям к качеству и надежности электросвязи и не обеспечивающим их экономической эффективности. В настоящее время не согласована окончательно единая техническая политика в решении вопросов модернизации электросвязи на воздушном транспорте, прежде всего в силу отсутствия обоснованной методической базы реконструкции сетей АТН.

В последние годы в большинстве стран мира процесс модернизации сетей АТН осуществляется с учетом постепенного вхождения их в единую глобальную сеть АТН. Необходимость модернизации в условиях непрерывно растущих объемов информации, передаваемой по каналам авиационной электросвязи, вызывает естественное стремление максимально снизить расходы на строительство и содержание информационной инфраструктуры ГА. В основу разрабатываемой концепции развития сетей авиационной наземной электросвязи РФ должен быть положен ряд позиций, имеющих принципиальное значение.

Первый принцип - интеграция всех сетей АТН, что позволит создать экономичную единую транспортную (транзитную) подсеть авиационной наземной связи при сохранении основных индивидуальностей каждой отдельной сети на уровне ее доступа в транспортную подсеть.

Второй принцип — открытость транспортной подсети АFS, позволяющая с минимальными затратами и поэтапно осуществлять наращивание Н/В и S/W в интересах коллективного использования транспортных магистралей всеми службами, операторами и другими пользователями, придающая необходимую гибкость всей информационной системе.

Третий принцип — структура единой сети АFS должна стать составной частью и логическим отражением структуры построения национальной взаимоувязанной сети связи (ВСС) РФ. В соответствии с этим принципом транспортная подсеть назем-

ной авиационной электросвязи должна иметь двухуровневую структуру, имеющую федеральный и региональный уровни. При этом аэропорты также могут иметь в составе своих сетей с интеграцией служб транспортные подсети, являющиеся региональным подуровнем в иерархии единой транспортной сети АFS.

Четвертый принцип — комплексный подход к проблеме развития и модернизации сетей АТН, что позволит значительно сократить расходы на строительство сетей за счет совместного использования части их ресурса и объединения усилий не только всех авиационных предприятий, но и предприятий других ведомств (железнодорожного транспорта, энергетики, газо- и нефтедобывающей отраслей и т.д.), заинтересованных в создании единой транспортной структуры федеральных и региональных сетей электросвязи.

Транспортная подсеть авиационной наземной электросвязи должна:

обеспечивать все сети доступа необходимыми ресурсами для своевременного обмена сообщениями между абонентскими терминалами;

выделять сетевой ресурс рациональным образом для каждого вида трафика — некоммутируемые каналы, коммутируемые каналы, на арендной основе, виртуальные (логические) соединения и т.д.;

обеспечивать необходимые показатели качества передачи информации и надежности связи для любых абонентов АТН;

иметь централизованную систему управления сетевыми ресурсами.

Транспортная подсеть авиационной наземной электросвязи должна строиться преимущественно на основе арендуемых каналов ВСС России, использующих перспективную технологию синхронных цифровых иерархий и асинхронной передачи SDH/AsTrM, кольцевых структур волоконно-оптических систем связи и др. В регионах Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока допускается использование радиорелейных линий на базе широко распространенных технологий плезеохронных, т.е. «почти синхронных», цифровых иерархий PDH и каналов спутниковых систем связи. Однако в перспективе их целесообразно рассматривать лишь как резерв основных телекоммуникаций.

Структура транспортной подсети АFS, в основном, петлевая. Допускаются радикально-узловые ответвления в районах Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока. Местоположение сетевых узлов транспортной подсети АFS должно, как правило, совпадать с местами расположения центров ОрВД (АТМ), административно-хозяйственных образований, наиболее крупных

аэропортов. В частности, сетевые узлы федерального уровня должны располагаться в городах базирования зональных центров ОрВД (АТМ) и городах-центрах субъектов РФ, а сетевые узлы регионального уровня AFS должны охватывать максимальное количество центров современных 89 административно-хозяйственных регионов РФ и включать места размещения большинства предполагаемых региональных центров ОрВД (АТМ), пока еще не вошедших в структуру федеральной подсети.

Информационная революция конца XX столетия потребовала создания и интенсивного развития коммерческих сетей электросвязи, обеспечивающих комплексное обслуживание абонентов. Такое интегральное обслуживание абонентов влечет за собой передачу/прием оконечными абонентскими устройствами одновременно (разновременно) и независимо речевых сигналов, буквенно-цифровых данных, текстов, рисунков, звуковой и видеоинформации по каналам (линиям) электросвязи, в том числе, и в режиме MULTIMEDIA. В настоящее время рассматриваются два варианта модернизации и последующего развития сетей электросвязи общего пользования и корпоративных сетей.

Первый вариант предусматривает последовательный переход от существующих аналоговых, в лучшем случае цифро-аналоговых, сетей электросвязи к узкополосной цифровой системе интегрального обслуживания на основе коммутации каналов и сообщений, а затем и к широкополосной цифровой системе интегрального обслуживания на базе технологии асинхронной передачи AsTrM.

Второй вариант предполагает не развертывать узкополосной цифровой системы интегрального обслуживания, а прямо начинать модернизацию существующих сетей электросвязи с реализации соответствующей широкополосной системы на платформе асинхронной передачи AsTrM. В условиях России наиболее целесообразным выглядит первый вариант.

Рассмотренные принципы построения интегральной сети авиационной наземной электросвязи дают возможность с учетом перспективных планов развития первичных сетей связи АО «Ростелеком», «Транстелеком», РАО «ЕЭС России», «Раском» обосновать архитектуру перспективной транспортной подсети AFS федерального уровня. Описанный подход позволяет сделать обобщающий вывод о том, что ни существующая сеть передачи данных и телеграфных сообщений AFTN/CIDIN, ни сети системы «Сирена-2М» и МТК «Сирена» не могут быть положены в основу перспективной транспортной подсети AFS в том виде, в котором они существуют в настоящее время. Вместе с тем, очевидна необходимость сохранения в перспективной сети АТН центров коммутации сообщений существующей сети пере-

дачи данных «Аэронет» в качестве узлов коммутации на переходный период построения глобальной цифровой сети АТН в России и оборудования более современных спутниковых телекоммуникационных сетей «Сирена-3», способных при условии определенных доработок обеспечить резервирование основных каналов AFS на многих направлениях.

Изложенный подход даст возможность:

определить основные способы объединения разрозненных сетей AFS на начальном этапе — от современного состояния до окончания реализации интегральной сети АТН;

сохранить преемственность новой сети AFS по отношению к существующим аэронавигационным сетям и приспособляемость ее к возможным изменениям в будущем;

обеспечить эффективное расходование средств при модернизации наземных телекоммуникаций в любом аэропорту, в каждом регионе и целиком в рамках Российской Федерации.

Таким образом, современную систему CNS/АТМ в совокупности образуют авиационные подсистемы электросвязи, навигации и наблюдения различного уровня автоматизации, функционирующие на основе применения цифровых технологий, в том числе спутниковых систем, используемые для обеспечения глобальной системы ОрВД (АТМ). Конечными целями такой скоординированной системы комплексного аэронавигационного обслуживания, которая должна обеспечивать все возрастающие потребности мирового сообщества в воздушных перевозках, являются:

повышение существующих уровней безопасности полетов воздушных судов;

улучшение нынешнего состояния регулярности полетов;

увеличение эффективности использования воздушного пространства и аэропортов в целом;

расширение применения предпочтительных для различных пользователей расписаний воздушного движения и профилей полетов;

сведение к минимуму различающихся по разным аэронавигационным регионам требований к составу бортовой авионики;

повышение эффективности производства полетов воздушных судов, позволяющее увеличить пропускную способность всего мирового воздушного пространства при сведении к минимуму потребления дорогостоящего топлива и эмиссии авиационных двигателей.

Относящийся к авиационной электросвязи компонент системы CNS/АТМ организует обмен аэронавигационной информацией и другими сообщениями ОрВД (АТМ) между авиационными пользователями и (или) автоматизированными система-

ми. Подсистемы авиационной цифровой электросвязи используются также для обеспечения специальных функций двух других подсистем навигации и наблюдения.

1.9. Преимущества от внедрения электросвязного фрагмента системы CNS/ATM

Деятельность по организации и эксплуатации электросвязного фрагмента системы CNS/ATM обеспечит следующие преимущества для участников авиационных перевозок:

необходимая для обеспечения безопасного и эффективного ОрВД (АТМ) надежная, прямая и эффективная, сквозная электросвязь между бортовыми и наземными системами;

реализация на базе развернутой системы авиационной электросвязи новых функций, в том числе и наблюдения;

передача данных, которая позволяет выполнять требования пользователей, касающихся защиты и безопасности электросвязи;

использование международных стандартов передачи данных, которые будут содействовать разработке совместных систем авиационной электросвязи и стимулировать предоставление сетевых видов обслуживания на конкурентной основе;

различные типы, категории и классы обслуживания, включая использование предпочтительной или выбранной подсети «борт воздушного судна—земля», необходимые разнообразные виды применения;

формирование архитектуры, которая позволяет объединить общественные (ведомственные, органов исполнительной власти) наземные подсети и подсети «борт—земля», что обеспечивает использование существующих и планируемых инфраструктур электросвязи, а также предоставляет разработчикам возможность внедрять перспективные технологии при развертывании сети, отвечающей возрастающим потребностям пользователей ГА;

эффективное использование полос частот, которые выделяются для подсетей передачи данных «борт-земля»;

уменьшение загруженности операторов;

уменьшение перегрузок авиационных каналов электросвязи;

сокращение ошибок из-за неисправных средств передачи данных, в этом случае безопасность воздушного движения соответственно возрастет;

снижение цен на услуги авиационной электросвязи после стандартизации ИКАО сети и протоколов передачи данных АТН;

возможность унификации существующих наземных систем электросвязи при сокращении числа и длительности голосовых сообщений, особенно в диапазоне HF частот.

1. Адаров С.Е., Подкосов В.Н., Сарычев В.А. Низкоорбитальные спутниковые системы для организации речевой связи с авиационными средствами // Электросвязь. 1997. № 9.

2. Ададунов С.Е., Подкосов В.Н., Сарычев В.А. Перспективы использования низкоорбитальных спутниковых систем для радиоконтакта с авиационными средствами // Электросвязь. 1997. № 9.

3. Ададунов С.Е., Сарычев В.А. Алгоритм управления информационными потоками в системах специального назначения на основе диффузионной модели // Электросвязь. 1999. № 3/99.

4. Айнбиндер И. Применение новейших космических технологий для целей CNS/ATM: Материалы Междунар. конференции "CNS/ATM — Россия XXI век". - Магадан, 2002.

5. Анцев Г.В., Ададунов С.Е., Сарычев В.А. Диффузионная модель системы массового обслуживания с несколькими приоритетами // Проблемы транспорта. 2001. № 6. — СПб.: Международная академия транспорта.

6. Анцев Г.В., Ададунов С.Е., Сарычев В.А. Синтез локального алгоритма ограничения доступа для узлов сетевой системы передачи информации // Проблемы транспорта. 2001. № 6. - СПб.: Международная академия транспорта.

7. Анцев Г.В., Кузьмин Б.И., Сарычев В.А. Материалы к лекциям по базовой эталонной модели взаимодействия открытых систем // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Радиолокационная техника. 2000. № 2.

8. Анцев Г.В., Кузьмин Б.И., Сарычев В.А. Радиоэлектронное обеспечение концепции ИКАО CNS/ATM в России // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Радиолокационная техника. 2000. № 2.

9. Анцев Г.В., Сарычев В.А. Режимы работы авиационных РЛС // Радиоэлектроника и связь. 1993. № 4.

10. Анцев Г.В., Сарычев В.А. Технологии управления интеллектуальным транспортом // Проблемы транспорта. 2000, № 4. — СПб.: Международная академия транспорта.

11. Аппологов В.Р. Спутниковая связь: Проекты сверхинформативных систем третьего тысячелетия // Спутниковая связь, 1998.

12. Аэронавигационная система России — проблемы и пути решения: Сб. трудов 2-го Междунар. симпозиума "Авиа-2000". — М.: ФУП "Госкорпорация по ОВД в РФ", 2000.

13. Безродный Д.Ю., Дедюхин А.В., Орлов О.Е. Сети спутниковой связи и передачи данных: Научный вестник МГТУА. Сер. Радиофизика и радиотехника. - М., 2000, № 24.

14. Белоусов Е.А., Войткевич К.Л., Палочкин Ю.П. Авиационная радиосвязь сегодня: Тенденции и научно-технические проблемы создания // Мир авионики. 2000. № 3.

15. Бертсекас Д., Галлагер Р. Сети передачи данных. — М.: Мир, 1989.
16. Блэк Ю. Сети ЭВМ: Протоколы, стандарты, интерфейсы. — М.: Мир, 1990.
17. Богард К. Сеть ВЧ-линий передачи данных по-прежнему может играть роль в обслуживании воздушного движения / ИКАО.1995. № 2.
18. Боголюбов А.А., Галютин В.Б., Лебедев Г.Н. Проблема управления полетом с помощью искусственного интеллекта // Авиакосмическое приборостроение. 2002. № 1.
19. Бочкарев В.В., Крыжановский Г.А., Сухих Н.Н. Автоматизированное управление движением авиационного транспорта / Под ред. Г.А. Крыжановского. - М.: Транспорт, 1999.
20. Бухвинер В.Е. Разумные сети электросвязи // Зарубежная радиоэлектроника, 1992. № 7.
21. Варакин Л.Е. Теория систем сигналов. — М.: Сов. радио, 1978.
22. Варакин Л.Е. Введение в теорию развития инфокоммуникаций: Тр. Междунар. Академии связи. 2000. №№ 2(14), 3(15), 4(16).
23. Варакин Л.Е. Интеллектуальная сеть: Эволюция сетей и услуг связи // Электросвязь. № 1. 1992.
24. Варакин Л.Е. Развитие мира — развитие связи: Основные тенденции роста: Форум МАС97. М., 1997.
25. Варакин Л.Е. Экономика, связь, развитие общества: Макроэкономические закономерности развития связи // Электросвязь. 1994. № 1.
26. Варакин Л.Е., Анфиловьев С.А. Технология CDMA в современных системах радиосвязи: Мобильные системы: Спецвыпуск по стандарту CDMA. 1998.
27. Вознюк М.А., Кузьмин Б.И. Мобильная радиосвязь специального назначения: Тематич. подборка статей // Электросвязь. 1999. № 3.
28. Воробийко П.П. Концепция обобщенной эталонной модели взаимодействия открытых систем // Электросвязь. 2001. № 10.
29. Галабурда В.Г. Единая транспортная система — М.: Транспорт, 1999.
30. Гапионов А.В., Калинов М.И., Шинков В.Д. Оценка возможностей космической навигационной системы ГЛОНАСС в условиях реальной деградации ее орбитальной группировки // Морская радиоэлектроника. 2002. № 1.
31. Гладцын В.А., Яновский В.В. Сетевые технологии. — СПб.: СПГЭУ (ЛЭТИ), 2000.
32. Горностаев Ю.М. Мобильные системы третьего поколения. - М.: МЦНТИ, 1998.
33. Дanelов Р.Л., Кузьмин Б.И. Цифровая радиосвязь в высоких широтах: Тематич. подборка статей // Электросвязь. 2002. № 3.
34. Доклад всемирной конференции ИКАО по внедрению систем CNS/ATM: Док. 9179. - Рио-де-Жанейро, 1998.
35. Ерофеев А.А., Поляков А.О. Интеллектуальные системы управления. - СПб: СПбГТУ, 1999.
36. Завадский И.И. Информационная война — что это такое?//Конфидент. 1996. № 4.
37. Кандрашина Е.Ю., Литвинцева Л.В., Поспелов Д.А. Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах. — М.: Наука, 1989.
38. Каллер М.Я., Фомин А.Ф. Теоретические основы транспортной связи. — М.: Транспорт, 1989.
39. Крупное А.Е., Варакин Л.Е. Основы управления связью Российской Федерации / Под ред. Л.Е. Варакина. — М.: Радио и связь, 1995.
40. Крыжановский Г.А., Сухих Н.Н. О бортовых информационно-управляющих системах, отвечающих требованиям концепции CNS/ATM // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Радиолокационная техника. 2000. № 1.
41. Кудряшов В. А. Протоколы и интерфейсы уровней сети связи эталонной модели взаимодействия открытых систем (ЭМВОС). СПб.: Изд-во ПГУПС, 1994.
42. Кузьмин Б.И. Сети и системы авиационной цифровой электросвязи: Ч. 1. Концепция ИКАО CNS/ATM: Учеб. пособие / Под ред. В.А. Сарычева. - М. - СПб: Госкорпорация по ОВД; АГА, 1999.
43. Кузьмин Б.И. Сети и системы авиационной цифровой электросвязи: Ч. 2: Международная авиационная телекоммуникационная сеть ATN: Учеб. пособие / Под ред. В.А. Сарычева. — М. — СПб.: Госкорпорация по ОВД; Академия ГА, 2000.
44. Кузьмин Б.И., Олянюк П.В. Перспективы развития авиационной электросвязи: Тематич. подборка статей // Электросвязь. 1997. № 3, № 9.
45. Кузьмин Б.И., Сарычев В.А., Волгина А.Б. Интегральные системы и средства авиационной электросвязи на выставках и конференциях 1999-2000 гг. // Электросвязь. 2000. № 12.
46. Кузьмин Б.И., Соколов А.И., Корабельникова А.Б. Средства авиационной электросвязи на международных выставках и конгрессах 1997 года: ("Интернавигация 97", Аэрошоу МАКС 97, Семинар CNS/ATM) // Электросвязь. 1998. № 6.
47. Кулыгин М.П. Технология корпоративных сетей: Энциклопедия — СПб.: Питер, 1998.
48. Левитан Б.А., Курикса В.А., Козлов В.Н. Опыт создания сети авиационной фиксированной спутниковой связи и возможности ее использования для CNS/ATM: Материалы Междунар. конференции "CNS/ATM — Россия XXI век". — Магадан, 2002.
49. Либов В. Внедрение CNS/ATM в РЦ ЕС ОрВД Магадан: Материалы Международной конференции "CNS/ATM — Россия XXI век". — Магадан, 2002.
50. Международная конференция "CNS/ATM - Россия, XXI век": Программа и Сб. докладов. — Магадан, 24—25 июля 2002.
51. Международный Авиационно-Космический салон 2001 "МАКС-2001": Каталог. - М.: Жуковский, 2001.
52. Мельник П.К. Организация связи в гражданской авиации. - М.: Транспорт, 1977.
53. Мизин И.А., Кулешов А.П. Протоколы информационно-вычислительных сетей: Справочник / Под ред. А.П. Кулешова. — М.: Радио и связь, 1990.
54. Моисеев Н.Н. Человек и природа. — М.: Молодая гвардия, 1990.
55. Москвитин В.Д. Два критерия информационного общества: Тр. Междунар. Академии связи. 1998. № 1(5).
56. Назаров А.Н. Технология высокоскоростных сетей. — М.: Лори, 1998.
57. Невляев Л.М. Мобильная спутниковая связь. — М.: Связь и бизнес, 1998.
58. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети: Принципы, технологии, протоколы. — СПб.: Питер, 2001.
59. Первая поправка к Глобальному аэронавигационному плану применительно к системам CNS/ATN: (Doc. 9750 ICAO). - Монреаль: ИКАО, C-WP/11609: Ч. 1: Эксплуатационная концепция и общие принципы планирования; Ч. 2: Средства и службы для реализации глобального плана.

60. Поспелов Д.А. Искусственный интеллект: Справочник: Кн. 2: Модели и выводы. — М.: Радио и связь, 1990.
61. Постановление Правительства Российской Федерации от 22 февраля 2000 г. № 144 "Об утверждении Концепции модернизации и развития Единой системы организации воздушного движения РФ".
62. Постановление Правительства Российской Федерации от 05 декабря 2001г. № 848 "О федеральной целевой программе модернизации транспортной системы России": Подпрограмма "Единая система организации воздушного движения".
63. Руководство по внедрению стандартов и рекомендуемой практики (SARPs) ИКАО для создания сети авиационной электросвязи (ATN) в РФ: Метод, рекомендации. — М.: ФСВТ России, 1999.
64. Руководство по техническим положениям для сети авиационной электросвязи (ATN): Разд. 1: Введение и требования системного уровня: — ИКАО, 2000.
65. Сарычев В.А., Кузьмин Б.И. Проблемы и решения авиационной электросвязи в современных условиях// Радиопромышленность. 1998. Вып. 3.
66. Сарычев В.А., Кузьмин Б.И., Клионский М.Б. Авионика на аэрошоу "МАКС-97" // Зарубежная радиоэлектроника. 1998. № 5.
67. Сарычев В.А., Кузьмин Б.И., Корабельникова А.Б. Проблемы и решения концепции ИКАО CNS/ATM в Российской Федерации // Зарубежная радиоэлектроника. 1999. № 10.
68. Сарычев В.А., Кузьмин Б.И., Корабельникова А.Б. Пути реализации концепции CNS/ATM // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Радиолокационная техника. 2000. № 2.
69. Смирнов А.А. Корпоративные системы спутниковой и КВ связи. М.: Эко-Трэнз, 1997.
70. Смирнов Д.А., Худяков Г.И., Шипилов М.М. Телекоммуникационные сети и информационно-управляющие системы: Словарь-справочник. - СПб.: СПбГУТ, 2001.
71. Смолян Г.Л., Черешкин Д.С, Вершинская О.Н. Путь России к информационному обществу (предпосылки, проблемы, индикаторы, особенности). -М.: ИСА РАН, 1997.
72. Соколов В.В., Орлов О.Е. Спутниковая связь: Проекты высокоинформативных систем XXI века: Научный вестник МГТУА. Сер. Радиофизика и радиотехника. 2000. № 24.
73. Тоффлер Э. Третья волна: (Классическая философская мысль). М.: ООО "Фирма "Издательство АСТ", 1999.
74. Халсалл Ф. Передача данных, сети компьютеров и взаимосвязь открытых систем. — М.: Радио и связь, 1995.
75. Хауэллз П.Д. Оснащение воздушных судов средствами систем CNS/ATM спутникового базирования / ИКАО. 1995. № 2.
76. Худяков Г.И., Кустов А.Г., Бачурин И.А. Развитие информатизации наземного транспорта в постиндустриальных странах и в странах с переходной экономикой // Проблемы транспорта. № 6. — СПб.: Международная академия транспорта, 2001.
77. Шатт С. Мир компьютерных сетей. - Киев: ВНУ, 1996.
78. Шварц М. Сети связи: Протоколы, моделирование и анализ. — М.: Наука, 1992.
79. Шульцева В.К. Государство и отрасли инфраструктуры в современной рыночной экономике. М.: ООД ИМЭМО РАН, 2000.
80. Юсупов Р.М., Заболотский В.П. Научно-методологические основы информатизации — СПб.: Наука, 2001.

- 81 Якубайтис Э.А. Архитектура, протоколы и тестирование открытых информационных сетей. Толковый словарь. - М, Финансы и статистика, 1982.
82. Якубайтис Э.А. Открытые информационные сети. - М.: Радио и связь, FlyJng into the Future: Air transport Policy in the European Union. - Edward Elgar, Cheltenham, UK. - Morthampton, MA, USA, 1998 .
84. Galotti V. P. Jr. The Future Air Navigation System (FANS). - ICAO. Overview of Control Networking Technology/ Echeton Aeronautics Blueprint - Toward a Bold New Era of Aviation/ NASA. USA, 2002.

НАВИГАЦИЯ

2.1. Термины и определения

Внедрение концепции CNS/ATM повлекло за собой использование новых терминов и большого количества аббревиатур, для которых в большинстве случаев используется латинский алфавит. Здесь приведены термины и аббревиатуры, представленные в документах ИКАО [15,16], США [22] и России [6]. *Автономный контроль целостности в приемнике (RAIM)* — функция процессора бортового приемника GNSS, обеспечивающая автономный контроль целостности сигналов навигационных спутников.

Барометрическая вертикальная навигация (BARO VNAV) — метод навигации, в соответствии с которым навигационная система выдает пилоту вычисленное вертикальное наведение относительно определенного угла траектории в вертикальной плоскости (VPA), номинальное значение которого составляет 3°. Обеспечиваемое с помощью компьютера вертикальное наведение основывается на барометрической высоте и определяется в виде угла траектории в вертикальной плоскости от высоты опорной точки над рабочим порогом ВПП.

Блок управления связью — электронное бортовое оборудование для управления связным компонентом CNS/ATM на борту воздушного судна, включая выбор средств связи "воздух—земля" для конкретных внешних условий.

Величина удерживания (дистанция удерживания) — расстояние от планируемого местоположения, в пределах которого воздушные суда будут находиться в течение как минимум 95 % общего полетного времени.

Время до восстановления навигации — время, необходимое для навигационного обслуживания после прерывания навигационного сигнала.

Время до выдачи предупреждения — максимально допустимый интервал времени с момента отказа системы до момента выдачи предупреждения о нарушении целостности системы. 148

Вертикальная навигация — функция, выполняемая оборудованием зональной навигации, которая заключается в вычислении, индикации и наведении, обеспечивающих полет вдоль вертикального профиля или по траектории в вертикальной плоскости.

Волна геоида — расстояние (положительное или отрицательное значение) между поверхностью геоида и поверхностью математически определенного референц-эллипсоида.

Высота относительно эллипсоида (геодезическая высота) — высота относительно поверхности референц-эллипсоида, измеренная вдоль нормали к эллипсоиду через рассматриваемую точку.

Высотометрическая поддержка — процесс применения данных о высоте для имитации спутника GNSS, находящегося непосредственно под антенной приемника (что, например, уменьшает на единицу количество спутников, необходимых для определения местоположения воздушного судна).

Геоид — эквипотенциальная поверхность в гравитационном поле Земли, совпадающая с невозмущенным средним уровнем моря (MSL) и его продолжением под материками.

Геометрическое снижение точности (GDOP) — относительная величина ошибки определения местоположения с помощью системы, формирующей несколько семейств боковых поверхностей положения. Точнее говоря, это — отношение среднеквадратической ошибки определения местоположения к среднеквадратическому значению ошибок измерения в предположении, что все составляющие ошибки измерения статистически независимы, имеют нулевое математическое ожидание и одно и то же стандартное распределение. GDOP представляет собой показатель совершенства, с точки зрения наблюдателя, геометрических характеристик расположения источников сигналов, формирующих указанные боковые поверхности положения. Низкое значение GDOP является желательным, высокое — нет. Для спутниковых навигационных систем — это показатель общей точности в текущий момент времени. (См. также определения терминов PDOP, HDOP и VDOP.)

Геостационарная — определение, относящееся к экваториальной орбите спутника, обеспечивающей его постоянное положение относительно конкретной фиксированной точки отсчета на земной поверхности. (Спутники системы GPS и ГЛОНАСС не являются геостационарными.) В некоторых предлагаемых проектах обеспечения целостности используются геостационарные спутники.

Геоцентрический — определяемый или измеряемый относительно центра Земли.

Глобальная навигационная спутниковая система (GNSS) — всемирная система определения местоположения и времени, которая включает одно или несколько созвездий спутников, бортовые приемники, а также систему контроля целостности, и дополнена функциональными элементами, необходимыми для обеспечения навигационных характеристик (RNP), требуемых для выполняемого этапа полета. Работа GNSS обеспечивается с помощью GPS и/или ГЛОНАСС.

Глобальная орбитальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС) — навигационная система, использующая передачу сигналов со спутников; предоставлена и обслуживается Российской Федерацией и доступна для пользователей гражданской авиации.

Глобальная система определения местоположения (GPS) — навигационная система, использующая передачу сигналов со спутников; предоставлена и обслуживается Соединенными Штатами Америки и доступна для пользователей гражданской авиации.

Готовность — способность системы выполнять свою функцию в момент начала планируемой операции.

Дифференциальная GNSS — функциональное дополнение, которое предназначено для определения погрешностей измерения местоположения в одном или нескольких известных пунктах и последующей передачи полученной информации другим приемникам сигналов GNSS для повышения точности оценки местоположения.

Зональная навигация — метод навигации, который позволяет воздушному судну выполнять полет по любой желаемой траектории.

Контроль целостности GNSS — подсистема GNSS, которая обеспечивает своевременное выявление и индикацию нарушений в работе GNSS для гарантии, что пользователь будет осведомлен о том, работает или нет глобальная система спутниковой навигации в рамках установленных ограничений на ее характеристики.

Локальная дифференциальная GNSS — разновидность дифференциальной GNSS, в которой дифференциальные поправки можно использовать для обеспечения соответствующих этапов полета в пределах ограниченного географического района.

Маршрут зональной навигации — маршрут ОВД, установленный для воздушных судов, которые могут применять зональную навигацию.

150

Минимальный применяемый угол маски — минимальный угол возвышения спутника относительно горизонта пользователя, при котором данный спутник можно надежно использовать для навигационных расчетов.

Навигационное наведение — наличие у летного экипажа возможности непрерывно иметь информацию об отклонении ВС от заданной траектории.

Навигация I класса — любой полет по маршруту или его части, выполняемый в пределах обозначенной зоны действия стандартных маршрутных навигационных средств: VOR, VOR/DME, NDB.

Навигация II класса — любой полет по маршруту или его части, выполняемый за пределами обозначенной зоны действия стандартных маршрутных навигационных средств: VOR, VOR/DME, NDB.

Надежность — функция частоты отказов в рамках системы. Вероятность того, что система будет выполнять свою функцию в пределах заданных ограничений на характеристики в течение установленного периода работы в рассматриваемых эксплуатационных условиях.

Надежность GNSS — вероятность того, что при данных эксплуатационных условиях в течение определенного времени GNSS будет выполнять свои функции, не выходя за пределы ограничений на ее характеристики.

Наземное функциональное дополнение и оборудование контроля целостности — наземный компонент GNSS, предназначенный для контроля ее целостности. Он может включать некоторый комплекс технических средств и оборудования, например, дифференциальную GNSS широкой зоны действия и средства генерирования сигналов для измерения псевдодалности.

Наземная станция — станция, входящая в состав фиксированной спутниковой службы или авиационной подвижной спутниковой службы, расположенная в заданной фиксированной точке земной поверхности и служащая в качестве фидерной линии связи для спутниковой системы.

Наземная система функционального дополнения — система функционального дополнения с ограниченной зоной действия, в которой пользователь принимает дополнительную информацию непосредственно от наземного передатчика.

Непрерывность обслуживания, предоставляемого GNSS — вероятность того, что обслуживание, предоставляемое GNSS, будет обеспечиваться в течение некоего этапа полета при условии, что оно обеспечивалось в его начале.

Ноль-возведение — способ контроля выдерживания заданной траектории и/или скорости полета, при котором пилот воздушно-

151

го судна на приборе ноль-вождения видит заданную траекторию и/или скорость и текущее отклонение от нее. Ноль-вождение может обеспечиваться при автоматическом, директорном и штурвальном (ручном) режимах управления воздушным судном.

Обнаружение и изолирование неисправностей GNSS — сочетание внутреннего и внешнего контроля целостности, в результате которого определяется любой источник ошибок в навигационных сигналах GNSS и устраняется его влияние на систему.

Оборудование RNAV — комплекс навигационного оборудования, используемого для обеспечения наведения RNAV.

Общая погрешность системы — в боковом измерении представляет собой сочетание погрешностей навигационной системы, расчета RNAV, отображения и техники пилотирования (FTE). В продольном измерении представляет собой сочетание погрешностей навигационной системы, расчета RNAV и системы отображения.

Ортометрическая высота — высота точки над поверхностью геоида, как правило, представляющая собой превышение над MSL.

Погрешность, обусловленная техникой пилотирования — точность пилотирования воздушного судна, которое измеряется путем сопоставления индикаторного местоположения воздушного судна с индикаторным заданным или намеченным местоположением. Эта погрешность не включает грубые ошибки летного экипажа.

Поперечная погрешность — отклонение воздушного судна влево или вправо от намеченной линии пути.

Псевдодальность — расстояние от пользователя до спутника плюс погрешность, вносимая независимым смещением начала отсчета времени в часах пользователя. При наличии сигналов четырех спутников можно вычислить и местоположение, и эту погрешность. Если известно смещение часов пользователя, то для вычисления местоположения достаточно сигналов трех спутников.

Псевдоспутник — наземное функциональное дополнение GNSS, которое обеспечивает передачу на радиочастотах спутниковых сигналов GNSS дополнительного навигационного сигнала, используемого для измерения дальности. Помимо этого, данное функциональное дополнительное средство может обеспечивать передачу дифференциальных поправок GNSS.

Референц-эллипсоид — эллипсоид вращения принятых размеров, определенным образом установленный в теле Земли.

Система связи ARINC для адресации и передачи сообщений — система передачи данных по линии "воздух—земля", использующая выделенные для этой цели авиационные ОБЧ-каналы. 152

Система управления полетом (FMS) — комплексная система, которая включает в себя бортовой датчик, приемник и вычислитель с базой навигационных данных и данных о летно-технических характеристиках воздушного судна и выдает данные о характеристиках и наведении RNAV на дисплей и для ввода в автоматическую систему управления полетом.

Спутниковая система функционального дополнения (SBAS) — система функционального дополнения с широкой зоной действия, в которой пользователь принимает дополнительную информацию непосредственно от спутникового передатчика.

Стандартное обслуживание определения местоположения — заданный уровень точности определения местоположения, скорости и времени, который доступен любому пользователю GPS на глобальной и непрерывной основе.

Технические требования к минимальным навигационным характеристикам (MNPS) — совокупность стандартов, согласно которым воздушное судно должно обладать минимальными навигационными характеристиками для выполнения полетов в заданном воздушном пространстве MNPS. В дополнение к этому воздушное судно должно быть сертифицировано государством регистрации для полетов в районе действия MNPS.

Точность — степень соответствия расчетного или измеренного значения истинному значению.

Точность выдерживания навигационных характеристик — общая погрешность системы (TSE), допускаемая в боковом и продольном измерениях. TSE в каждом измерении не должна превышать норм для установленного типа RNP в течение 95 % полетного времени на любом участке одного полета.

Точность использования системы — сочетание погрешностей навигационного датчика, бортового приемника, отображения и погрешности, обусловленной техникой пилотирования. Также называется точностью выдерживания навигационных характеристик.

Требуемые навигационные характеристики — показатель точности выдерживания навигационных характеристик, необходимый для выполнения полетов в пределах установленного воздушного пространства. Навигационные характеристики и требования устанавливаются для конкретного типа RNP и (или) его применения.

Угол маски — фиксированный угол возвышения относительно горизонта пользователя, ниже которого спутники игнорируются программным обеспечением приемника. Углы маски применяются в основном при анализе характеристик GNSS и используются в некоторых моделях приемников. Угол маски опре-

деляется характеристиками приемника, мощностью передаваемого сигнала при малых возвышениях, чувствительностью приемника и допустимыми при малых возвышениях ошибками.

Функциональное дополнение GNSS — метод обеспечения данной системы входной информацией, которая дополняет получаемую путем использования основного(ых) созвездия(й) спутников и позволяет получать дополнительные входные данные о дальностях (псевдодальностях) или вводить поправки в существующие входные данные о псевдодальностях либо улучшает указанные данные. Это обеспечивает улучшение характеристик системы по сравнению с теми, которые могут быть достигнуты при использовании только основной спутниковой информации.

Целостность (аэронавигационные данные) — определенная гарантия того, что аэронавигационные данные не потеряны или не изменены с момента подготовки данных или санкционирования внесения поправки.

Целостность (навигационная система) — способность системы выдавать пользователю своевременное предупреждение в тех случаях, когда ее нельзя использовать для навигации.

Целостность GNSS — гарантия того, что все функции GNSS выполняются в пределах ограничений на ее эксплуатационные характеристики.

Частота отметок — число независимых отметок местоположений, выдаваемых системой в единицу времени.

Частота планируемых нарушений эксплуатационной готовности GNSS — доля времени, в течение которого нельзя использовать сигналы GNSS в пространстве, при этом учитываются только запланированные перерывы в предоставляемом ею обслуживании.

Эксплуатационная готовность ~ эксплуатационная готовность навигационной системы характеризуется долей времени в процентах, в течение которого можно пользоваться предоставляемыми ею видами обслуживания. Эксплуатационная готовность является показателем способности системы обеспечить использование предоставляемого ею обслуживания в установленной зоне действия. Эксплуатационная готовность сигнала характеризуется долей времени в процентах, в течение которого можно использовать навигационные сигналы, передаваемые внешними источниками. Она является функцией как физических характеристик окружающей среды, так и технических возможностей передающих средств.

Эфемериды данных — совокупность данных навигационного сообщения космического аппарата, позволяющая в любой момент времени определить параметры движения спутника. 154

2.2. Общие сведения

Последнее десятилетие XX в. ознаменовано началом использования для целей воздушной навигации спутниковой навигационной системы. Более чем за 500-летний период осуществления навигации точность определения местоположения движущегося объекта в любой точке земного шара достигла менее 100 м. История развития навигации убедительно доказывает, что достигнутая точность позиционирования никогда не удовлетворяла потребностям человечества в связи с тем, что возникали новые задачи и требования к точности и надежности навигации.

Начальный этап развития навигации был характерен тем, что повышение точности навигации было делом талантливых одиночек. Современный этап развития методов навигации характерен участием в нем как специализированных организаций, так и групп индустриально развитых стран. В то же время необходимо отметить, что без координации вопросов по повышению точности навигации между различными организациями и государствами в настоящее время не обойтись. В области аэронавигации, "дирижером" решения проблем точности и надежности навигации однозначно является ИКАО. Данная организация заложила основы концепции CNS/ATM на длительный период XXI в.

Процесс навигации на воздушном судне начинается с момента взлета и заканчивается после приземления, и в этой связи в концепции CNS/ATM навигации принадлежит особое место. Полет можно выполнить без связи, без наблюдения со стороны органа обслуживания воздушного движения и даже без ОВД, однако без навигации не выполняется ни один полет.

Существуют различные определения терминов навигация и аэронавигация. Можно привести большое количество терминов из различных источников, однако по своей сути они имеют разное содержание и не полностью отражают то, что включает в себя процесс навигации. Для примера приведен термин, который ИКАО [15] заимствовала из RTCA/DO-208 [22], так как непосредственно в документах ИКАО термин навигация отсутствует.

Навигация — способ наведения воздушного судна для выполнения полета от одного известного местоположения к другому известному местоположению.

К сожалению, данный термин не совсем точен, так как в нем отсутствует такой важный элемент навигации как осуществление навигации по времени и наличие человека, обеспечивающего процесс навигации. А кроме того, коль речь идет о навигации применительно к воздушным, а не к морским судам, то вполне уместно использовать термин "аэронавигация".

Аэронавигация — управление пространственно-временной траекторией движения воздушного судна, осуществляемое летным экипажем в полете.

С появлением в конце 80-х годов СНС на борту ВС процесс навигации упростился. Точность навигации с применением СНС существенно повысилась по сравнению с применением традиционных средств навигации, в то же время нагрузка на членов летного экипажа значительно снизилась.

Ядром навигационной компоненты системы CNS/ATM является GNSS, которая включает созвездие спутников GPS и ГЛОНАСС, бортовые приемники и средства контроля целостности системы на земле и на борту воздушных судов.

2.3. Сведения о спутниковых навигационных системах

Основные преимущества СНС. Одним из основных направлений использования искусственных спутников Земли (ИСЗ) в авиации является их применение для навигации воздушных судов. Спутниковые навигационные системы обладают рядом преимуществ перед традиционными радиотехническими системами навигации:

- с помощью созвездия ИСЗ обеспечивается создание навигационной системы, охватывающей территорию всего Земного шара;

- нахождение спутника в пределах прямой видимости в любой точке зоны его действия позволяет использовать наиболее помехоустойчивые диапазоны радиоволн и передавать сигналы с наименьшими искажениями;

- обеспечивается практически неограниченная пропускная способность СНС;

- обеспечиваются относительная простота и дешевизна бортового оборудования СНС на ВС, обусловленные отсутствием передатчика и современными технологиями обработки сигналов;

- возможно комплексное использование спутниковых систем для решения задач навигации, связи и наблюдения.

Навигационные спутники в современных СНС, используемых для целей навигации, находятся практически на круговых орбитах высотой порядка 20 000 км, а геостационарные на высоте около 36 000 км. Установлено, что при движении спутников на таких высотах силы, действующие на спутники и создающие отклонения от расчетных орбит, отличаются высокой стабильностью, что позволяет точно прогнозировать движение ИСЗ на несколько месяцев вперед.

СНС позволяют существенно облегчить решение задач по обеспечению воздушного движения, наиболее важными из которых являются:

- повышение уровня безопасности полетов;

- повышение точности навигации, особенно в районах со слаборазвитой структурой наземного оборудования навигационных средств и над водными пространствами;

- уменьшение интервалов горизонтального эшелонирования воздушного судна и увеличение пропускной способности воздушного пространства;

- спрямление воздушных трасс.

Годовые затраты, связанные с эксплуатацией в гражданской авиации развернутых ныне глобальных СНС, еще не определены, однако, по заявлению компетентных органов США и России, как минимум до 2010-го года доступ гражданских пользователей к СНС будет бесплатным. Помимо косвенной выгоды в результате повышения точности и надежности навигации ВС значительно снижаются прямые расходы государств по обеспечению воздушного движения за счет постепенного снятия с эксплуатации традиционных наземных навигационных средств: NDB, VOR, DME, ILS, MLS.

Внедрение CNS/ATM, кроме непосредственного использования основных сегментов GNSS, предполагает применение целого ряда функциональных расширений локального и глобального типов.

Организация и основные технические данные GNSS. Система GNSS основана на использовании GPS и ГЛОНАСС в гражданских целях GPS и введена в действие в 1994 г., а ГЛОНАСС — в 1996 г.

Для создания космического сегмента GPS первый запуск навигационного спутника был произведен ракетой-носителем Delta 2 с космодрома на мысе Canaveral 28 февраля 1978 г. Создание космического сегмента ГЛОНАСС началось с контрольного запуска 10 декабря 1982 г. с космодрома Байконур ракетоносителя Протон, который вывел на орбиту три искусственных спутника серии "Космос" [5].

GPS и ГЛОНАСС представляют собой автономные среднеорбитальные спутниковые системы определения местоположения второго поколения, позволяющие с высокой точностью определять пространственные координаты подвижных и неподвижных объектов на поверхности Земли и в околоземном пространстве, а также осуществлять точную координацию времени. Организация работы обеих систем является схожей: и GPS, и ГЛОНАСС состоят из трех основных сегментов:

управляющий сегмент с наземным оборудованием для контроля за спутниками и обработки передаваемой ими информации. Система оперативного контроля обеспечивает контроль и координацию всей глобальной системы. Она выполняет три основные функции: слежение за спутниками, прогнозирование параметров их движения и пересылку информации, и состоит из нескольких контрольных станций и наземных антенн;

космический сегмент GPS и ГЛОНАСС состоит из 24 спутников: 21 рабочий и 3 резервных, расположенных практически на круговых орбитах таким образом, что с любой точки Земли обеспечивается постоянное наблюдение одновременно 5—9 спутников с углом возвышения над горизонтом более 15°. При этом каждый спутник может находиться в поле зрения наблюдателя до 5 ч. Конфигурация расположения спутников в системах GPS и ГЛОНАСС несколько различна. В системе GPS спутники равномерно распределены на шести орбитах, плоскости которых наклонены под углом 55° к плоскости экватора и на каждой орбите находится по четыре спутника. Орбиты разнесены вдоль экватора с интервалом 60°. В системе ГЛОНАСС спутники равномерно распределены на трех орбитах, плоскости которых наклонены под углом 64,8° к плоскости экватора, и на каждой орбите находится восемь спутников. Орбиты разнесены вдоль экватора с интервалом 120°. Следует отметить, что больший угол наклона орбит ГЛОНАСС делает более предпочтительным использование этой системы в полярных широтах;

сегмент пользователей состоит из неограниченного количества приемников на борту воздушных судов, которые принимают сигналы от спутников и производят расчеты текущих координат и других навигационных параметров.

Основные технические данные GPS и ГЛОНАСС приведены в табл. 2.1.

Общие принципы функционирования GNSS. Эти принципы сравнительно просты, однако для их реализации используются передовые достижения науки и техники.

Все спутники GPS или ГЛОНАСС являются равноправными в своей системе. Каждый спутник через передающую антенну излучает кодированный сигнал на двух несущих частотах (L1; L2), который может быть принят соответствующим приемником пользователя, находящегося в зоне действия спутника. Передаваемый сигнал содержит следующую информацию: эфемериды спутников; коэффициенты моделирования ионосферы; данные о состоянии спутника; системное время и уход часов спутника; данные о дрейфе спутника.

В приемнике бортового оборудования воздушного судна ге-

Таблица 2.1

Параметры	ГЛОНАСС	
	GPS	ГЛОНАСС
Спутники		
Количество спутников	24	24
» орбит	6	3
Высота орбит, км	20180 ± (17—50)	18840—19440
Период обращения, ч. мин. с	11.58.00	11.15.44
Наклон орбиты, град	55 ± 3	64,8 ± 0,3
Расчетный ресурс спутника, лет	7,5	Не менее 5
Несущая частота (L1), МГц	1575,42	1602,00 — 1614,94
Источник питания	Солнечная батарея и аккумулятор	
Наземные станции		
Главная станция управления	1	1
Контрольные станции	5	2
Загрузочные	—	4
Лазерные станции слежения	—	1
Наземные антенны	3	—
Точность определения:		
а) местоположения в плане, м:		
грубый код с S/A*	100 (P = 95 %)	
стандартное обслуживание по определению местоположения при PDOP ≥ 6**	≤ 36 (P = 95 %)	
то же при PDOP < 6	≤ 13 (P = 95 %)	28 (P = 95 %)
канала стандартной точности		

Таблица 2.1 (окончание)

Параметры	GPS	ГЛОНАСС
б) по вертикали, м: грубый код S/A * стандартное обслуживание по определению местоположения при PDOP ≈ 6 ** канала стандартной точности	156 (P = 95 %) ≤ 77 (P = 95 %)	60 (P = 95 %)
в) скорости, м/с	0,2 (P = 95 %)	0,15 (P = 99,7 %)
Зона действия	Глобальная	
Число одновременных пользователей	Не ограничено	
Используемая система координат	WGS-84	ПЗ-90

* См. п. 2.3.2.

** Влияние PDOP на точность определения местоположения воздушного судна рассмотрено в п. 2.3.

нерируется код, идентичный принимаемому со спутника. При сравнении двух кодов определяется временной сдвиг, который пропорционален расстоянию до спутника. Принимая одновременно сигналы от нескольких спутников, можно определить местоположение приемника с высокой точностью. Очевидно, что для функционирования системы необходима точная синхронизация кодов, генерируемых на спутниках и в приемниках.

Ключевым фактором, определяющим точность системы, является то, что все составляющие спутникового сигнала точно контролируются атомными часами. Каждый спутник имеет по четыре квантовых генератора, являющихся высокоточными стандартами частоты со стабильностью 10^{-13} . Часы бортового приемоиндикатора менее точны, но их код постоянно сравнивается со спутниковыми часами и вырабатывается поправка, компенсирующая уход.

Наземный сегмент обеспечивает контроль за спутниками, выполняет управляющие функции и определяет навигационные параметры спутников. Данные о результатах измерений, выполненных каждой контрольной станцией, обрабатываются на главной станции управления и используются для прогнозирования эфемерид спутников. Там же, на главной станции управления формируются сигналы для коррекции спутниковых часов.

Местоположение воздушного судна с использованием GPS и ГЛОНАСС определяется в геодезических системах координат, которые могут отличаться от геодезических координат, используемых в бортовых навигационных комплексах.

В июне 1999 г. главами правительств государств Европейского сообщества было принято решение о создании Глобальной навигационной спутниковой системы "Galileo".

Космический сегмент "Galileo" будет состоять из 32 спутников, три из которых являются резервными. Спутники будут располагаться на трех орбитах высотой порядка 23 600 км с наклоном к экватору около 55° . Кроме среднеорбитальных спутников, планируется запустить девять геостационарных спутников. Эксплуатационная готовность данной системы будет достигнута в 2008 г.

Система "Galileo", разрабатываемая для гражданских пользователей, дополнит GNSS и будет иметь ряд отличий и преимуществ по сравнению с GPS:

гарантированная непрерывность предоставления услуг для различных потребителей;

более высокая надежность, так как пользователи получают сообщение о целостности системы сразу после обнаружения ошибки;

проектируемая точность определения местоположения объекта — в горизонтальной плоскости не более 10 м, в вертикальной плоскости не более 4 м (вероятность 95 %).

С учетом локальных дополнений точность определения местоположения планируется не хуже 0,5 м (вероятность 95 %) [12].

2.4. Основные принципы определения навигационных параметров воздушного судна с помощью спутниковых навигационных систем

Физико-технические принципы функционирования СНС. В основу определения координат воздушного судна положен принцип измерения расстояний до навигационных спутников. Геометрическая интерпретация реализации этого принципа может быть объяснена следующим образом. Предположим, что в любой момент времени позиции спутников в околоземном пространстве известны, и могут быть измерены первичные навигационные параметры — расстояния до спутников, находящихся в поле зрения приемника СНС. Измеренное расстояние D_x до одного спутника определяет поверхность положения в виде сферы с радиусом, равным измеренному расстоянию (рис. 2.1).

Расстояния D_1 и D_2 до двух спутников определяют две поверхности положения S_1 и S_2 , пересечение которых определяет линию положения в виде окружности. Поверхность положения S_3 , полученная с помощью третьего спутника в виде сферы с радиусом D_3 может иметь пересечение с линией положения в виде окружности, полученной от первых двух спутников, только в двух точках M_1 и M_2 . Таким образом, измеренные расстояния до трех спутников ограничивают возможную позицию двумя возможными точками. Методом логического исключения определяются, какая из двух точек является позицией приемника СНС. Например, если одна из точек слишком далеко от поверхности Земли, или имеет слишком большую скорость перемещения относительно земной поверхности, или находится на очень большом удалении от ранее определенной позиции, то такая точка не может быть искомой позицией. В компьютер бортовой аппаратуры заложено несколько алгоритмов, позволяющих отличить правильную позицию от ложной.

Расстояние D от спутника до приемника СНС определяют в результате измерения времени прохождения радиосигнала от

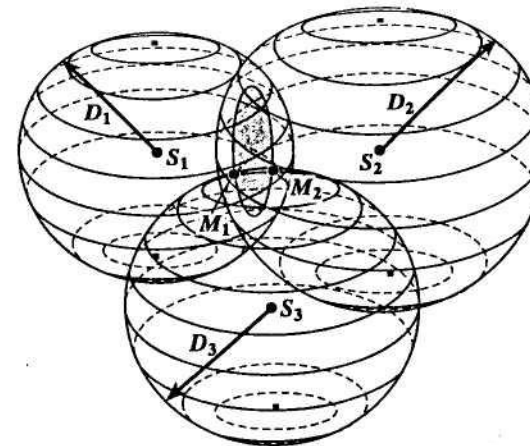


Рис. 2.1. Определение позиции воздушного судна

спутника до потребителя СНС сигналов:

$$D = ct,$$

где c — скорость распространения радиосигнала; t — время прохождения радиосигнала.

Для расстояния порядка D — 20 000 км и скорости $c = 300\,000$ км/с время прохождения сигнала $t = 0,06$ с. Поэтому в аппаратуре потребителя должно быть обеспечено высокоточное измерение весьма малых промежутков времени.

Для определения времени прохождения радиосигнала от спутника до приемника сигналов использован метод сравнения псевдослучайных кодов, генерируемых в аппаратуре спутника и приемника СНС.

В самых общих чертах данный метод состоит в следующем. Аппаратура спутников и приемников синхронизирована с очень высокой точностью. И на спутниках, и в приемниках одновременно генерируются одинаковые последовательности весьма сложных цифровых кодов. Эти коды настолько сложны, что внешне выглядят как длинные цепочки случайных импульсов, которые принято называть *псевдослучайными кодами*. И так как аппаратура спутников и приемников генерирует одинаковые коды в одни и те же моменты времени, то время прохождения сигнала от спутника до приемника определяется по задержке принятого кода (рис. 2.2). Генерируемые псевдослучайные коды повторяются каждую микросекунду, т.е. через каждые 10^{-6} с.

Использование псевдослучайного кода в СНС обусловлено не только необходимостью обеспечения высокоточного измерения времени прохождения радиосигнала от спутника до прием-

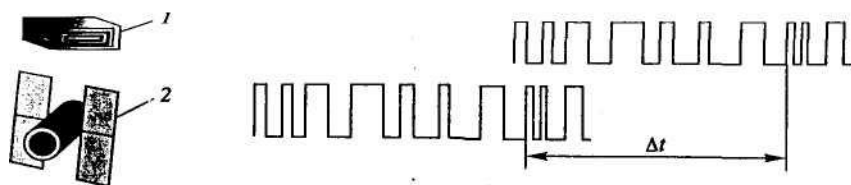


Рис. 2.2. Время прохождения сигнала от навигационного спутника 2 на приемник СНС 1

ника СНС, но и необходимостью принимать и обрабатывать очень слабые радиосигналы от спутника.

Сигналы от навигационных спутников настолько слабы, что не могут быть зарегистрированы на фоне естественного радиоизлучения Земли. Естественный радиосум Земли - это случайные вариации электронных пульсаций, в то время как принимаемый псевдослучайный код - строго определенная последовательность электронных импульсов. А так как псевдослучайный код повторяется каждую микросекунду, то с помощью быстродействующего компьютера представляется возможным выполнять многократное сравнение принимаемых сигналов и выделять псевдослучайный код на фоне естественного радиосума Земли. В результате приемник СНС может иметь очень маленькую антенну, а в целом аппаратура потребителя имеет сравнительно небольшие габаритные размеры и массу и, кроме того, относительно небольшую стоимость. А это, в свою очередь, способствует превращению СНС в систему массового использования.

Одна из важнейших причин применения псевдослучайного кода в СНС - это целесообразность использования всеми спутниками одной и той же несущей частоты в своих передатчиках. Но так как каждый спутник передает только ему присущий код, приемник легко может отличить сигналы конкретного спутника, и спутники не "забивают" друг друга, работая на одной и той же частоте.

Применение псевдослучайного кода в СНС позволяет также собственнику системы контролировать режим доступа к системе.

Большинство приемников СНС обеспечивают измерение времени с точностью до $\Delta t = 1(\Gamma^9)$ с (т.е. до одной наносекунды).

Для высокоточного определения позиции воздушного судна необходимо, чтобы точность синхронизации часов на спутниках ив аппаратуре потребителей соответствовала потребной точно сти измерения времени прохождения радиосигнала от спутника до приемника.

На спутниках устанавливаются комплекты из четырех высокоточных атомных часов и, кроме того, эти часы корректируются наземными станциями управления. В приемниках СНС устанавливаются сравнительно неточные кварцевые часы.

Погрешность определения момента времени Δt по часам приемника по сравнению с отсчетом на часах спутников определяется компьютером аппаратуры потребителя в результате вычисления по специальному алгоритму.

Предположим, что спутники и приемник СНС находятся в одной плоскости. Если $\Delta t = 0$, т.е. нет погрешностей в измерении времени прохождения радиосигнала одновременно от трех спутников, то линии положения пересекутся в одной точке. В тех же случаях, когда погрешность $\Delta t \neq 0$, вычисленные линии положения будут отстоять от фактических линий положения на величину $c\Delta t$ и образовывать некоторую область возможных положений приемника СНС (область погрешностей). Размеры этой области определяются величиной $c\Delta t$ и углами пересечения линий положения. По специальному алгоритму в компьютере приемника СНС после серии измерений обеспечивается вычисление погрешности Δt , которая становится третьей координатой, определяющей позицию приемника на плоскости (рис. 2.3).

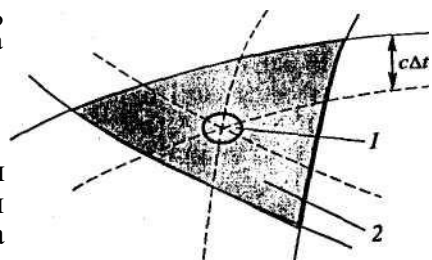
Для вычисления погрешности в определении времени по часам приемника СНС и местоположения приемника СНС в пространстве (т.е. в системе трех координат) необходимо одновременное измерение расстояний до четырех спутников. При этом погрешность во времени Δt является некоторой четвертой координатой. И, следовательно, четыре поверхности положения в виде сфер с радиусами, равными соответствующим расстояниям до четырех спутников, определяют некоторую область возможных положений приемника СНС.

Таким образом, для высокоточного определения позиции воздушного судна в реальном масштабе времени необходимо сочетание многоканального приемника и быстродействующего компьютера. Приемник обеспечивает одновременный прием сигналов от четырех спутников, компьютер вычисляет погрешность часов Δt и координат приемника в выбранной системе координат.

В тех случаях, когда принимаются сигналы только от трех спутников, в алгоритмах аппаратуры потребителей СНС предусмотрено введение четвертого спутника, в качестве которого принимается центр Земли. В этой связи образуется дополнительная поверхность положения — сфера с радиусом, равным расстоянию от центра Земли до воздушного судна (до приемника СНС). Расстояние от центра Земли до поверхности общезем-

Рис. 2.3. Влияние погрешности во времени на определение места ВС:

1 — фактическое место; 2 — область погрешностей



ного эллипсоида вычисляется компьютером аппаратуры потребителя СНС, а расстояние от поверхности эллипсоида до воздушного судна (абсолютная высота) вводится в приемоиндика-тор вручную или автоматизированно от барометрического высотомера (системы воздушных сигналов).

Высокоточное определение местоположения ВС возможно только при условии точного вычисления координат навигационных спутников на момент измерения расстояний до спутников. Рабочие орбиты спутников выбраны такими, чтобы была обеспечена высокая точность сохранения спутниками заданных орбит и периода обращения относительно центра Земли. Эфемериды спутников (параметры, определяющие их положение на орбите) определяются и уточняются с помощью наземного командно-измерительного комплекса. Информация об эфемеридах всех спутников в виде альманаха вводится в память компьютера аппаратуры потребителя СНС сигналов. И, следовательно, компьютер обеспечивается данными для вычисления координат спутников на любой момент времени. Но так как под воздействием гравитационных пульсаций Луны и Солнца и давления солнечного излучения на поверхность спутника возникают изменения в эфемеридах спутника, то на наземном командно-измерительном комплексе определяются эфемероидные ошибки, которые передаются на спутник. В сигналах, передаваемых спутником, содержится информация об эфемероидных ошибках данного спутника.

Данные об эфемеридах спутника, содержащиеся в альманахе, и информация об эфемеридных ошибках обеспечивают высокоточное вычисление координат спутника компьютером приемника СНС.

Влияние геометрического фактора на точность определения МВС. Возможная точность измерения расстояния до спутника оценивается суммарной средней квадратической погрешностью в определении дистанции до спутника $\langle u_d = 5-7 \text{ м}$. Точность определения координат (широта, долгота, высота) приемника

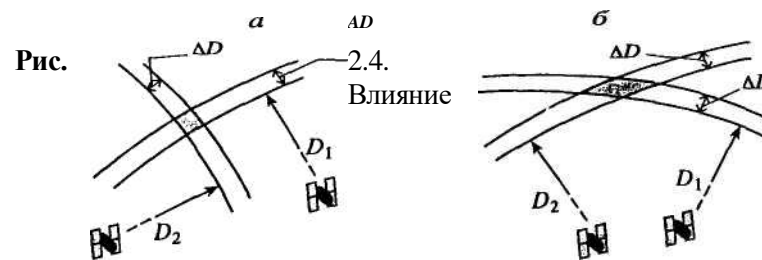


Рис. 2.4. Влияние "геометрического фактора" на определение места ВС

СНС определяется не только погрешностями в измерении расстояний до спутников, но и взаимным расположением погрешностей положения приемника СНС, т.е. взаимным расположением спутников! [1, 18].

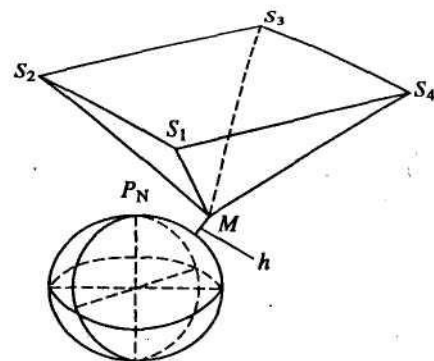
Предположим, что два спутника и приемник СНС расположены в одной плоскости (рис. 2.4). Обе линии положения определяются с погрешностью ΔD . Тогда область возможного положения приемника СНС будет значительно меньше при угле пересечения линий положения, близком к 90° (рис. 2.4, а), чем при угле пересечения, близком к 180° (рис. 2.4, б). Возможная погрешность в определении координат за счет так называемого *геометрического фактора* может возрасти в несколько раз.

При измерении расстояний до четырех спутников погрешности ΔD также определяют область возможного нахождения приемника СНС, и точность определения координат находится в большой зависимости от взаимного расположения спутников, а если в поле зрения антенны приемника СНС находится более четырех спутников, то по определенному алгоритму могут быть выбраны четыре спутника, взаимное расположение которых обеспечивает в данный момент наибольшую точность вычисления позиции воздушного судна.

Для оценки влияния взаимного расположения спутников и приемника СНС на точность определения координат используется критерий *GDOP* — Geometric Dilution of Precision (геометрическое снижение точности, далее по тексту — геометрический фактор). Геометрический фактор *GDOP*, как правило, обозначается аббревиатурой *DOP* (в некоторых приемниках СНС этот критерий обозначается *PDOP* - Position Dilution of Precision).

Критерий *DOP* определяется из следующих соображений. Если позиции четырех спутников S_1, S_2, S_3, S_4 и потребителя M (рис. 2.5) рассматривать как вершины многогранника, соединенные прямыми линиями, то будет очерчен некоторый объем V . И чем

Рис. 2.5. Многогранник, определяющий геометрический фактор



лучше взаимное расположение спутников для пеленгования, тем будет больше объем V такого многогранника, определяющий критерий DOP .

Критерий DOP принимается обратно пропорциональным объему V с учетом некоторого коэффициента пропорциональности k :

$$DOP = k/V.$$

Величина критерия DOP , как правило, колеблется от 0,8 до 10,0. Считается, что при $DOP < 6$ обеспечивается высокая точность определения позиции ВС. Используя сведения из альманаха, компьютер в аппаратуре потребителя непрерывно вычисляет критерий DOP , определяя лучшую четверку, как правило, из 6—8 спутников.

Средняя квадратическая радиальная погрешность в определении позиции ВС с учетом геометрического фактора:

$$c_r = DOP a_r$$

где a_r^* - средняя квадратическая радиальная погрешность при $DOP=1,0$.

За счет оптимального выбора для пеленгования четырех спутников из находящихся в поле приемной антенны, как правило, 6—8 спутников, точность определения позиции ВС повышается в 4—6 раз.

Таким образом, высокая точность определения позиции приемника СНС обеспечивается на основе:

использования в качестве первично определяемого навигационного параметра дальности до спутника путем определения времени прохождения сигнала от спутника с помощью специального генерируемого на спутниках и в аппаратуре потребителя псевдокода;

обеспечения точной синхронизации часов на спутниках и в аппаратуре потребителя;

вычисления в аппаратуре потребителя с помощью альманаха и эфемеридных поправок координат спутника;

оптимального выбора спутников для пеленгования с учетом их взаимного расположения.

В GPS применяются два вида кодов:

C/A-code (Clear/Acquisition — свободного использования);

P-code (Protected code — защищенный код).

C/A-code является общедоступным. В процесс его использования может быть введен режим S/A (Selective Availability), который предназначен для снижения точности пеленгования простым "загрублением" сигналов времени, передаваемых спутником. В соответствии с решением Конгресса США с 1 мая 2000 г. режим S/A отменен для всех пользователей GPS и введено понятие — стандартное обслуживание определения местоположения (SPS) [19].

P-code засекречен, доступ к нему санкционирует только Министерство обороны США, и он не является частью SPS.

2.5. Эксплуатационные характеристики GNSS

Общие положения. Требования к эксплуатационным характеристикам бортовой навигационной системы являются отправной точкой для получения требований к эксплуатационным характеристикам сигнала в пространстве GNSS и детально изложены в [8].

Требования к сигналу в пространстве GNSS определены с учетом выполнения двух типов захода на посадку и посадки с наведением по вертикали с типом RNP 0.3/125 (APV-I) и RNP 0.03/50 (APV-II).

Эксплуатационные характеристики с наведением по вертикали APV-I соответствуют заходу на посадку с наведением по вертикали по данным барометрического высотомера при более высоких минимумах захода на посадку, чем минимумы, которые используются в категории I. Этот тип операций может поддерживаться спутниковой системой функционального дополнения (SBAS) в пределах области обслуживания, где плотность наземной сети мониторинга невысока.

Эксплуатационные характеристики с наведением по вертикали APV-II позволяют выполнять заход на посадку и посадку при минимумах категории I в пределах области обслуживания спутниковой системой функционального дополнения, при наличии более высокой плотности сети мониторинга.

Точность. Ошибка определения местоположения GNSS — это разность между измеренным и действительным местоположениями. Для целей воздушной навигации в гражданской авиации принято следующее положение: для любого измеренного местоположения вероятность того, что ошибка определения местоположения находится в пределах требований к точности, составляет не менее 95 %.

Факторы, от которых зависит навигационная точность системы RNAV на основе GNSS, следующие: собственная точность космического сегмента; допуск, обусловленный бортовой системой приема; допуск, связанный с вычислениями в системе; допуск на технику пилотирования.

Собственная точность космического сегмента GNSS меняется во времени. Орбитальное движение спутников и параметры ошибок GNSS приводят к появлению ошибок определения местоположения, значения которых могут меняться в интервале нескольких часов. Кроме того, сама точность (ошибка, ограниченная вероятностью 95 %) изменяется в зависимости от различной геометрии созвездий. Поскольку невозможно постоянно измерять точность системы, внедрение GNSS требует повышения роли анализа и описания ошибок.

Для множества архитектур GNSS благодаря фильтрации в системах функционального дополнения и в приемнике пользователя ошибка является медленно меняющейся во времени. Это приводит к небольшому числу независимых измерений в интервалах длительностью несколько минут. Этот вопрос очень важен для применений точного захода на посадку, потому что в этом случае предполагается 5 %-ная вероятность того, что ошибка определения местоположения превысит требуемые пределы в течение всего захода на посадку. Однако, благодаря упомянутому медленному изменению точности, эта вероятность, как правило, гораздо меньше.

Точность GNSS должна удовлетворять для условий наихудшей геометрии, для которой система считается доступной. Таким образом, точность GNSS определяется как вероятность для каждого конкретного измерения, а не как процент измерений в конкретном измерительном интервале времени. Для большого числа независимых измерений, как минимум 95 % из них должны удовлетворять требованиям к точности, как показано в табл. 2.1. Данные пересчитываются к наихудшей геометрии с целью исключения изменчивости системной точности, обусловленной геометрией движущихся по орбитам спутников.

Сигнал в пространстве, передаваемый спутниковыми навигационными системами, одновременно обслуживает в широкой

зоне большое количество воздушных судов, летящих по маршруту, и поэтому последствия потери целостности системы будут для системы УВД значительнее, чем в случае использования традиционных навигационных средств. В связи с этим, требования, представленные в табл. 2.1, являются более высокими.

Точность базового приемника GNSS с учетом точности космических сегментов бортовой системой приема и допуска, связанного с вычислениями в системе, — 0,23 км и во многом определяется точностью ввода координат точек пути [11].

Точность в горизонтальной плоскости включает в себя значения допусков, обусловленных космическими сегментами, и допусков бортовой системы (включая допуск, связанный с вычислениями системы). Принимаются следующие значения точности [11]: полет по маршруту — 2,7 км; вылет и полет в районе аэродрома — 1,9 км; заход на посадку — 0,6 км.

Указанные точности используются при создании заданных траекторий полета (по маршруту, в районе аэродрома и при заходе на посадку), эксплуатируемых с использованием базового приемника GNSS.

Для операций точного захода на посадку по категории I определен диапазон значений вертикальной точности, куда входят значения ошибок, которые могут обеспечить точность, которую обеспечивает заход по **ILS**.

Целостность и время срабатывания сигнализации. Целостность — мера доверия, которая может быть отнесена к правильности информации, выдаваемой системой в целом. Целостность включает способность системы обеспечить пользователя своевременными и достоверными предупреждениями (срабатываниями сигнализации) в тех случаях, когда система не должна использоваться для намечаемой операции (или этапа полета).

Чтобы удостовериться в том, что ошибка определения местоположения является приемлемой, определен порог срабатывания сигнализации, который представляет собой наибольшую ошибку определения местоположения, обеспечивающую безопасную операцию. Ошибка определения местоположения не должна превышать данный порог без срабатывания оповещения. По аналогии с ILS система может деградировать в сторону увеличения ошибки сверх 95 %, но не превышая при этом контрольного порога.

Требование к показателю целостности навигационной системы для отдельного воздушного судна по обеспечению полета по маршруту, операций в зоне аэродрома, начального этапа захода на посадку, неточного захода на посадку и вылета полагается равным $1-10^{-5}$ /ч. Данная запись обозначает, что в течение од-

ного часа полета каких-либо искажений и задержек в приеме сигнала на борту воздушного судна не будет с вероятностью 0,99999.

Для операций точного захода на посадку требования к целостности сигнала в пространстве GNSS соответствует требованиям, предъявляемым к ILS.

Непрерывность. Способность системы выполнять свои функции в течение предназначенной операции без незапланированных перерывов, обуславливает непрерывность системы.

Непрерывность обслуживания на маршруте подразумевает способность навигационной системы обеспечивать выходные навигационные характеристики с заданной точностью и целостностью в течение всей предполагаемой операции при допущении, что в начале этой операции система была доступна. Срабатывания сигнализации в навигационной системе, обусловленные либо одиночными сбоями, либо отказами, представляют собой нарушения непрерывности. Поскольку продолжительность разных операций различна, то требование к непрерывности задается в виде вероятности за 1 ч.

Требование к непрерывности навигационной системы для отдельного воздушного судна составляет $1 - 10^{-5}$, т.е. 0,9999 за 1 ч полета. Однако применительно к спутниковым системам сигнал в пространстве может использовать большое количество воздушных судов в широкой зоне обслуживания. Поэтому требования к непрерывности (см. подразд. 2.6) представляют собой

- требования к надежности сигнала GNSS в пространстве, и в этой связи соответствуют требованиям к среднему времени между отказами для элементов GNSS.

Непрерывность при заходе на посадку и посадке подразумевает способность навигационной системы обеспечивать выходные навигационные характеристики с заданной точностью и целостностью во время захода на посадку, в предположении, что система была доступна в начале данной операции. Срабатывания сигнализации в навигационной системе, обусловленные либо одиночными сбоями, либо отказами, представляют собой нарушения непрерывности. В данном случае требование к непрерывности определяется как вероятность на коротком временном интервале. В качестве интервала времени при выполнении операций захода на посадку установлен интервал времени 15 мин. Требования к непрерывности для захода на посадку и посадки разделяются на требования к бортовому приемнику и небортным элементам системы. В этом случае повышение требований при массовом использовании системы воздушными судами не считается необходимым. Как правило, значение непрерыв-172

ности относится только к риску, связанному с невозможностью выполнения захода на посадку, и при этом заход на посадку каждого воздушного судна может считаться независимым. Однако, в некоторых случаях требования к непрерывности должны быть высокими, так как отказ системы, к примеру для заходов на посадку двух воздушных судов на близко расположенные параллельные ВПП, будет коррелирован между двумя ВПП.

Эксплуатационная готовность. Для GNSS эксплуатационная готовность определяется долей времени, в течение которого система, используемая для навигации, обеспечивает надежную навигационную информацию при выполнении полета.

При определении требований к эксплуатационной готовности GNSS учитывается желаемый уровень обслуживания. Если данное обслуживание внедряется для замены существующей инфраструктуры средств обеспечения навигации на маршруте, то эксплуатационная готовность GNSS должна быть соизмерима с эксплуатационной готовностью, обеспечиваемой существующей инфраструктурой. При этом оцениваются последствия ухудшения обслуживания.

В тех случаях, когда GNSS имеет низкую эксплуатационную готовность, ее использование возможно при ограничении времени навигации теми периодами, на которые прогнозируется готовность системы. В случае GNSS периоды неготовности, обусловленные неудовлетворительной геометрией созвездия спутников, повторяются. При введении ограничений на время работы остается только риск потери непрерывности, связанный с отказом важных элементов системы в интервале времени, на которое был сделан прогноз и в котором выполняется данная операция.

Особые требования к эксплуатационной готовности для зоны или выполнения конкретной операции основываются на непосредственном учете:

- интенсивности воздушного движения;
- наличия альтернативных навигационных средств;
- зоны действия первичного/вторичного наблюдения;
- воздушного движения и процедуры пилотирования;
- продолжительности перерывов.

По этой причине для эксплуатационной готовности GNSS задан диапазон значений. Данные требования поддерживают операции GNSS как самостоятельного средства навигации в воздушном пространстве с различными уровнями интенсивности движения и сложности воздушного пространства. Наименьшие значения в данном диапазоне удовлетворяют условию обеспечения самостоятельной навигации только при низком уровне

интенсивности воздушного движения и сложности воздушного пространства.

Хотя функциональные дополнения могут уменьшить зависимость GNSS от любого отдельного основного элемента системы, они не в состоянии обеспечить приемлемое обслуживание без основных элементов системы. Требование к эксплуатационной готовности конкретного функционального дополнения в какой-либо области обслуживания также учитывает потенциальную возможность деградации основных элементов GNSS (минимальную орбитальную группировку основных элементов, т. е. число и распределение спутников). Для случая такой деградировавшей конфигурации разрабатываются рабочие процедуры.

Специфические требования для области обслуживания захода на посадку определяются с учетом следующих обстоятельств:

- интенсивность воздушного движения;
- процедуры по предоставлению данных и выполнению захода на посадку на запасном аэродроме;
- система посадки, используемая на запасном аэродроме;
- воздушное движение и процедуры пилотирования;
- продолжительность перерывов;
- географические размеры необслуживаемой области во время перерыва.

При разработке рабочих процедур для систем захода на посадку по GNSS учитываются продолжительность перерыва и его воздействие на запасном аэродроме. Хотя могут возникать перерывы в GNSS, влияющие на множество заходов на посадку, обслуживание конкретного захода на посадку может восстановиться без какого-либо вмешательства благодаря орбитальному движению спутников.

В отличие от инфраструктуры наземных навигационных средств, эксплуатационную готовность GNSS более сложно оценивать по причине движения спутников относительно зоны действия и потенциально длительному времени восстановления работоспособности спутника в случае его отказа. Точные измерения эксплуатационной готовности такой системы могут занять многие годы для того, чтобы период измерений был большим, чем среднее время наработки на отказ и время восстановления. В связи с этим эксплуатационную готовность GNSS определяют в процессе проектирования, анализа и моделирования. В то же время необходимо отметить, что для GPS и ГЛОНАСС с целью использования для захода на посадку осуществляется мониторинг сигналов в течение длительного времени. Об эксплуатационной готовности GNSS см. в подразд. 2.6.

Основные недостатки GNSS. Длительная эксплуатация GPS и ГЛОНАСС показала, что обоим космическим сегментам свойственны следующие недостатки:

чувствительность к непреднамеренным помехам, вызванным атмосферными эффектами;

блокировка сигнала при затенении антенны элементами конструкции воздушного судна во время выполнения эволюции;

чувствительность к преднамеренным помехам, которые могут ограничивать область обслуживания;

недостаточная точность при использовании для целей точного захода на посадку.

Указанные недостатки GNSS могут быть устранены при использовании функциональных дополнений GNSS, основное назначение которых — повышение точности, целостности и непрерывности сигнала.

2.6. Функциональные дополнения GNSS

Типы функционального дополнения. Для выполнения безопасной аэронавигации электронные системы, используемые для аэронавигации с целью наведения, должны отвечать требованиям точности, целостности, готовности и непрерывности обслуживания.

Эксплуатация СНС показала, что в ряде случаев информация, получаемая на борту воздушного судна с помощью приемника СНС, не всегда может удовлетворять перечисленным ранее требованиям на всех этапах полета (на маршруте, в районе аэродрома, при заходе на посадку).

Для преодоления свойственных системам GNSS ограничений и выполнения требования к характеристикам обслуживания (точность, целостность, готовность, непрерывность обслуживания) на всех этапах полета системы GPS и ГЛОНАСС должны использоваться различного рода функциональные дополнения. Существуют три категории функциональных дополнений: бортовые, наземные и спутниковые.

Бортовые функциональные дополнения подразделяются на автономный контроль целостности приемника (RAIM) или автономный контроль целостности на борту воздушного судна (AAIM).

Наземные функциональные дополнения (GBAS) с локальной зоной действия в пределах до 37 км (20 м. миль) представляют из себя контрольные устройства, размещаемые в аэропорту или в районе аэропорта, в котором планируется выполнение захода на

посадку по категориям I—III. Наряду с локальной зоной действия GBAS могут быть и с более расширенной зоной действия. Примером такой GBAS является Австралийская наземная региональная система дополнения (GRAS), которая охватывает территорию Австралии и Новой Зеландии.

Спутниковые функциональные дополнения (SBAS) позволяют передавать дополнительную информацию, так как наземные функциональные дополнения не могут охватить все этапы полета. В этой связи для охвата обширных районов в дополнение к космическим сегментам GPS и ГЛОНАСС используются спутниковые системы.

Бортовые функциональные дополнения. Существует три уровня требований к оборудованию СНС в зависимости от того, в каком статусе оно используется: самодостаточной, основной или дополнительной навигационной системы [13].

Самодостаточная навигационная система — разрешенная для данной процедуры или для данного этапа полета система, которая должна в течение этой процедуры или этапа полета обеспечивать на воздушном судне удовлетворение всех требований к навигационным характеристикам: точности, целостности, эксплуатационной готовности и непрерывности обслуживания.

Примечание. Это определение не исключает наличия на борту других навигационных систем. Система, являющаяся самодостаточным навигационным средством, может включать один или несколько навигационных датчиков, т.е. быть автономной или многосенсорной.

Основная навигационная система — одобренная для данного полета или его этапа система, которая удовлетворяет требованиям точности и целостности, но может не удовлетворять требованиям полной эксплуатационной готовности и непрерывности обслуживания. Безопасность ее применения достигается за счет разрешения полетов только в определенные периоды времени и при соответствующих процедурных ограничениях.

Примечание. Не выдвигается требование иметь на борту систему, являющуюся самодостаточным навигационным средством, с целью поддержания работы основного средства [22].

Дополнительная навигационная система — система, которая должна использоваться в сочетании с системой, являющейся самодостаточным навигационным средством. Для получения одобрения для ее применения на данном этапе полета требуется, чтобы на борту воздушного судна была система, являющаяся для рассматриваемого этапа самодостаточным навигационным средством. Навигационная система как дополнительное навигационное средство должна удовлетворять требованиям точности и целостности во время выполнения данной процедуры или на

данном этапе полета, но не обязательно требованиям по эксплуатационной готовности и непрерывности обслуживания.

Примечание. В ходе эксплуатации при удовлетворении требований точности и целостности дополнительное средство можно использовать без всякой перекрестной проверки сравнением с самодостаточным средством. Система, утвержденная как дополнительное навигационное средство, может включать один (автономный) или несколько датчиков, которые могут быть разных типов (установка с несколькими датчиками).

Требования к бортовым функциональным дополнениям изложены в [8, 23]. Положения, имеющиеся в TSO-C129, многими государствами приняты практически полностью. В этой связи материал излагается далее с учетом положений TSO-C129 как первоисточника по данному вопросу.

Основополагающим положением TSO-C129 является наличие в бортовом оборудовании СНС функции RAIM. Выполнение требований TSO-C129 является достаточным на использование СНС как дополнительного навигационного средства при выполнении полетов по маршрутам, в районе аэродрома и при выполнении заходов на посадку по схемам неточного захода.

Оборудование, сертифицированное по техническому стандарту TSO-C129, делится на классы: А, В, С.

Класс А — оборудование, сочетающее в себе навигационный датчик, определяющий трехмерные координаты воздушного судна: широту (ϕ), долготу (X), высоту (L), время (UTC) и вектор путевой скорости (W), а также навигационный вычислитель, решающий навигационные задачи и имеющий ряд сервисных и справочных функций. Это самый распространенный класс оборудования СНС, которое устанавливается на ВС, не имеющих бортовых навигационных комплексов последнего поколения (КС ПНО, FMS). Для гарантирования целостности в приемник встраивается устройство, обладающее функцией автономного контроля целостности в приемнике (RAIM) (см. далее).

Оборудование класса А имеет подклассы А1 и А2. Оборудование подкласса А1 одобрено для маршрутного полета, полета в зоне аэропорта и для неточного захода на посадку. Оборудование подкласса А2 одобрено для маршрутного полета и полета в зоне аэродрома.

Поскольку оборудование СНС класса А является также и оборудованием зональной навигации, то к нему применяются такие же требования как к аппаратуре зональной навигации.

Класс В — оборудование, состоящее из навигационного датчика и устройства передачи данных: $\langle p, X, h, UTC, JVB$ бортовые навигационные комплексы (КС ПНО, FMS). Оборудование класса В можно рассматривать как один из датчиков многофункциональных навигационных систем, в которых происхо-

лит или коррекция координат по данным от СНС, или численные координаты по получаемой от СНС информации, а также решаются все навигационные и сервисные задачи на более высоком уровне, определяемом возможностями этих систем, как правило, большими, чем у оборудования класса А.

Оборудование класса В имеет подклассы В1—В4. В оборудовании подклассов В1 и В2 предусмотрен RAIM. Оборудование, подкласса В1 позволяет выполнять маршрутный полет, полет в зоне аэродрома и неточный заход на посадку, а В2 — полет по маршруту и в зоне аэродрома. В оборудовании подклассов В3 и В4 датчики объединены, чтобы на уровне ВС обеспечить контроль целостности, эквивалентный тому, который обеспечивает RAIM. Оборудование подкласса В3 позволяет выполнять маршрутный полет, полет в зоне аэродрома и неточный заход на посадку, а В4 — полет по маршруту и в зоне аэродрома.

Класс С — оборудование (как и оборудование класса В) является датчиком для бортовых навигационных комплексов, обеспечивающих автоматический и директорный режим выполнения полета. Взаимодействие с бортовым комплексом всегда двустороннее с целью поддержания всех алгоритмов работы оборудования СНС в процессе обработки информации от спутников. Таким образом, оборудование класса С "встроено" в бортовой навигационный комплекс типа КС ПНО (FMS) и является его составной частью. В силу этого и ряда других факторов оборудование класса С считается более надежным, чем классов А и В. Это оборудование, как правило, не имеет своих органов управления и индикации, а обращение к СНС, управление оборудованием СНС класса С производится через многофункциональные пульта типа комплексного пульта радиотехнических систем (КП РТС, MCDU) системы КС ПНО (FMS). Оборудование СНС класса С взаимодействует не только с навигационным оборудованием ВС. Как датчик параметров полета (ϕ , X , h , UTC , W) оно используется в системах TCAS, ADS, дисплеях навигационной обстановки, ответчиках режима S и др.

Оборудование класса С делится на подклассы С1, С2, С3, С4, которые соответствуют подклассам В1, В2, В3, В4.

В табл. 2.2 перечислены требования TSO-C129 к рассмотренным классам оборудования.

Функция RAIM присуща бортовому оборудованию СНС классов А, В и С, которое имеет функцию наблюдения за достоверностью информации, получаемой от спутников. Ее назначение:

Класс оборудования	Наличие RAIM	Инерциальная система, обеспечивающая функцию RAIM	Район (этап) полета				неточный заход на посадку
			океанический	континентальный	аэроузел		
<i>Класс А — GPS датчик и навигационный вычислитель</i>							
A1	+		+	+	+	+	+
A2	+		+	+	+	+	Нет
<i>Класс В — GPS датчик с возможностями интегрирования в навигационной системе (т.е. КС ПНО (FMS), многофункциональная навигационная система)</i>							
B1	+		+	+	+	+	+
B2	+		+	+	+	+	Нет
B3		+	+	+	+	+	+
B4		+	+	+	+	+	Нет
<i>Класс С — GPS датчик с возможностями интегрирования в навигационной системе (как в классе В), которая обеспечивает расширенные возможности автоматического и директорного режима полета и уменьшение навигационных ошибок</i>							
C1	+		+	+	+	+	+
C2	+		+	+	+	+	Нет
C3		+	+	+	+	+	+
C4		+	+	+	+	+	Нет

Примечание. Знаком "+" обозначено наличие или возможность.

своевременно обнаруживать неустойчиво работающий спутник и исключать его из обработки для навигационных определений;

рассчитывать текущую ошибку определения координат и, сравнивая расчетное значение с максимально допустимым на данном этапе полета, предупреждать экипаж о выходе расчетной ошибки за предельные значения;

определять геометрию спутников в заданной точке, в заданное время и предупреждать экипаж о том, что требуемая точность и надежность навигации по СНС в этой точке не будут обеспечены, выдавать сообщение об отказе СНС в целом и невозможности ее использования для навигации.

Для решения этих задач бортовое оборудование СНС должно иметь функцию RAIM или ее эквивалента (AAIM). Обеспечение этой функции достигается обработкой сигналов, как минимум, одного дополнительного спутника. Такой алгоритм реализован в оборудовании классов A1, A2, B1, B2, C1, C2, и он заключается в том, что в целях RAIM производится несколько независимых определений, результаты которых сравниваются между собой. По результатам этих расчетов определяется четыре устойчиво работающих спутника и по этим "отфильтрованным" спутникам определяются навигационные параметры (ϕ , X , I). При этом "фильтрующие" расчеты при работе RAIM не используются для навигационных расчетов. Но если функция RAIM отфильтровала один из пяти видимых спутников, то RAIM перестает работать, о чем информируется экипаж ВС. Воспринимать такую информацию следует так: навигационные расчеты продолжают выполняться, но они никак не контролируются и нужно быть очень внимательным. Как правило, при пропадании RAIM должны быть предусмотрены специальные навигационные процедуры.

Если бортовым оборудованием СНС принимается информация шести спутников и более, то RAIM после исключения из обработки одного спутника и подключения другого продолжает работать и контролировать надежность навигационных определений.

Автономный контроль целостности на борту 5C(AAIM) является альтернативным способом контроля достоверности информации, получаемой от СНС. Он обеспечивается сравнением этой информации с навигационной информацией, получаемой от других навигационных систем, таких как ИНС, LORAN-C, DME. Такой способ реализован в аппаратуре подклассов B3, B4, C3, C4 и называется "эквивалент RAIM" или AAIM. Этот способ имеет только одно преимущество по сравнению с RAIM —

нет необходимости обрабатывать сигналы от одного дополнительного спутника, что позволяет продолжать навигационные определения с гарантией их достоверности при видимости только четырех спутников.

Использование информации о барометрической высоте при стыковке оборудования СНС с датчиком высоты производится в целях:

"согласования" навигационных определений, что существенно ускоряет процедуры математической фильтрации;

"поддержки" RAIM, когда барометрическая высота используется как сфера положения только для алгоритма RAIM и только в тех случаях, когда нет возможности осуществить RAIM по пятому спутнику (т.е. обрабатываются сигналы только от четырех спутников);

"поддержки" навигационных определений, когда барометрическая высота используется как сфера положения в режиме "Approach" (при вводе давления QNH) и при условии, что видимых спутников не хватает для работы оборудования в режиме "3D", т.е. при видимости трех спутников. При этом, как только в обработку включается четвертый спутник, навигационные определения (ϕ , X , h , UTC , W) производятся по этим четырем спутникам, а барометрическая высота поддерживает RAIM и выполняет функцию сглаживания.

Стыковка оборудования СНС с высотомером носит рекомендательный характер при использовании СНС как дополнительного навигационного средства. Но с переходом СНС в статус основного и самостоятельного средства навигации такая стыковка является обязательной в целях снижения вероятности прерывания RAIM.

Соблюдение требований TSO-C129 является обязательным для бортового оборудования СНС, устанавливаемого на воздушных судах, выполняющих полеты по ППП. Исключение составляет применение не сертифицированных по TSO приемников СНС при выполнении полетов по ПВП, когда соблюдаются все правила и процедуры их выполнения, а оборудование СНС используется для обеспечения навигации в районах, где наземные навигационные средства отсутствуют или ненадежны. Каких-либо требований к не сертифицированной аппаратуре не предъявляется, так как ее использование ограничено строгим выполнением установленных правил и процедур ПВП; такой способ использования приемников СНС считается "вспомогательным" и не влияет ни на ПВП, ни на процедуры при выполнении визуальных полетов.

При использовании оборудования СНС в качестве основно-

го навигационного средства в дополнение к требованиям TSO-C129 применяются наземные (GBAS) и спутниковые функциональные дополнения (SBAS).

В наземных и спутниковых функциональных дополнениях важное место отводится повышению точности определения места воздушного судна путем дифференциального метода корректировки спутникового сигнала.

Дифференциальный метод корректировки спутникового сигнала. Метод основан на относительном постоянстве значительной части погрешности СНС во времени и пространстве. Реализация дифференциального метода возможна при наличии двух приемоиндикаторов, один из которых находится на земле, а другой - на борту воздушного судна. Геодезические координаты наземного приемоиндикатора (именуемого контрольной станцией) в выбранной системе координат в WGS—84 или ПЗ—90 известны с высокой точностью. Точность определения координат контрольной станции должна быть не хуже: по широте и долготе 5 см, по высоте относительно поверхности эллипсоида 0,5 м. Контрольная станция принимает сигналы спутников и определяет текущие координаты, которые в дальнейшем сравниваются с координатами привязки контрольной станции. По результатам сравнения определяются поправки в координаты для данного района и для текущего момента времени. Полученные поправки передаются потребителям по специальной линии радиосвязи (рис. 2.6).

Данный метод приема сигнала относится к дифференциальному режиму работы СНС (DGNSS, LADGNSS) и позволяет повысить не только точность определения местоположения воздушного судна, но и целостность сигнала.

Дифференциальный режим используется в наземных и спутниковых функциональных дополнениях.

Наземная система функционального дополнения. Наличие наземной системы функционального дополнения (GBAS) позволяет обеспечить все виды захода на посадку, вылета и маневрирование на рабочих площадях аэродрома: ВПП, рулежных дорожках, перроне.

GBAS включает в себя наземные и бортовые подсистемы. Наземная подсистема с помощью ОВЧ-передачи цифровых данных обеспечивает бортовую подсистему данными для захода на посадку поправками, позволяющими увеличить точность определения координат воздушного судна и информацией о целостности видимых спутников GNSS.

GBAS выполняет следующие функции:

обеспечение поправок к псевдодальности;

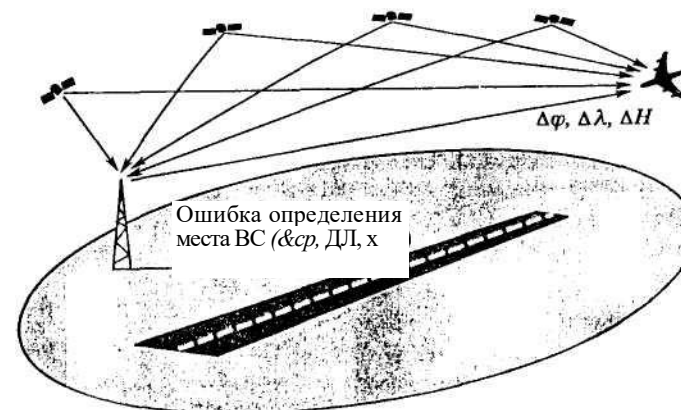


Рис. 2.6. Дифференциальный метод повышения точности определения места ВС

обеспечение данных для конечного этапа захода на посадку;
прогнозирование данных об эксплуатационной готовности дальномерного источника;

обеспечение контроля целостности источника дальномерных измерений GNSS.

Если наземная система функционального дополнения предназначена для обслуживания только в районе аэродрома, она имеет локальную зону действия и именуется как дополнительная система с локальной зоной действия (LAAS).

В наземных системах функционального дополнения LAAS станция слежения размещается в аэропорту или вблизи него. Сигналы такой системы принимаются воздушными судами в окрестности аэропорта на расстоянии 37 км. На рис. 2.7 представлена рабочая область LAAS при условии расположения передающих антенн в непосредственной близости от ВПП.

Спутниковые системы функционального дополнения. В SBAS представляется информация о целостности, дополнительные сигналы дальности и дифференциальная информация, что обеспечивает все виды полетов, в том числе и точные заходы на посадку, APV-I и APV-II.

SBAS состоит из трех отдельных элементов - наземной инфраструктуры, спутников SBAS и бортовых приемников SBAS.

Наземная инфраструктура включает сеть станций слежения и обработки, которые принимают данные от геостационарных спутников, рассчитывают целостность, поправки и дальномерную информацию, формирующие сигналы в пространстве

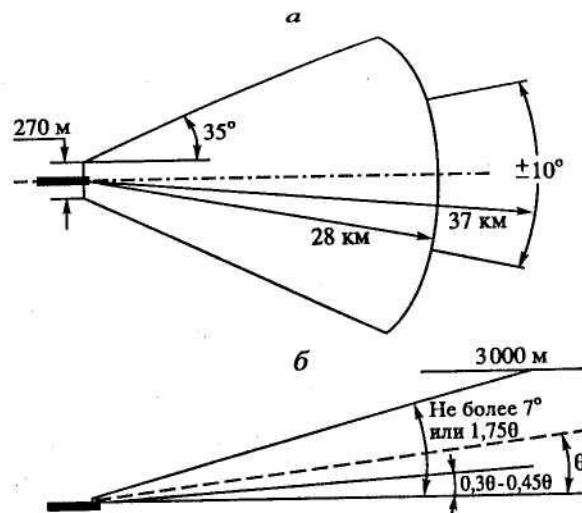


Рис. 2.7. Зона действия аэродромной LAAS:
а — вид сверху; б — вид сбоку

от спутниковых систем функционального дополнения. Спутники SBAS ретранслируют этот сигнал от наземной инфраструктуры на бортовые приемники SBAS, которые определяют информацию о координатах и времени от основной орбитальной системы GNSS и геостационарных спутников SBAS. Бортовые приемники SBAS получают дальномерную информацию и поправки и используют эти данные для определения целостности и уточнения измеренного местоположения воздушного судна.

Существуют несколько спутниковых систем функционального дополнения:

система с широкой зоной действия (WAAS) США;

Европейская геостационарная навигационная система с перекрытием (EGNOS);

Японская дополнительная система (MSAS) на базе многофункционального транспортного спутника MTSAT.

Космические сегменты SBAS включают в себя геостационарные спутники, расположенные на орбитах в плоскости экватора на высоте 36 000 км. Наименование спутников и их размещение на орбите по долготе (по состоянию на конец 2002 г.) дано в табл. 2.3.

Наземные сегменты спутниковых систем функционального дополнения. WAAS включает (по состоянию на конец 2002 г.):

Параметр	Спутниковые системы функционального дополнения		
	WAAS	EGNOS	MSAS
Космический сегмент	INMARSAT-III	INMARSAT-III;	MSAT-1
Количество спутников	2		
Наименование спутников	POR	AOR-W	AOR-E
Размещение по долготе	178°E	54°W	15,5°W
		ARTEMIS	IOR-E
			64,5°E
			MSAT-1
			140°E

* Информация отсутствует

25 широкозонных контрольных станций, предназначенных для контроля и наблюдения за состоянием навигационного поля;

2 широкозонные главные станции управления, предназначенные для обработки данных мониторинга;

6 наземных станций передачи данных космическому сегменту и распределительную сеть информационного обмена и связи. Перечисленные станции объединены в единую сеть линиями передачи и обработки данных. Рабочая область — от Мексиканского зал. до южной части Канады и Аляска с Алеутскими о-вами.

После окончания проекта по расширению WAAS планируется увеличить число контрольных станций до 48, головных до 6, станций передачи данных до 16, а число геостационарных спутников до 8.

Спутниковая система функционального дополнения EGNOS разрабатывается по инициативе государств Европейского сообщества. Использование EGNOS улучшит сервис космических сегментов GPS и ГЛОНАСС в Европейском воздушном пространстве. EGNOS способен передавать навигационный GPS-подобный сигнал, что эквивалентно увеличению числа спутников в созвездиях GPS — ГЛОНАСС. Кроме того, спутник EGNOS транслирует сигнал дифференциальной коррекции, а также сообщения о целостности системы, что делает возможным точный заход на посадку. Архитектура EGNOS включает:

космические сегменты GPS, ГЛОНАСС и три активных геостационарных спутника;

Т а б л и ц а 2.4

Операции (этапы) полета	Тип RNP	Общая архитектура функционального дополнения		
		Дополнительное средство	Основное средство	Единственно средство
Полет по маршруту	RNP1 и выше RNP 0,3	ABAS	ABAS	ABAS или ABAS+SBAS
Начальный или промежуточный участок захода на посадку, неточный заход на посадку, вылет		ABAS	ABAS или ABAS+ SBAS	ABAS или ABAS+SBAS
Неточный заход на .. посадку (с наведением в вертикальной плоскости)	RNP : 0,3/125	ABAS	ABAS или ABAS+SBAS	ABAS или ABAS+SBAS
Точный заход на посадку по категории I	RNP 0,02/40	ABAS+SBAS	ABAS+GBAS	ABAS+GBAS

Примечание. Пояснение к обозначениям типов RNP дано в подразд. 2.6.

40 опорных станций, расположенные во всей зоне обслуживания;

4 главных центра управления, расположенные в Великобритании, Германии, Испании и Италии;

6 наземных навигационных станций, находящиеся в Великобритании, Германии, Испании, Италии, Португалии и Франции.

Зона обслуживания — Восточная часть Атлантического океана, Европа, Средиземноморье, Северное море. Планируется расширение зоны обслуживания с включением районов Африки, Среднего Востока, СНГ, Южной Америки [21].

MSAS включает:

4 опорные станции мониторинга, расположенные в Японии;
2 станции мониторинга и измерения дальности, расположенные в Австралии и на Гавайях;

2 станции управления, расположенные в Японии;

сетевую систему связи.

Рабочая область — Восточная и Юго-Восточная Азия, Запад-

ная часть Тихого океана, Северная часть Австралии. С выводом на орбиту MSAT-2 рабочая область расширится.

Применение GNSS совместно с функциональными дополнениями позволяет выполнять операции с учетом соответствующего типа RNP (табл. 2.4) [2].

2.7. Концепция метода зональной навигации и применение требуемых навигационных характеристик

Метод зональной навигации. Значение термина "зональная навигация", появившегося в начале 80-х годов, на протяжении своего существования претерпело изменения. До 1994 г. зональная навигация означала метод навигации, позволяющий воздушным судам выполнять полет в пределах действия радиомаячных навигационных средств или в пределах, определяемых возможностями автономных средств или их комбинацией [4]. Значение действующего в настоящее время термина более лаконично и не привязано к конкретному типу бортового оборудования [22]: "**Зональная навигация.** Метод навигации, который позволяет воздушному судну выполнять полет по любой желаемой траектории".

Метод зональной навигации возможен при наличии на борту воздушного судна оборудования RNAV, которое автоматически определяет местоположение ВС на основе данных от одного или нескольких источников. Оборудование RNAV позволяет вычислять расстояние вдоль линии пути и значение бокового отклонения от линии пути, определять расчетное время полета до выбранной точки пути, а также обеспечивать ноль-вождение с непрерывной индикацией наведения по заданной траектории с использованием ПНП или ноль-индикатора. Кроме того, возможно представление широкого спектра вспомогательных навигационных данных.

В соответствии с положениями [14] к бортовому оборудованию RNAV относится оборудование, позволяющее автоматически определять местоположение воздушного судна на основе информации одного или нескольких различных источников: VOR, DME, LORAN-C, инерциальной навигационной системы и GNSS. Оборудование RNAV, как минимум, должно выполнять следующие функции:

вычислять расстояние вдоль линии пути и боковое отклонение от нее;

осуществлять определение расчетного времени полета до выбранной точки пути;

обеспечивать непрерывную индикацию и автоматическое наведение по траектории;

выполнять полет на выбранный пункт маршрута и параллельно линии заданного пути;

иметь обновляемую базу аэронавигационных данных;

формировать, выбирать и изменять план полета;

предоставлять летному экипажу информацию о надежности данных местоположения воздушного судна путем указания коэффициента качества;

обеспечивать индикацию информации об отказе навигационного оборудования.

Принципиально метод зональной навигации стал возможен с установкой на воздушных судах инерциальных навигационных систем (ИНС). В дальнейшем с совершенствованием ИНС появилась возможность корректировать численные координаты с помощью средств коррекции, таких как VOR/DME, OMEGA, LORAN, РСДН, GNSS. С применением GNSS метод зональной навигации стал возможен и без комплексирования ИНС с GNSS, однако в связи отсутствия 100 %-ной надежности GNSS и с целью повышения надежности навигации современное пилотажно-навигационное оборудование комплексировано с ИНС.

Элементы зональной навигации в гражданской авиации СССР впервые были реализованы в начале 60-х годов с появлением радиотехнической системы ближней навигации (РСБН). Наличие на борту воздушного судна блока управления счетно-решающего прибора (БУ СРП) позволяло выполнять полет по линии пути, не проходящей через навигационное средство наведения. Однако данный метод навигации не нашел широкого применения в СССР по нескольким причинам. С одной стороны, на территории СССР отсутствовало сплошное перекрытие рабочих областей, создаваемых РСБН, а с другой, — существуют жесткие требования со стороны органов УВД выполнять полет только по установленным воздушным трассам. Зональная навигация подразделяется на три типа: 2D-RNAV - наведение в горизонтальной плоскости; 3D-RNAV — наведение в горизонтальной и вертикальной плоскостях;

4D-RNAV - наведение в горизонтальной, вертикальной плоскостях и решение задачи по заданному времени.

Применение методов зональной навигации, по сравнению с обычными методами навигации, позволяет реализовать следующие мероприятия:

устанавливать более прямые маршруты между пунктами вылета и прилета;

188

устанавливать близко расположенные или параллельные маршруты для обслуживания более интенсивного потока воздушного движения на этапах полета по маршруту;

устанавливать обходные маршруты для воздушных судов, пролетающих над узловыми районами с высокой интенсивностью воздушного движения;

устанавливать альтернативные или резервные маршруты на плановой или специальной основе;

оптимально устанавливать схемы полета в зонах ожидания SID, STAR и захода на посадку;

сокращать количество наземных средств навигации.

Широкое применение метода зональной навигации всеми воздушными судами, выполняющими полет в конкретном регионе, позволяет использовать концепцию "свободный полет" (Free Flight) или "свободные маршруты" (Free Routes). Сущность концепции FreeFlight заключается в том, что между аэродромами вылета и прилета на участке от окончания SID до начала STAR полет выполняется по ортодромии.

В связи с интенсивным развитием к концу 80-х годов элементной базы микроэлектроники на воздушных судах появилось навигационное оборудование, которое существенно повышало точность навигации. В этой связи использование методологии обеспечения требуемых навигационных возможностей, базирующейся на обязательном наличии определенного состава бортового навигационного оборудования, по определению МВС, ограничивало применение проявившегося оборудования.

С повышением точности навигационных систем на основе использования приемоиндикаторов спутниковых навигационных систем необходимость повышения эффективности эксплуатации оборудования RNAV предопределила появление концепции требуемых навигационных характеристик (RNP).

Общие аспекты требуемых навигационных характеристик. Концепция RNP определяет требования к точности навигации воздушного судна, которое может быть установлено в определенном воздушном пространстве. RNP предназначены характеризовать воздушное пространство с помощью показателя точности, выдерживания навигационных характеристик воздушным судном, который называется типом RNP и который должен быть выдержан в процессе полета [15].

Тип RNP основывается на значении точности выдерживания навигационных характеристик по продольному и боковому направлениям, которые будут обеспечиваться в течение, по крайней мере, 95 % времени всеми воздушными судами, выполняющими полет в пределах установленного органом ОВД воздушно-

189

го пространства. При этом молено считать, что 95 % отклонений содержатся в пределах круга, центром которого является заданное МВС, а радиусом — значение типа RNP.

Типы RNP подразделяются на маршрутные, аэроузловые и аэродромные. Горизонтальная точность, выраженная в морских милях и километрах, для каждого маршрутного типа RNP следующая:

T_{linRNP}	I	4	ю	12,6	20
Горизонтальная точность:					
м.миля.....	±1	±4	±10	±12,6	±20
км	±1,85	±7,4	±18,5	±23,3	±37,0

Тип RNP 1 предусматривает обеспечение наиболее эффективных полетов по маршрутам ОВД и в аэроузловой зоне при использовании наиболее точной информации о МВС, а также применение метода зональной навигации, позволяющей получить наибольшую гибкость при организации маршрутов, изменении маршрутов и осуществление в реальном времени необходимых корректировок в соответствии с потребностями структуры воздушного пространства. Этот тип RNP предусматривает наиболее эффективное обеспечение полетов, использование правил полетов и организации воздушного пространства при переходе из района аэродрома к полету по маршруту ОВД и в обратном порядке, т.е. при выполнении SID и STAR.

Тип RNP 4 предназначается для маршрутов ОВД, основанных на ограниченном расстоянии между навигационными средствами. Он обычно используется в воздушном пространстве над континентом.

Тип RNP 10 предусматривает сокращение минимума бокового и продольного эшелонирования и повышает эксплуатационную эффективность в океаническом воздушном пространстве и районах, где возможности использования наземных навигационных средств ограничены.

Тип RNP 12.6 обеспечивает ограниченную оптимизацию маршрутов в районах с пониженным уровнем обеспечения навигационными средствами.

Тип RNP 20 характеризует минимальные возможности по точности определения МВС, которые считаются приемлемыми для обеспечения полетов по маршрутам ОВД любым ВС в любом контролируемом воздушном пространстве в любое время.

Для обеспечения возможности продолжения использования имеющегося навигационного оборудования без изменения существующей структуры маршрутов ОВД в некоторых районах

Таблица 2.5

Типовая операция(и)	Точность в горизонтальной плоскости 95 % (1, 3)	Точность по вертикали 95 % (1, 3)	Целостность	Время до предупреждения (3)	Непрерывность (4)	Эксплуатационная готовность (5)	Соответствующий(е) тип(ы) RNP
На маршруте	3,7 км (2,0 м. мили)	Не назначена	$1-10^{-7}/ч$	5 мин	От $1-10^{-4}/ч$ до $1-10^{-8}/ч$	От 0,99 до 0,99999	От 20 до 10
На маршруте, в аэроузловой зоне	0,74 км (0,4 м. мили)	Не назначена	$1-10^{-7}/ч$	15 с	От $1-10^{-4}/ч$ до $1-10^{-8}/ч$	От 0,999 до 0,99999	От 5 до 1
Начальный заход, промежуточный заход, неточный заход, вылет	220 м (720 фут)	Не назначена	$1-10^{-7}/ч$	10 с	От $1-10^{-4}/ч$ до $1-10^{-8}/ч$	От 0,99 до 0,99999	От 0,5 до 0,3
Заход на посадку с управлением по вертикали (APV-I)	220 м (720 фут)	20 м (66 фут)	$1-2 \cdot 10^{-7}$ за заход	10 с	$1-8 \cdot 10^{-6}$ в любое время 15 с	От 0,99 до 0,99999	0,3/125
Заход на посадку с управлением по вертикали (APV-II)	16,0 м (52 фут)	8,0 м (26 фут)	$1-2 \cdot 10^{-7}$ за заход	6 с	$1-8 \cdot 10^{-6}$ в любое время 15 с	От 0,99 до 0,99999	0,03/50

Таблица 2.5 (окончание)

Типовая операция(и)	Точность в горизонтальной плоскости 95 % (1,3)	Точность по вертикали 95% (1,3)	Целостность	Время до предупреждения (3)	Непрерывность	Эксплуатационная готовность (5)	Соответствующий(е) тип(ы) RNP
Точный заход на посадку по категории: I	16,0 м (52 фут)	От 6,0 м до 4,0 м (20-13 фут) (7)	1-2 • 10 ⁻⁷ за заход	6с	1-8 ■ 10 ⁻⁶ в любые 15 с	От 0,99 до 0,99999	0,02/40
II (поданным [20])	6,9 м (23 фут)	2,0 м (6,5 фут)	1-2 • 10 ⁻⁷ за заход	2с	1-8 ■ 10 ⁻⁶ в любые 15 с	От 0,99 до 0,99999	0,01/15
III (то же)	6,1 м (20 фут)	2,0 м (6,5 фут)	1-Ю ⁻⁷ за заход	1с	1-Ю ⁻⁷ в любые 15 с	От 0,99 до 0,99999	0,003

Примечания: 1. Для осуществления планируемой операции на самой низкой высоте над порогом ВПП, требуется 95 %-ное значение ошибки определения местоположения с помощью GNSS.

2. Определение требований к целостности включает границу предупреждения, в зависимости от которой оно может быть оценено. Значения границы предупреждения приведены в табл. 2.6. Диапазоны ограничений по вертикали для точного захода на посадку по категории I имеют отношение к диапазону требований к точности по вертикали.

3. Требования к точности и задержке срабатывания сигнализации включают номинальные эксплуатационные характеристики безотказного приемника.

4. В связи с тем, что требование непрерывности при полете по маршруту и в зоне аэродрома, при выполнении этапов начального захода на посадку, неточного захода на посадку (NPA) и операций вылета зависит от нескольких факторов, включая

предполагаемую операцию, плотность воздушного движения, сложность воздушного пространства и эксплуатационную готовность альтернативных средств навигации, для этого требования даются интервалы значений. Более низкое значение представляет минимальные требования для областей с низкой плотностью воздушного движения и простой структурой воздушного пространства. Более высокое значение соответствует областям с интенсивным движением и сложной структурой воздушного пространства.

5. Для требований эксплуатационной готовности дается диапазон значений, поскольку эти требования зависят от эксплуатационной потребности, которая основана на нескольких факторах, включая: частоту выполнения операций, погодные условия, масштаб и продолжительность отказов, эксплуатационную готовность альтернативных средств навигации, зону действия радиолокатора, интенсивность воздушного движения. Более низкие значения требований соответствуют минимальной эксплуатационной готовности, при которой система GNSS используется на практике, но не может адекватно заменить другие средства навигации (не GNSS).

Более высокие приведенные значения для маршрутной навигации соответствуют использованию GNSS в качестве единственного средства навигации в некоторой области. Более высокие приведенные значения для операций захода на посадку и вылета отвечают требованиям к эксплуатационной готовности в аэропортах с большой интенсивностью воздушного движения в предположении, что операции посадки и взлета на нескольких взлетно-посадочных полосах взаимосвязаны, но используемые отдельные эксплуатационные процедуры гарантируют безопасность операции.

6. Это требование является более строгим, чем точность, необходимая для соответствующих типов RNP, но оно находится в пределах характеристик точности, достижимых GNSS.

7. Для точного захода на посадку по I категории определен диапазон значений. Значение 4 м (13 фут) определяется техническими требованиями системы ILS.

8. Обозначения APV-I и APV-II относятся к двум различным уровням захода на посадку и посадки с вертикальным наведением и не предполагают эксплуатационного использования.

Таблица 2.6

Типовая операция	Порог срабатывания		Соответствующий(е) тип(ы) RNP
	по горизонтали	по вертикали	
На маршруте	7,4 км (4 м. мили)	Не назначено	20-10
То же	3,7 км (2 м. мили)	То же	2-5
То же, в зоне аэродрома	1,85 км (1 м. мили)	"	1
Неточный заход на посадку	556 м (0,3 м. мили)	"	0,5-0,3
APV-I	556 м (0,3 м. мили)	50 м (164 фут)	0,3/125
APV-II	40 м (130 фут)	20 м (66 фут)	0,03/50
Точный заход на посадку по I категории	40 м (130 фут)	15-10 м (50-33 фут)	0,02/40

или регионах может быть установлено значение RNP 5 (± 5 м. миль, $\pm 9,3$ км).

В тех районах, где выполняются полеты воздушными судами, точность навигации которых превышает требования RNP 4, и для контроля за движением воздушных судов используются средства независимого радиолокационного наблюдения, возможно применение ширины коридора ± 5 км ($+2,7$ м. миль), т.е. значение типа RNP 2,7.

В связи с тем, что плотность движения воздушных судов в аэроузловых зонах или в районе аэродромов превышает плотность движения по маршрутам ОВД, то для удовлетворения потребностей возрастающих объемов воздушного движения с целью повышения пропускной способности ограниченного воздушного пространства возможно применение более строгих значений RNP < 1.

В табл. 2.5 представлены требования к характеристикам сигнала в пространстве при использовании GNSS, которые отвечают требованиям для маршрутных, аэроузловых и аэродромных значений (RNP < 1) типов RNP [8]. Для аэродромных RNP в числителе дано значение RNP в горизонтальной плоскости в морских милях, а в знаменателе - в вертикальной плоскости в футах. Цифры 1—6 в скобках соответствуют порядковому номеру примечания к таблице.

Представленная в примеч. 5 концепция безотказного приемника пользователя применяется только в качестве средства определения характеристик для комбинаций различных элементов GNSS. Предполагается, что безотказный приемник должен быть приемником с номинальными характеристиками по точности и времени предупреждения. Предполагается также, что такой приемник не должен иметь отказов, которые затрагивают целостность, эксплуатационную готовность и непрерывность.

2.8. Производство полетов в условиях требуемых навигационных характеристик по маршруту

Основные требования к оборудованию зональной навигации. К оборудованию зональной навигации относится оборудование, которое позволяет выполнять полет по линии заданного пути при отсутствии наведения на навигационное средство, в качестве которого используются наземные маяки VOR или приводные радиостанции. При этом оборудование должно удовлетворять одному из типов RNP с учетом готовности, непрерывности работы и обеспечивать следующие основные функции:

индикацию о текущем местоположении воздушного судна в виде географических координат (ϕ, λ) или расстояния/пеленга и предоставление времени полета до выбранной точки пути;

выбор, ввод, изменение, пересмотр плана полета на любом этапе полета с использованием базы данных или вводимых географических координат;

возможность проверки и коррекции численных координат;

индикацию бокового отклонения от линии заданного пути;

возможность выполнять полет по смещенной параллельной линии пути и "Прямо НА" (GOTO или Direct-TO);

предоставление летному экипажу информации о надежности данных о местоположении воздушного судна путем указания коэффициента качества данных либо об отличии данных датчиков от вычисленного местоположения;

индикацию об отказе навигационного оборудования.

Кроме перечисленных основных функций оборудования RNAV при выполнении полетов в районах действия строгих RNP ($RNP < 1$), необходимы следующие функции:

генерация управляющих выходных сигналов для автопилота/командного пилотажного прибора;

отображение и представление 4D-RNAV;

обеспечение до 20 активных точек пути при полете в районе аэродрома;

индикация о приближении к точке пути (световая или/и звуковая);

возможность выполнения полета в зоне ожидания при минимальном вмешательстве летного экипажа;

обеспечение автоматического выбора навигационных средств, проверка целостности и обоснованности перехода на ручное управление воздушным судном;

выполнение контролируемого (управляемого) разворота;

индикация информации о невыдерживании требуемой точности навигации или целостности;

наличие внутренней бортовой навигационной базы данных.

Развороты в точках пути и контролируемый разворот. При осуществлении зональной навигации в отличие от традиционной навигации пункты маршрута именовываются точками пути — Waypoint (W/P или WP). При этом применяются два типа WP (рис. 2.8): Fly-by (Флай-бай) и Flyover (Флайовер). Пролет точки пути Fly-by осуществляется с упреждением на величину ЛУР. В точке пути Flyover разворот осуществляется в момент пролета этой точки. Развороты в WP выполняются с креном: 20° при полете по маршруту; 25° при заходе на посадку; 15° при выполнении процедуры вылета и прерванного захода на посадку.

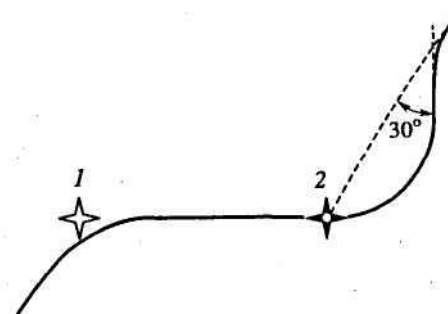


Рис. 2.8. Обозначение точек пути: 1 — Fly-by; 2 — Flyover

Указанные значения кренов при маневрировании в районе аэродрома являются рекомендованными. Разработчики схем вылета и захода на посадку, исходя из конкретных ограничений, могут использовать другие значения кренов.

В том случае информация публикуется на картах SID, STAR и APPROACH.

После прохождения точки Flyover выход на линию пути должен осуществляться с углом выхода не менее 30° .

При плотной сети параллельных маршрутов с RNP1 при углах разворота $30-90^\circ$ в точках пути выполняемые развороты должны быть контролируемые. При развороте в полет ветра траектория воздушного судна соответствует спирали разворота. Для предотвращения выхода воздушного судна за установленные границы воздушной трассы система RNAV должна выполнять разворот таким образом, чтобы ВС с учетом влияния ветра оставалось с вероятностью 95 % в пределах границы (рис. 2.9):

$$L = \pm(X + 1,9) / \cos(0,5\gamma P),$$

где $X + 1,9$ — половина ширины основной зоны воздушной трассы; здесь X соответствует значениям RNP, км; γP — угол разворота, град.

Для RNP 1 (1,85 км) при угле разворота 90° $L = \pm 5,3$ км.

База навигационных данных. При полетах в районах действия строгих RNP бортовая база навигационных данных должна удовлетворять следующим критериям:

быть достоверной и обновляться в соответствии с циклом AIRAC;

включать информацию о навигационных средствах, точках пути, необходимых для создания плана полета с учетом ухода на запасной аэродром;

целостность данных должна быть гарантированной;

информировать летный экипаж о сроке действия базы данных;

разрешающая способность информации должна соответствовать требуемой точности системы.

Одно из важных требований, предъявляемых к базам данных географических (точнее геодезических) координат точек пути,

Рис. 2.9. Контролируемый разворот для участка трассы с RNPI:

1 и 2 - соответственно дополнительная и основная зоны

является ■ использование геодезической системы отсчета WGS-84. Необходимо отметить, что некоторые государства используют другие системы координат.

Сведения об используемой для целей навигации геодезической системе координат государства публикует в AIP в разделе GEN 2.1.3.

Системы координат. Навигация невозможна без применения систем координат. При использовании СНС для целей навигации используется геоцентрическая система координат, в которой МВС определяется на поверхности общеземного эллипсоида (рис. 2.10): широта — ϕ , долгота — λ , высота от поверхности эллипсоида — h ; P — проекция МВС на эллипсоиде. Можно отметить, что в навигации обычно вместо геодезических координат используется понятие географические координаты. Причиной этого является то, что до появления СНС точность определения МВС была такой, что между названными системами координат не было необходимости делать различия.

Общеземной эллипсоид вписывается в тело Земли и в этой связи характеризуется следующими параметрами: a — экваториальный радиус; b — полярный радиус; e — сжатие эллипсоида; A_x, A_y, A_z — смещение центра эллипсоида (O) относительно центра масс Земли; $\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$ — углы поворота осей эллипсоида относительно осей пространственной прямоугольной системы координат X, Y, Z , в которой ось OZ совпадает с осью вращения Земли.

В 1994 г. ИКАО в качестве стандарта рекомендовало для всех государств с 1 января 1998 г. использовать Всемирную геодезическую систему координат - WGS-84 [9], так как в этой системе координат определяется местоположение воздушного судна при использовании GPS. Причиной этого является то, что применение местных геодезических координат на территориях различных государств (а таких систем координат более 200) приводило бы к дополнительной погрешности в определении МВС за

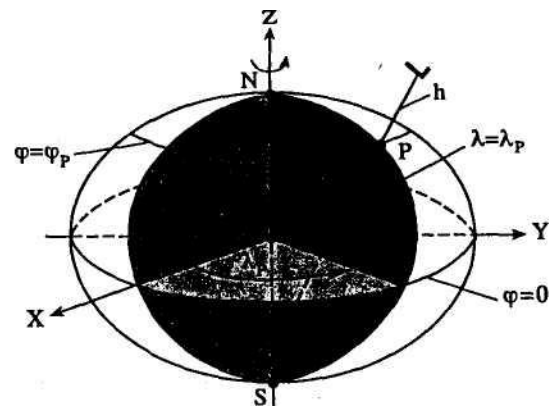
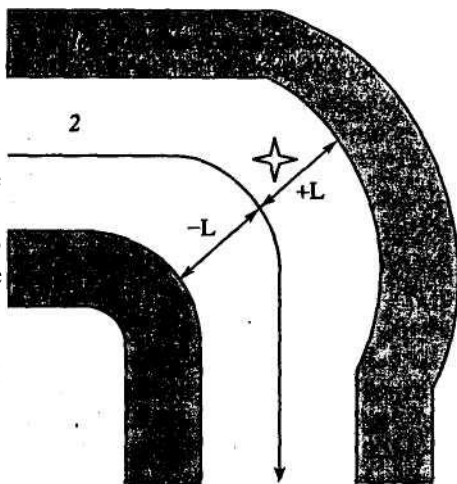


Рис. 2.10. Общеземной эллипсоид - система геодезических координат и высота

счет того, что введенные в приемоиндикатор СНС пункты маршрута принадлежат системе координат, которая отличается от WGS-84.

В соответствии с [7] в Российской Федерации в целях геодезического обеспечения орбитальных полетов и решения навигационных задач при использовании ГЛОНАСС используется геоцентрическая система координат "Параметры Земли 1990 г." (ПЗ—90), а, начиная с 1 июля 2002 г., для осуществления геодезических и картографических работ используется система геодезических координат 1995 г. (СК—95). Вполне естественно, что переход от системы геодезических координат 1942 г. (СК-42) к СК-95 займет определенный промежуток времени, прежде чем все навигационные пункты будут переведены в новую систему координат. В табл. 2.7 представлены параметры рассмотренных систем координат [17].

Из табл. 2.7 видно, что системы координат WGS-84 и ПЗ-90 практически тождественны. Из этого вытекает, что при полете по маршруту и в районе аэродрома при существующей точности определения МВС не принципиально, в какой системе координат будут определяться навигационные пункты. Однако если в базе данных приемоиндикатора СНС координаты навигационных пунктов будут представлены в СК—42 или СК—95, то это приведет к ухудшению точности определения МВС при использовании GPS и ГЛОНАСС. Дополнительно необходимо отметить, что в СК-95 так же как и в СК-42 используется один и тот же референц-эллипсоид Красовского, положение которого относительно центра масс Земли уточнено по отношению к СК—42.

Т а б л и ц а 2.7

Параметр	Обозначение	WGS-84	ПЗ-90	СК-95	СК-42
Большая полуось, м	<i>a</i>	6378137	6378136	6378245	6378245
Малая полуось, м	<i>b</i>	6356752,3	6356751,4	6356863,0	6356863,0
Сжатие	<i>f</i>	$298,2572 \cdot 10^{-4}$	$298,2578 \cdot 10^{-4}$	$298,3 \cdot 10^{-4}$	$298,3 \cdot 10^{-4}$
Смещение от центра массы Земли по оси, м					
X	<i>Bx</i>	0	1,1	25,90	25
Y	<i>Ay</i>	0	0,3	-130,94	-141
Z	Дг	0	0,9	-81,76	-80
Ориентирование относительно оси, углов, с:					
X	<i>ш</i>	0	0	0	0
Y	<i>щ</i>	0	0	0	-0,35
Z	шг	0	-0,16	-0,16	-0,66

П р и м е ч а н и е . Значения *Ax*, *Ay*, Дг и *соx*, *ту*, юг для ПЗ-90 даны относительно WGS-84, а для СК-95 и СК-42 относительно ПЗ-90.

На рис. 2.11 представлена методическая погрешность в определении места ВС при использовании СК-42 и WGS-84. Из рисунка видно, что для территории бывшего СССР погрешность находится в пределах 60—140 м [1]. Данная погрешность практически не оказывает влияния на требования к точности навигации при полете по маршруту и в районе аэродрома, однако при выполнении неточного захода на посадку может оказать значительное влияние. В этой связи необходимо помнить, что заход на посадку с использованием СНС может выполняться только в том случае, когда в базе данных приемоиндикатора СНС координаты выражены в WGS—84 или ПЗ—90.

Использование GNSS для точного и неточного захода на посадку предъявляет повышенные требования к точности определения и целостности к публикации геодезических координат порогов ВПП. Разрешение публикуемых данных для рабочего порога ВПП должно соответствовать 0,0Г, т.е. 30 см [9]. , **Требования к воздушному пространству.** RNP могут применяться на всех этапах полета. Тип RNP устанавливается и ис-

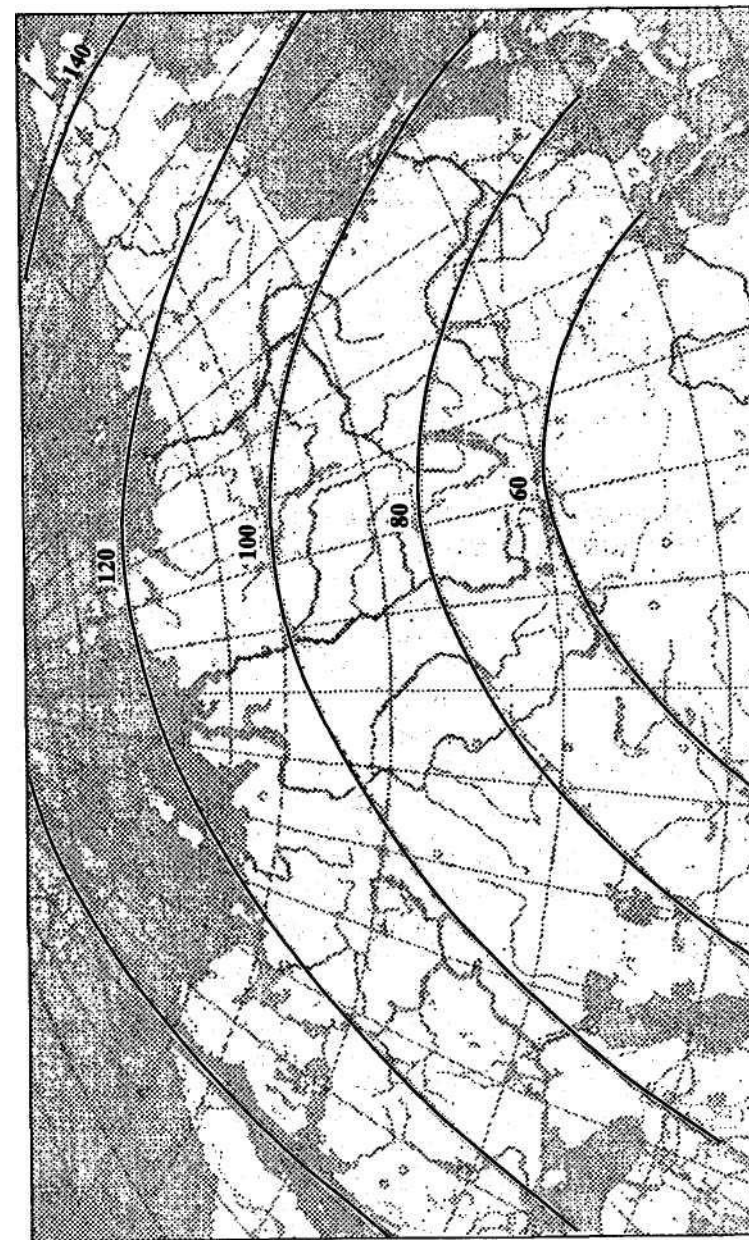


Рис. 2.11. Погрешность определения места воздушного судна (в метрах) с помощью GPS при использовании СК-42 и СК-95

пользуется авиационной администрацией государства. RNP могут использоваться на маршрутах, в том числе на фиксированных и резервных.

Фиксированными маршрутами RNP являются опубликованные постоянные маршруты ОВД, которые можно планировать для постоянного использования воздушными судами, утвержденными для выполнения полетов в условиях конкретного типа RNP. Фиксированные маршруты начинаются и заканчиваются в опубликованных пунктах передачи донесений и не обязательно определяются наземными навигационными средствами, такими как VOR или NDB. Маршрут RNP определяется точками пути — WP.

Резервные маршруты RNP могут быть использованы для выполнения полетов в условиях конкретного типа RNP в течение времени, устанавливаемом соответствующим органом ОВД. Время использования таких маршрутов публикуется в документах аэронавигационной информации. Резервные маршруты RNP могут быть использованы и на тактической основе с учетом потребности текущего потока воздушного движения.

С целью повышения пропускной способности воздушного пространства с интенсивным воздушным движением в воздушном пространстве районов полетной информации (РПИ) сопредельных государств может быть установлен район RNP, который включает несколько РПИ. В этом случае для такого района устанавливается единый тип RNP. В пределах района RNP орган ОВД может разрешать экипажу воздушного судна выполнять полет по не опубликованной линии пути в течение установленных периодов времени и (или) в пределах указанных диапазонов эшелонов полета.

В воздушном пространстве RNP применяется геоцентрическая система координат: ПЗ—90 [7] — на территории России; WGS—84 или ПЗ—90 — на территории иных государств.

При диспетчерском обслуживании в воздушном пространстве RNP в случае ухода воздушного судна с заданного маршрута (например, при отказе бортовых систем, выхода параметров навигационных средств за пределы установленных допусков или грубых ошибок) орган ОВД должен оказать воздушному судну необходимую помощь для возвращения его на линию заданного пути или вывода в точку пути [15].

Процедуры ОВД в воздушном пространстве RNP. Данные процедуры аналогичны существующим процедурам ОВД и тем, которые более эффективны при использовании метода RNAV. Например, возможность смещения задаваемой органом ОВД траектории относительно линии запланированного маршрута (па-

раллельное смещение). В некоторых тактических ситуациях смещение может применяться вместо радиолокационного наведения. В стратегических ситуациях смещение позволяет увеличивать пропускную способность ограниченного воздушного пространства.

Возможность выполнения контролируемых разворотов в поле ветра (без учета спирали разворота) при маневрировании в районе аэродрома позволяет органу ОВД более эффективно использовать воздушное пространство в зонах с интенсивным воздушным движением, что в свою очередь позволяет более точно стандартизировать, а следовательно, и упростить процедуры при обслуживании воздушного движения. Кроме того, основным преимуществом при использовании метода RNAV является спрямление маршрутов полета, что приводит к сокращению эксплуатационных расходов авиакомпаний.

В случае получения уведомления от летного экипажа воздушного судна об отказе оборудования RNAV или потери требуемой точности по выдерживанию требуемого типа RNP орган ОВД должен предпринять аварийные процедуры, направленные на увеличение интервалов продольного и бокового эшелонирования.

Практика выполнения полетов в районах полетной информации, в которых применяется метод зональной навигации, показывает, что процедуры ОВД существенно упрощены, а взаимодействие летного экипажа с диспетчерами УВД значительно сократилось.

Для облегчения планирования полетов по маршрутам зональной навигации ИКАО рекомендует обозначать воздушные трассы следующими индексами:

L, M, N, P — для маршрутов зональной навигации, являющихся частью региональной сети маршрутов ОВД (пример — L601);

Q, T, Y, Z — для маршрутов зональной навигации, не являющихся частью региональной сети маршрутов ОВД (пример — T783).

При установлении контролируемых разворотов для маршрутов с RNP1 для углов разворота в пределах 30-90° к индексу маршрута в зависимости от радиуса разворота добавляются буквы:

Y — при полетах на эшелонах 200 и выше, радиус разворота устанавливается 22,5 м. миль (41,7 км) (пример — N234Y[1]);

Z — при полетах на эшелонах ниже 200, радиус разворота устанавливается 15 м. миль (27,8 км) (пример — Q45Z[1]).

Цифра 1 в квадратных скобках указывает на применяемый тип RNP.

Использование стандартных маршрутов прибытия (STAR), основанных на RNAV, позволяет оптимизировать структуру воздушного пространства в районе аэродрома и существенно облегчить ОВД. Карты STAR, основанные на RNAV, имеют индекс RNAV STAR. Выполнение полета с использованием приемодикаторов СНС по маршрутам RNAV STAR повышает точность навигации и существенно снижает нагрузку членов летного экипажа. Применение STAR, основанной на концепции R-RNAVj для значений RNP1 позволит еще больше увеличить эксплуатационную вместимость воздушного пространства с позиции ОВД и сократить эксплуатационные расходы от использования таких маршрутов.

Использование схем захода на посадку с применением приемодикаторов СНС упрощает процедуры ОВД на основаниях:

- повышения точности навигации; >
- возможности оптимизации схем захода на посадку и ухода на повторный заход, без увязки с расположением наземных радиотехнических средств наведения;

- отсутствия помех для воздушных судов, заходящих на посадку, от воздушных судов, находящихся вблизи ВПП, что бывает при заходе по ILS;

- сокращения интервалов между воздушными судами, находящимися на последней прямой (интервалы ограничиваются только влиянием спутного следа).

Производство полетов с применением базового приемника GNSS и бортовых систем, утвержденных в соответствии с RNP. Основные требования, предъявляемые к базовым приемникам GNSS, следующие [10]:

- наличие функции контроля целостности, например RAIM;
- возможность выполнения схемы вылета/захода на посадку, выбранной из бортовой базы данных;
- возможность выполнения разворота с упреждением.

В отношении выполнения разворота с упреждением необходимо отметить, что некоторые типы приемодикаторов, например KLN-90B, не имеют данной функции.

До начала выполнения любого полета соблюдены следующие условия:

- члены летного экипажа прошли подготовку и допущены к выполнению навигационных процедур с применением GNSS;

- должен быть выбран запасной аэродром, оборудованный обычными навигационными средствами, если на основном аэродроме планируется выполнение захода на посадку по схеме "GPS - Approach" или RNAV GNSS;

- оборудование GNSS исправно;

- перед вылетом ко времени выполнения захода на посадку ± 15 мин выполнен прогноз RAIM.

Воздушные суда, оборудованные GNSS, считаются воздушными судами, оборудованными RNAV, и в этой связи в представляемом органу ОВД плане полета в поле 10 (Equipment/Оборудование) вносится буква R.

Если во время полета бортовое оборудование RNAV перестает работать, то командир воздушного судна должен информировать об этом орган ОВД фразой: "Negative RNAV". При установлении контакта с последующим органом ОВД в конце доклада включается фраза: "RNAV out of service".

Информация о пунктах маршрута на этапах вылета и захода на посадку содержится в базе навигационных данных. Если информация о пунктах маршрута схемы вылета/захода на посадку отсутствует или не соответствует опубликованному SID/STAR, оборудование RNAV нельзя использовать для выполнения полета по таким схемам. Запрещается вводить вручную отсутствующие или измененные координаты точек пути. Данные требования основаны на вероятности того, что возможно непреднамеренное введение членом летного экипажа координат с ошибкой.

Базовый приемник GNSS проверяет целостность сигналов (возможность использования) сигналов, полученных от созвездия спутников, посредством использования автономного контроля целостности (RAIM) с целью определения вероятности передачи спутником искаженной информации. Исходя из практики выполнения полетов, отказ RAIM возможен, когда имеется потеря спутникового сигнала из-за наличия помех, недостаточного числа спутников или неприемлемой геометрии расположения спутников, что приводит к большой погрешности определения местоположения ВС. Потери спутникового сигнала и предупреждения, выдаваемого RAIM, могут происходить вследствие динамических характеристик воздушного судна (изменение угла тангажа или крена могут вызвать затенения антенны частями самолета по причине нахождения самолета в значительном крене или тангаже). Необходимо особенно подчеркнуть, что поскольку пространственное положение спутников меняется, то предыдущий опыт выполнения полетов в конкретном аэропорту не является основанием постоянного приема сигналов, и в этой связи всегда следует проверять функционирование RAIM. Если RAIM не функционирует, то необходимо использовать другое навигационное оборудование для полета.

Базовый приемник GNSS работает в трех режимах: полет по маршруту (En route); в районе аэродрома (Terminal); заход на посадку (Approach).

Таблица 2.8

Характеристика базового приемника GNSS	Этап полета		
	Маршрут	Район аэродрома	Заход на посадку
Предел срабатывания сигнализации RAIM, км Масштаб CDI, км	±3,7	±1,9	±0,6
	±9,3	±1,9	±0,6

Пределы срабатывания сигнализации RAIM и масштаб указателя отклонения от линии заданного пути (CDI) автоматически связаны с режимами работы приемника и устанавливаются соответственно данным, указанным в табл. 2.8.

В некоторых типах приемоиндикаторов, например TNL-2000 Approach Plus, масштаб индикатора CID может задаваться вручную.

При выполнении полетов по ППП с использованием базового приемника GNSS необходимо ознакомиться со специальными извещениями NOTAM, касающимися состояния спутникового сегмента GNSS.

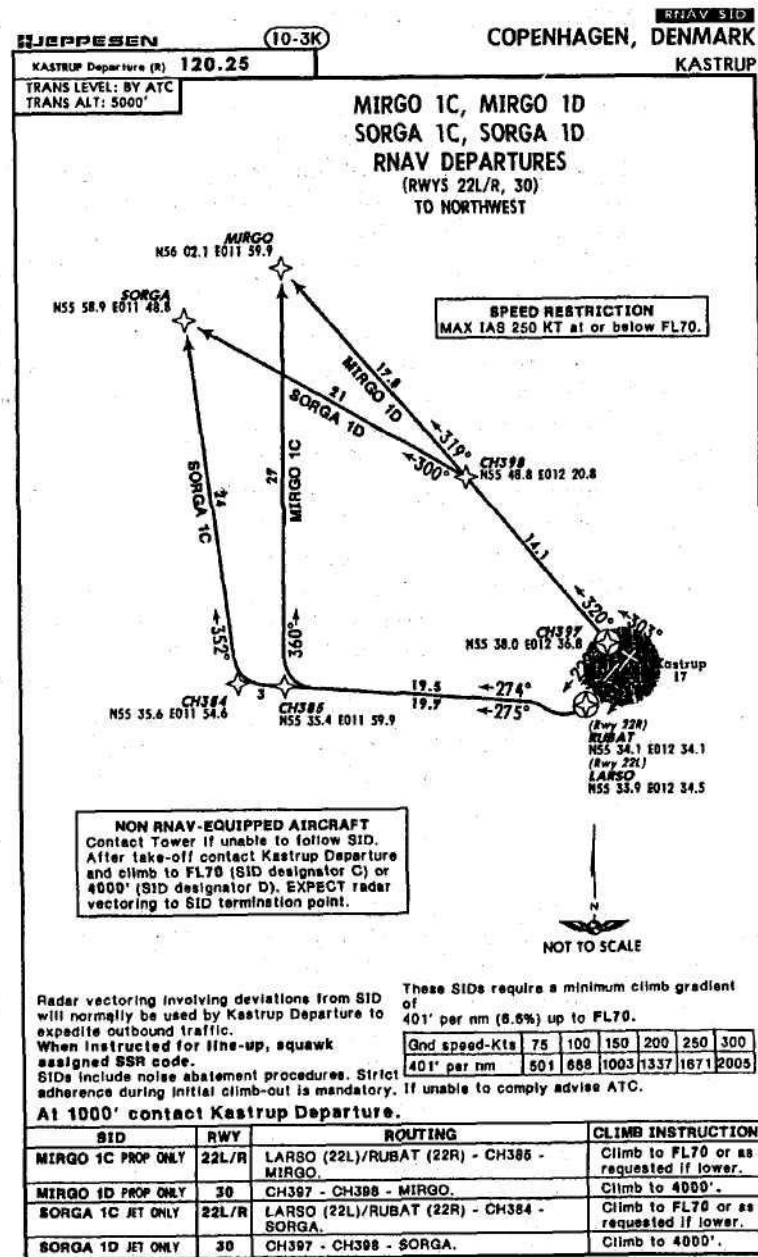
Различные типы базовых приемников GNSS могут отличаться по своим возможностям, и в этой связи члены летного экипажа должны четко представлять, какими функциональными свойствами обладает конкретный тип приемоиндикатора СНС.

В виду большого разнообразия типов базовых GNSS невозможно описать подробно навигационные процедуры, применяемые для каждого типа приемоиндикатора СНС. В этой связи далее изложены основные положения, которые применимы для любого приемоиндикатора СНС, имеющего функцию RAIM.

Перед началом эксплуатации базового приемника GNSS члены летного экипажа должны соблюдать процедуры предполетной проверки, изложенные в руководстве по летной эксплуатации воздушного судна и руководстве по производству полетов эксплуатанта.

Перед вылетом необходимо проверить, содержится ли в базе данных предполагаемая схема стандартного маршрута вылета (SID). Схемы вылета, основанные на применении метода зональной навигации, имеют маркировку RNAV SID (рис. 2.12).

При наличии в базе данных предполагаемого SID для планируемой ВПП вылета он должен быть внесен в план полета и проверен на идентичность опубликованному на карте SID. Чувств-



CHANO: tID, withdrawn t lra>L.Lrrr: ttaf l r.li>Uecl.

С ЯППО «ANOBSON. WC. leS. MM. AU. «Kurt WSOVIO.

Рис. 2.12. Карта RNAV SID (Воспроизведена с разрешения фирмы JEPPESEN GmbH и предназначена не для навигации, а только для информации)

вительность CDI устанавливается 1,9 км (1 м. мили). Не стоит устанавливать большую чувствительность вручную, так как для схем вылета, основанных на RNP1 (1,9 км), значение полуширины зоны учета препятствий составляет $\pm 4,63$ км, а допуск на технику пилотирования (FTE) принимается равным 0,9 км для всех точек пути, находящихся в пределах радиуса 30 км от контрольной точки аэродрома. Установка увеличенной чувствительности CDI потребует от пилота большего напряжения по стремлению удержать планку наведения в центре прибора типа ПНП. Полет по маршруту осуществляется в соответствии с очередностью WP, которые включены в план полета. Выбор чувствительности CDI зависит от типа RNP, установленного для маршрута полета. Для маршрута полета RNAV с RNP5 (9,3 км) чувствительность CDI устанавливается равной $\pm 9,3$ км, при этом FTE должен быть не более 3,7 км. Для маршрута полета RNAV с RNP1 (1,9 км) чувствительность CDI устанавливается равной $\pm 1,9$ км, а FTE должна быть не более 0,9 км.

Для полета по маршруту все точки пути являются точками Fly-by и в этой связи для повышения точности навигации начало разворота должно выполняться с учетом линейного упреждения разворота. В случае непреднамеренного запаздывания разворота выход на линию пути осуществляется под углом 30° . При этом крен в развороте должен быть не менее 20° .

Как показывает практика, с целью повышения пропускной способности воздушного пространства органы ОВД очень часто спрямляют маршруты полета с выщачей команды следовать на конкретный WP. В этой связи члены летных экипажей при эксплуатации приемоиндикатора СНС используют функцию GOTO. Использование данной функции предполагает, что летный экипаж может вызвать из базы данных WP, указанный органом ОВД.

Выполнение стандартного маршрута прибытия (процедуры STAR) возможно, когда для аэропорта намечаемой посадки в сборнике аэронавигационной информации опубликована карта STAR. При формировании плана полета перед вылетом не всегда имеется возможность включить заранее намечаемый для конкретной ВПП STAR. Чем больше в аэропорту рабочих ВПП, тем меньше шансов угадать предполагаемую ВПП посадки. В этой связи во время предполетной подготовки необходимо проверить имеющиеся в базе данных данные по STAR на соответствие картам STAR. Данная процедура обязательна и в силу того, что бортовая база данных обновляется в соответствии с циклом AIRAC через 28 дней, а карты STAR могут иметь другие сроки обновления: 7 или 14 дней.

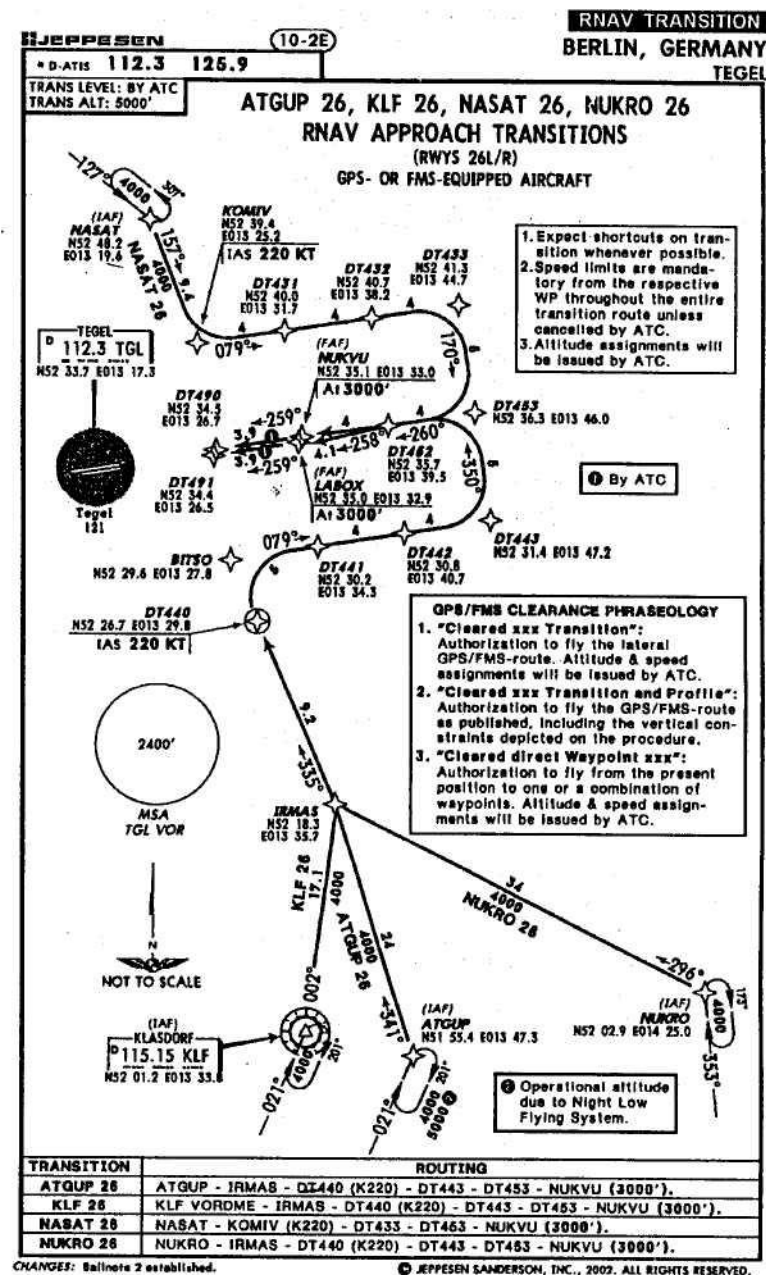


Рис. 2.13. Карта RNAV TRANSITION (Воспроизведена с разрешения фирмы JEPPESEN GmbH и предназначена не для навигации, а только для информации)

При проверке на соответствие STAR, имеющегося в базе данных, опубликованному на карте STAR, необходимо помнить, что окончанию STAR соответствует точка пути IAWP.

При выполнении схемы STAR с установленным значением RNP1 чувствительность CDI устанавливается равной $\pm 1,9$ км, а FTE должна быть не более 0,9 км.

В некоторых аэропортах после окончания STAR в точке IAWP может начинаться участок Transition вместо схемы захода на посадку (рис. 2.13). Участок Transition применяется при переходе от большего значения RNP, применяемого в схеме STAR, к меньшему значению RNP, применяемому на начальном и промежуточном участках захода на посадку.

В концепции RNAV следует различать схемы захода на посадку с использованием RNAV на основе базовых приемников GNSS и систем, утвержденных в соответствии с RNP [11]. С позиции навигационного наведения по глиссаде заход на посадку подразделяется на неточный заход на посадку (без наведения по глиссаде) и точный заход на посадку (с наведением по глиссаде).

Схемы захода на посадку с использованием RNAV на основе базовых приемников GNSS строятся с учетом определенных

критериев, которые не свойственны традиционным схемам. В этой связи в табл. 2.9 представлены основные характеристики базовых приемников GNSS и допуски на технику пилотирования, которые используются в качестве критериев при построении схем захода на посадку и вылета, знание которых позволит летному экипажу придерживаться требований по точности и безопасности навигации при заходе на посадку.

При неточном заходе на посадку с использованием GNSS навигационное наведение осуществляется только в горизонтальной плоскости (LNAV) (рис. 2.14) Данный тип захода на посадку подразумевает использование GPS только для осуществления навигации в горизонтальной плоскости.

При использовании в спутниковых системах функционального дополнения (SBAS) выполняется точный заход на посадку, так как навигационное наведение осуществляется как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях. В этом случае такой заход на посадку именуется как VNAV с вертикальным наведением методом BARO-VNAV с углом траектории 3° , но не более $3,5^\circ$. На рис. 2.15 представлена карта точного и неточного заходов на посадку с применением метода зональной навигации, основанного на GNSS, и спутниковой системы функционального дополнения с широкой зоной действия (WAAS).

Необходимо подчеркнуть, что в традиционном понимании к точному заходу на посадку относится такой вид захода, когда существует наведение по электронной глиссаде, формируемой ILS или MLS, или PAR. Заход на посадку методом RNAV GNSS-WAAS и LNAV/VNAV также относится к точному заходу, так как наведение осуществляется по глиссаде, вычисленной в бортовом компьютере. В этой связи к данному виду захода также применяется минимум "Высота принятия решения". На рис. 2.15 дано два значения минимума аэродрома, большее значение предназначено для использования воздушными судами, принадлежащими ВВС США.

Схемы неточного захода на посадку применительно к бортовым системам, утвержденным в соответствии с RNP, основываются на следующих типах RNP: RNP 0,5 (0,93 км) (только начальный участок захода на посадку) или RNP 0,3 (0,56 км) начальный, промежуточный и конечный участки захода на посадку. Схемы неточного захода на посадку не предусматриваются для RNP менее 0,3 м. миль (0,56 км).

В данных схемах при выполнении разворота выдерживается постоянный радиус, т.е. система обеспечивает разворот в поле ветра с переменным креном, обеспечивая навигационную точность, определяемую RNP.

Т а б л и ц а 2.9

: Параметр	Точки пути схем [захода на посадку и вылета]				
	IAWP	IWP	FAWP	MAWP	WP участка ухода на второй круг или схемы вылета
Точность навигационной системы ¹ , м	230	230	230	230	230
Допуск на выдачу предупреждения, связанного с RAIM ¹ , км	1,9	1,9	0,6	0,6	1,9
Время выдачи предупреждения, с	10	10	10	10	10
Допуск на технику пилотирования в поперечном направлении (2а), м	± 930	± 930	± 560	± 370	± 930
Продольное отклонение от линии пути (2а), км	$\pm 1,9$	$\pm 1,9$	$\pm 0,6$	$\pm 0,6$	$\pm 1,9$

¹ Включает все допуски на вычисления в системе. 210

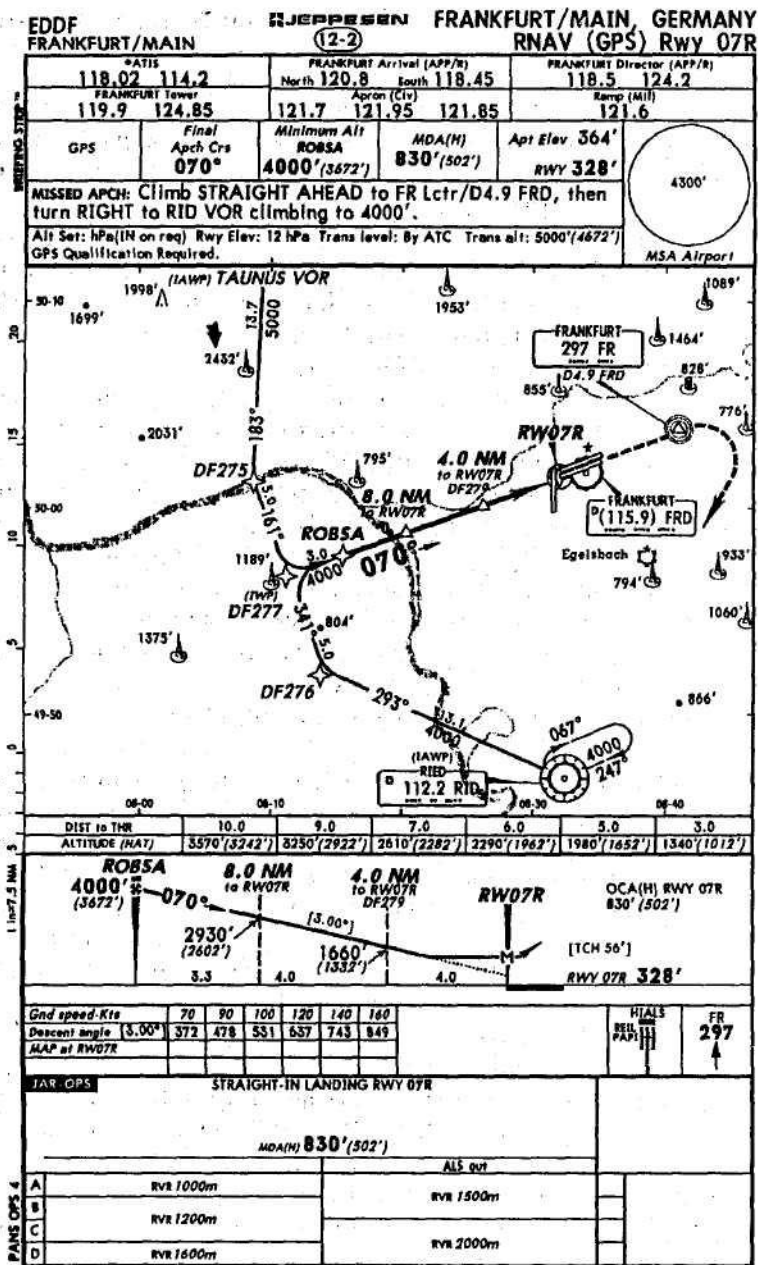


Рис. 2.14. Карта неточного захода на посадку с использованием GPS для горизонтальной навигации - LNAV (Воспроизведена с разрешения фирмы JEPPESEN GmbH и предназначена не для навигации, а только для информации)

Допуск на технику пилотирования в поперечном направлении при ручном управлении воздушным судном должен быть сведен к минимуму и не должен превышать 1/2 половины шкалы CDI (ПН П).

Схемы захода на посадку на основе RNAV/BARO-VNAV относятся к схемам с вертикальным наведением на конечном участке захода на посадку и для которых устанавливаются абсолютная/относительная высота принятия решения (ДА/Н). Данные схемы предназначены для воздушных судов, оборудованных FMS или другими системами RNAV, удовлетворяющие RNP 0,3 и менее, которые способны вычислять траекторию снижения на конечном участке на основе барометрической VNAV и выдавать отклонение на CDI (ПНП) относительно установленного угла траектории снижения. В тоже время необходимо учитывать, что свойственные барометрическим высотомерам неточности и характеристики конкретного используемого режима RNAV означают, что эти системы не могут обеспечить точность и целостность наведения, аналогично системе ILS.

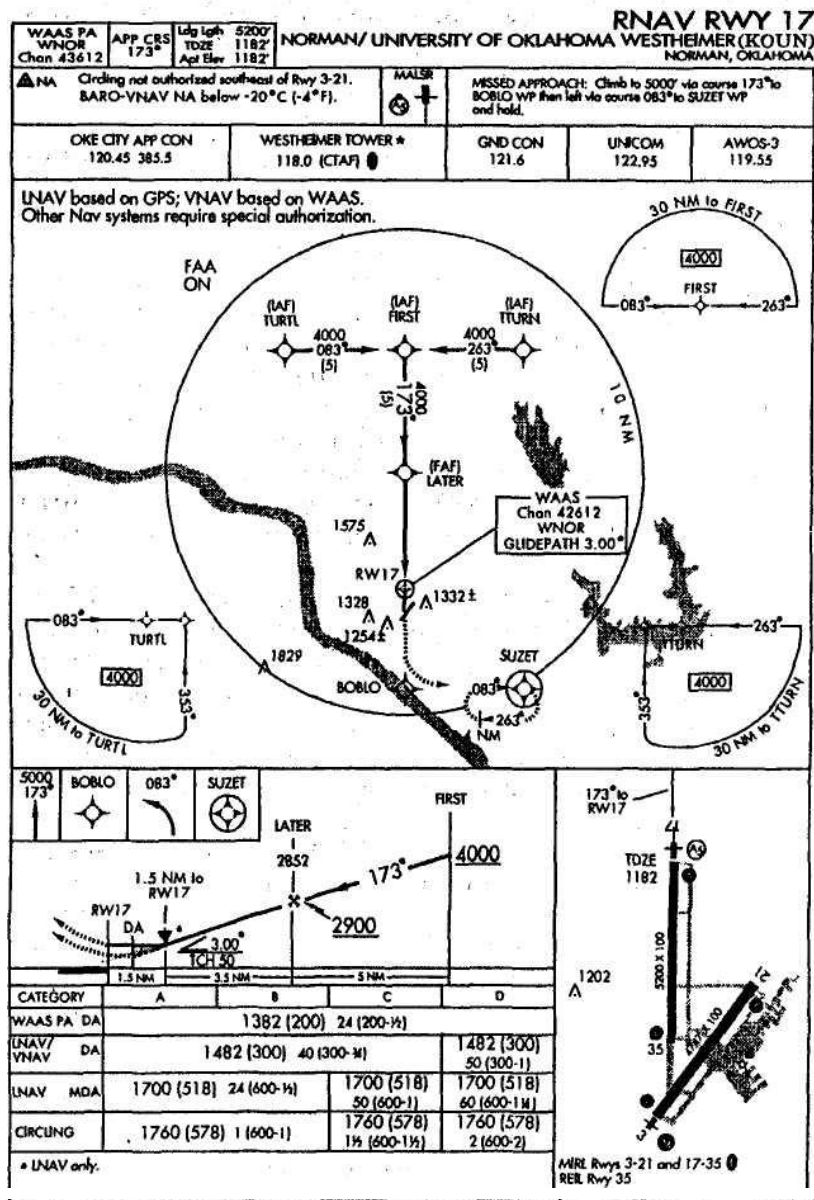
На схемах захода на посадку на основе RNAV/BARO-VNAV не устанавливается фиксированная точка конечного этапа захода на посадку (FAF). Данную точку заменяет точка конечного этапа захода на посадку (FA - Final Approach), которая определяет начало путевого угла, совпадающего с продольной осью ВПП, а в качестве точки ухода прерванного захода на посадку используется не MAPt, а ДА/Н, которая зависит от категории воздушного судна.

Для схем захода на посадку с VNAV устанавливаются эксплуатационные ограничения температуры наружного воздуха на аэродроме. Применительно к карте захода на посадку в аэропорту Notman (см. рис. 2.15) при температуре ниже -20 °C не разрешается использовать данную схему. Ниже этой температуры можно использовать схему LNAV при условии, что:

для выполнения захода на посадку опубликована схема захода на посадку по неточной системе с использованием RNAV и представлено значение минимальной абсолютной/относительной высоты пролета препятствий (ОСА/Н);

пилот учитывает температурную поправку высотомер на отклонение температуры наружного воздуха от стандартной атмосферы ко всем опубликованным на конечном участке высотам.

Ограничение по температуре, указанное на схеме, является следствием того, что при определении минимальной высоты



DKIAV DIA/V 17 Orio, W365 35°15'N→7°28'W NORMAN, OKLAHOMA
KINAV KWT 1/ NORMAN/ UNIVERSITY OF OKLAHOMA WESTHEIMER (KOUN)
A1-5072(FAA)

2.15. Карта захода на посадку с применением RNAV GNSS и WAAS

пролета препятствий при снижении на конечном участке захода на посадку плоскость ограничения препятствий рассчитывается для минимальной температуры на аэродроме, определяемой за длительный период.

Чувствительность вертикального наведения RNAV/BARO-VNAV у разных модификаций оборудования различная, но независимо от этого, пилот должен предпринять соответствующие действия и не допускать отклонений в вертикальной плоскости более +30 м вверх и -15 м вниз от VPA.

При выполнении схемы захода на посадку, загруженной из бортовой базы навигационных данных, предусматривается определенная последовательность действий. В зависимости от типа оборудования GNSS некоторые или все действия выполняются автоматически. Рассмотрим вопрос *изменения чувствительности применительно к приемоиндикатору KLN-90B*.

1. Активизация захода на посадку начинается за 56 км (30 миль) от контрольной точки аэродрома. При этом загорится табло "ARM" (Armed - взведено; в контексте - подготовлено). В некоторые приемоиндикаторы CHC после этого необходимо ввести значение давления QNH для получения приемником информации об абсолютной высоте полета, которая выполняет функцию дополнительного спутника, находящегося в центре Земли (см. термин *высотометрическая поддержка* в подразд. 2.1).

2. При наличии данного сигнала пилот должен включить режим захода на посадку, если он не подключается автоматически.

3. При включении режима захода на посадку базовый приемник GNSS переключается на чувствительность CDI ± 1,9 км, при этом предел срабатывания сигнализации RAIM устанавливается ± 1,9 км.

4. По достижении расстояния до FAWP 3,7 км предел чувствительности CDI и RAIM плавно меняются и в FAWP устанавливаются ± 0,6 км, соответствующие заходу на посадку. Кроме того, загорится табло "APR" (Approach - заход). При этом воздушное судно, по крайней мере за 3,7 км до FAWP, должно находиться с посадочным путевым углом и с отклонением от линии пути не более + 0,6 км.

5. Пилот должен убедиться в загорании табло "APR" до достижения FAWP, и если оно не горит или отменен режим захода на посадку в результате отмены автоматической чувствительности, то заход на посадку по GNSS прекращается.

6. При уходе на повторный заход после пролета точки MAWP чувствительность CDI изменяется автоматически на + 1,9 км.

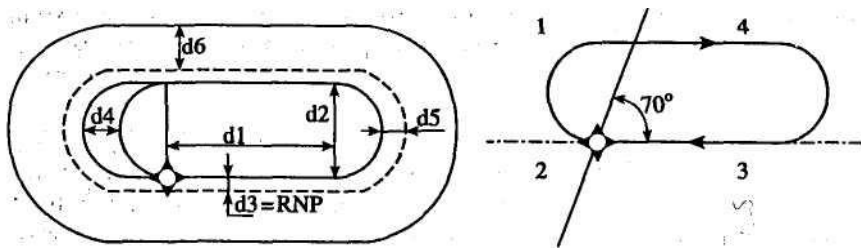


Рис. 2.16 (слева). Основные параметры зоны ожидания RNAV RNP

Рис. 2.17 (справа). Секторы входа в зону ожидания RNAV RNP

При выполнении полета в зоне ожидания существуют три типа зон ожидания:

основанная на фиксированной точке с применением в полете традиционных средств навигации (NDB, VOR, VOR/DME);

основанная на использовании оборудования RNAV на базе VOR/DME;

RNAV.RNP.

Далее рассмотрены положения по выполнению полетов в зоне ожидания RNAV RNP

Данная зона ожидания имеет одну точку пути (рис. 2.16), длину линии пути приближения и диаметр разворота. Предполагается, что воздушное судно, оборудованное системой RNAV RNP, сможет оставаться с вероятностью 95 % в пределах схемы зоны ожидания. На рис. 2.16 данная область ограничена штриховой линией.

Зона ожидания, основанная на RNP, определяется:

точкой пути ожидания, координаты которой выражены в системе WGS-84;

минимальной и максимальной высотами полета;

максимальной приборной скоростью полета в зоне ожидания;

путевым углом линии пути приближения;

длиной ($d1$) линии пути приближения;

шириной зоны ожидания ($d1$), зависящей от радиуса разворота;

значением RNP ($d3$);

расстоянием $d4$, используемым при построении защитного предела при входе с сектора 4; $d4 = 0,35d2$;

увеличенным значением RNP $d5$ при выполнении разворота;

шириной буферной зоны aB , которая определяется по большому числу из расчета $RNP + 3,7$ км или 9,3 км.

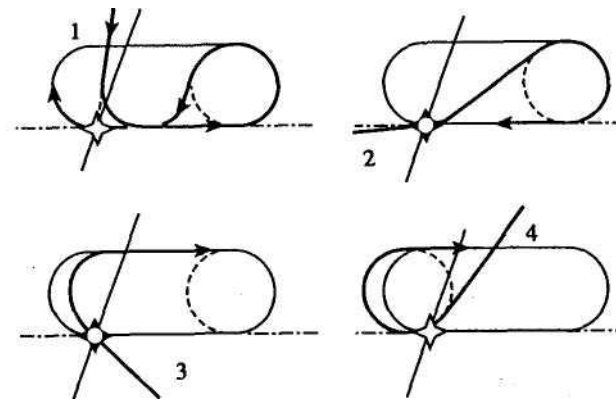


Рис. 2.18. Правила входа в зону ожидания RNAV RNP из секторов 1-4

Зона ожидания подразделяется на четыре сектора входа 1-4 (рис. 2.17). Правила входа из каждого сектора представлены на рис. 2.18. Точка пути, на которой основана зона ожидания, в зависимости от сектора входа может быть Fly-by или Flyover.

Ширина зоны ожидания определяется радиусом разворота с учетом следующих углов крена: для эшелонов полета менее 245 — 23°, для больших эшелонов — 15°.

При полете в зоне ожидания управление воздушным судном должно осуществляться в автоматическом режиме с учетом парирования влияния ветра на угол сноса на прямолинейных участках и изменением угла крена во время разворота.

1. Аникин А.М., Барабаш А.Н., Вовк В.И. Спутниковые навигационные системы: Метод, пособие / Под ред. А.В. Липина. - СПб.: АГА, Научный летно-методический комплекс, 1998.
2. Глобальный аэронавигационный план применительно к системам CNS/ATM. Том. I: Эксплуатационная концепция и общие принципы планирования. — Монреаль, ИКАО, 2000.
3. Дополнительные региональные правила: Doc. 7030. — Монреаль, ИКАО, 1987.
4. Инструктивный материал по применению зональной навигации (ЗНАВ) в европейском регионе / ИКАО (Европейское бюро). - 3-е Изд., 1989.
5. Интеграция глобальной системы организации воздушного движения: Путеводная нить для гражданской авиации в XXI веке. — Монреаль, ИКАО, 1997.
6. Концепция использования спутниковой навигационной системы ГЛОНАСС в гражданской авиации России: Письмо ФАС России № 2.13-434 от 04.06.99.
7. Об установлении единых государственных систем координат: Постановление Правительства Российской Федерации от 28 июля 2000, № 568.
8. Приложение 10. Авиационная электросвязь. Том. I: Радионавигационные средства. - Монреаль, ИКАО, 1996.
9. Приложение 15. Службы аэронавигационной информации. — Монреаль, ИКАО, 1997.
10. Производство полетов воздушных судов. Том 1: Правила производства полетов: Doc. 8168. - Монреаль, ИКАО, 1993.
11. Производство полетов воздушных судов. Том 2: Правила производства полетов: Doc. 8168. - Монреаль, ИКАО, 1993.
12. Ревнивых С.Г. Тенденции развития спутниковой навигации в Европе / Семинар "Проблемы координационно-временного обеспечения". 16.02.99. — Королев (Моск. обл.) / ЦУП ЦНИИ МАШ.
13. Рекомендации по внедрению и эксплуатационному использованию глобальной навигационной спутниковой системы (GNSS): Циркуляр 267-AN/159. - Монреаль, ИКАО, 1996.
14. Руководство по производству полетов с применением методов зональной навигации (RNAV): Doc. 9573, 1-е изд. - Монреаль, ИКАО, 1991.
15. Руководство по требуемым навигационным характеристикам: Doc. 9613. - 2-е изд. - Монреаль, ИКАО, 1999.
16. Словарь по международной гражданской авиации. — Монреаль, ИКАО, 1998.
17. Системы координат: Методы преобразования координат определяемых точек. ГОСТ Р 51794-2001. - М.: Госстандарт России. 2001.
18. Сетевые спутниковые радионавигационные системы / Шебшаевич В.С., Дмитриев П.П., Иванцевич Н.В. и др.; Под ред. П.П. Дмитриева и В.С. Шебшаевича. — М.: Радио и связь, 1982.

19 GLOBAL POSITIONING SYSTEM: Standard Positioning Service: Performance Standard / Department of Defense USA. - Washington. DC 20301-6000, October 2001.

20. GPS Risk assessment study: Final report. - USA, The Johns Hopkins University, 1999.

21. International conference GNSS-98. - Toulouse, France., 20-23 October, 1998

22 RTCA: Inc. Doc. No. RTCA/DO-208, Minimum Operational Performance Standards for Airborne Supplemental Navigation Equipment Using Global Positioning System (GPS), July 1991.

23 TSO C 129 - Airborne Supplemental Navigation Equipment Using Global Positioning System (GPS). 10 December 1992. - USA, Washington, 1993.

НАБЛЮДЕНИЕ

3.1. Термины и определения

Автоматическое зависимое наблюдение (ADS) — определено комитетом FANS как система, используемая службой УВД, посредством чего воздушное судно автоматически передает, используя канал связи, данные от бортовых навигационных систем, которые содержат идентификатор воздушного судна и его местоположение в трехмерных координатах.

Вторичный обзорный радиолокатор (SSR) — обзорный (пассивный) радиолокатор, который использует передатчики/приемники, транспондеры и другое оборудование для реализации режима наблюдения.

Канал передачи данных режима S — средства обеспечения обмена цифровыми данными в режиме S между наземными станциями и транспондерами в соответствии с установленными протоколами.

Моноимпульсный вторичный обзорный радиолокатор (MSSR) — вторичный радиолокатор, в котором для повышения точности измерения угловых координат и отстройки от импульсных синхронных помех реализован моноимпульсный режим.

Наблюдение — процесс информационного обеспечения участников воздушного движения, в той или иной мере ответственных за состояние, безопасность и регулярность авиационных перевозок, а также за проведение авиационных работ и испытаний авиационной техники, при котором предоставляется соответствующим образом структурированная информация о координатах воздушного судна и его состоянии, необходимая для принятия решений по управлению воздушным судном и организации воздушного пространства.

Наземная система обработки данных (FDPS) — система, обеспечивающая сбор и обработку полученной информации о состоянии воздушного пространства и предоставляющая ее диспетчеру в целях определения возможных конфликтов.

Первичный обзорный радиолокатор (PSR), иногда используется аббревиатура ATR — система радиолокаторов, которые ис-

пользуют отраженный от воздушных объектов радиосигнал, т. е. радиолокатор работает в активном режиме наблюдения за воздушным пространством, когда он в принципе способен зафиксировать любой объект, появившийся в зоне своего действия.

Режим A — обеспечивает получение ответов от транспондера воздушного судна с целью опознавания и наблюдения.

Режим C — обеспечивает получение ответов от бортового транспондера с целью автоматической передачи данных о барометрической высоте наблюдения.

Режиме A/C — режим, в котором ответы, посланные в режиме A, содержат информацию для опознавания воздушного судна, а ответы, посланные в режиме C, в дополнение к основной радиолокационной функции содержат еще и информацию о высоте полета.

Режим S — расширенный режим вторичного обзорного лока-тора SSR, позволяющий осуществлять запрос всех оборудованных SSR воздушных судов, а также адресный запрос соответствующим образом оборудованных воздушных судов и двусторонний обмен цифровой информацией между такими судами и запросчиком (т. е. выполнять функции избирательной адресации и линии передачи данных).

Сдвиг ветра (W/S) — изменение направления и (или) скорости ветра, включая восходящие или нисходящие потоки воздуха, такой интенсивности и величины, при которых воздушное судно резко смещается относительно исходной (заданной) траектории и требуется принятие действий по управлению воздушным судном.

Скейтер (squitter) — режим функционирования вторичного радара, базирующийся на спонтанной передаче сигналов транспондером.

Транспондер (ответчик) - приемник/передатчик, который генерирует собственное ответное сообщение (в документах ICAO - ответы) на запрос. При этом прием и ответы осуществляются, как правило, на различных частотах.

3.2. Роль наблюдения в системе CNS/ATM

В руководящих документах ICAO по концепции CNS/ATM отсутствует четкое определение функции наблюдения (surveillance) и соответствующего фрагмента в системе CNS/ATM. По этой причине необходимо рассмотреть семантику термина surveillance, поскольку именно это слово было выбрано авторами концепции CNS/ATM для наименования функции, которую перевели на русский язык словом наблюдение. Самый популяр-

ный у нас в стране англо-русский словарь Мюллера (Мюллер В.К. Англо-русский словарь: Академический проект. — СПб, 1996) дает следующие варианты перевода термина *surveillance* — надзор, наблюдение. Авиационный англо-русский словарь (Мурашкевич А.М., Новичков Н.Н. Англо-русский словарь по перспективным авиационно-космическим системам. — М.: Воениздат, 1993) переводит его как наблюдение, обзорная разведка, и указывает на английские синонимы: *intelligence*, *reconnaissance*. Здесь же дается пример использования этого термина *ocean surveillance* — наблюдение за океаном, обзорная океаническая разведка. Семантику анализируемого термина можно выявить еще из вариантов перевода слова *survey*, производным от которого является слово *surveillance*. Все тот же словарь Мюллера приводит следующие варианты этого термина, если он используется как существительное: 1) обозрение, смотр; 2) обозрение, обзор; 3) обследование, инспектирование; 4) отчет об обследовании; 5) межевание, съемка, промер; 6) план; 7) топографическое управление, как прилагательное — обзорный, как глагол: 1) обозревать, осматривать, изучать с какой-либо целью; 2) инспектировать; 3) производить земельную съемку, межевать; 4) проводить изыскания или исследование. Соответственно авиационный словарь дает термину *survey* следующие варианты перевода — наблюдение, визуализация, вести наблюдение (съемку). Как видно из этого перечня, содержание термина *surveillance* намного богаче обыденного перевода словом "наблюдение". В отличие от созерцательного наблюдения в термине *surveillance* присутствует деятельное начало — это обязательная стадия некоторой технологии, после чего принимается определенное решение. В английском языке употребление этого термина обязательно предполагает прагматический аспект — пользователя со своими целями и задачами, реализация которых предполагает получение соответствующей информации. Это информация должна быть структурирована или некоей целевой установкой (инспектирование), или результатами наблюдения (межевание, план). Сюда включаются обычный осмотр, обзор, и даже специальные исследования. Результаты наблюдений предполагаются зафиксированными каким-либо образом. Из материала этой главы будет видно, что именно в этом смысле и используется данный термин в концепции CNS/ATM.

Конечно, и в русском языке слова наблюдать и наблюдение могут использоваться также именно в таком "деятельном" смысле. Словарь синонимов (Л.: Наука, 1975) приводит следующие синонимы, позволяющие выявить семантику глагола наблюдать: наблюдать (сосредоточенно рассматривать что-либо

привлекшее внимание, вызвавшее интерес и т.п.), следить глазами, созерцать, заметить, подметить, отметить, обнаружить, увидеть, следить, надзирать, присматривать, приглядывать. Указанный смысл у обсуждаемого понятия явно чувствовался и отмечался в XIX в. Словарь В.И. Даля (Даль В.И. Толковый словарь живого великорусского языка. — Т. 2. — М.: Русский язык, 1989) дает следующее толкование слова наблюдать и производных от него терминов: "Наблюдать, *наблюсти* — рассматривать, внимательно сторожить, примечать; стеречь, пешись, надзирать; блюсти, соблюдать, хранить, держать... Наблюдение — действие по глаголу наблюдать и следствие, вывод его, что узнано" (с. 380). Приходится только сожалеть, что термин *Surveillance Radar* в свое время был переведен как обзорный радиолокатор, а видимо, уже с тех достаточно давних времен пришел в обиход УВД термин наблюдение, именно в "деятельном" смысле.

В качестве первого приближения к определению содержания понятия "наблюдение" можно использовать вариант, звучавший на II Международном симпозиуме "Аэронавигационная система России - проблемы и пути их решения" (Москва, 2000 г.): "Система наблюдения предназначена для получения точной, достоверной и надежной информации о местоположении и состоянии воздушных судов на автоматизированных рабочих местах диспетчеров для УВД на воздушных трассах, маршрутах вне трасс, в зоне подхода, круга и взлета по установленным процедурам" [36]. В этом определении в качестве пользователей результатов наблюдения называются только диспетчеры соответствующих центров и пунктов УВД. В этом случае между воздушным судном и Землей налаживается канал связи, по которому диспетчер осуществляет управление движением воздушного судна. Эта форма наблюдения может быть названа начальной, соответствующей принятым "командным" технологиям управления полетом воздушного судна, обусловленным, в свою очередь, практически полным возложением на диспетчера ответственности за безопасность полетов.

Концепция CNS/ATM призвана повысить ответственность пилотов воздушных судов за обеспечение безопасной навигации и осуществлять ее в районах, где отсутствует эффективное радиолокационное обслуживание (переводчики ICAO здесь употребляют словосочетание "в нерадиолокационных районах"). Эту задачу можно выполнить, если дать возможность пилоту в той или иной степени выполнять автономный полет. Все те средства, которые позволяют пилоту вести безопасный автономный полет, включая, конечно, и обеспечение упомяну-

тых действующих "командных" технологий управления полетом воздушного судна, также реализуют функцию "surveillance", а в системе CNS/ATM относятся к соответствующий подсистеме. В эту подсистему концепцией CNS/ATM включаются:

средства ADS, обеспечивающего передачу автоматических (или автоматизированных) докладов с борта воздушных судов об их местоположении и планируемых маневрах;

бортовую систему предупреждения столкновений TCAS;

режим S вторичного обзорного радиолокатора — расширенный режим работы вторичного обзорного радиолокатора, позволяющий осуществлять запрос всех оборудованных соответствующей аппаратурой воздушных судов, а также адресный запрос и двусторонний обмен цифровой информацией между воздушными судами и запросчиком, т. е. выполнять функции избирательной адресации и линии передачи данных;

наземные информационные средства (первичный радиолокатор, наземный метеолокатор и т.п.) с налаженной трансляцией данных на борт воздушного судна;

бортовые информационные средства оценки метеобстановки (прежде всего метео-РЛС переднего обзора с режимом предупреждения ветровых сдвигов); , системы предупреждения приближения к Земле;

системы посадки в условиях отсутствия визуальной видимости.

Однако следует обязательно подчеркнуть, что реализация всех этих функций, несмотря на некоторую автономность их выполнения, обязательно предполагает сброс соответствующей информации диспетчеру УВД по линии связи системы ADS. В результате местоположение воздушного судна отображается на дисплее диспетчера таким же образом, как в наши дни на дисплее радиолокатора. Таким образом, система ADS, прежде всего, выводит на качественно новый уровень используемые сегодня традиционные средства наблюдения. Можно говорить, что эта система стала выступать для диспетчера в роли "виртуального" радиолокатора, давая ему возможность формирования привычной радарной картины воздушного пространства вне зон действия обзорных радиолокаторов и без радаров. Здесь мы использовали термин виртуальный, который употребляется в инфологии, когда говорят о чем-то не имеющим явной физической реализации или который воспринимается иначе, чем реализуется. Например, виртуальная память соответствует пространству памяти, которое может рассматриваться потребителем вычислительной информационной системы, как "нормальная" адресуемая основная память, в которой виртуальные адреса преобразу-

ются в реальные адреса. Виртуальная клавиша представляет деталь изображения и используется для имитации функциональных "реальных" клавиш при помощи датчика. Одному виртуальному устройству может соответствовать несколько физических модулей, или одно физическое устройство может интерпретироваться как несколько виртуальных. Соответствие между виртуальными и физическими устройствами может меняться во время работы информационной системы. Иногда в этом случае также говорят, что дисплей диспетчера прозрачен для обслуживающего этот дисплей датчика информации. В теории электросвязи, говоря о физическом уровне эталонной модели взаимодействия ISO/OSI, используется термин "виртуальный канал" в качестве синонима для линии связи. Другим примером проявления виртуальности или прозрачности является проанализированная в гл. 2 стратегия получения требуемых навигационных параметров RNP.

Благодаря отмеченному обстоятельству о совместимости (виртуальной) системы наблюдения, разворачиваемой в рамках концепции CNS/ATM, и традиционного радиолокационного наблюдения новые ATM-технологии и соответствующие системы активно вмешиваются в реализацию традиционных "командных" технологий УВД. Очевидно, что с реализацией режима Surveillance очень тесно связана проблема оснащения воздушного судна эффективной системой отображения пилотажно-навигационных параметров.

Наблюдение позволяет диспетчеру контролировать выдерживание безопасных интервалов эшелонирования, эффективно организовывать использование воздушного пространства и оказывать помощь пилоту в обеспечении безопасной навигации воздушного судна, причем в эффективном диалоговом режиме, когда пилот может активно вмешиваться, конечно, в установленных пределах, в технологию реализации полета. Кроме того, автоматическое транслирование текущей информации о состоянии воздушного судна (включая, конечно, его кинематические характеристики) позволяет при принятии решений на Земле иметь самую полную и точную информацию о воздушном судне, поскольку она получена непосредственно на борту, а значит, является наиболее достоверной. Очень важно подчеркнуть, что на воздушном судне информация о его положении (координатах и скорости полета) получается с помощью навигационных средств, например, соответствующих спутниковых систем. Следовательно, режим наблюдения транслирует пилоту индивидуальные данные о воздушном судне, полученные каноническими бортовыми навигационными средствами. В этом проявляется

непосредственное взаимодействие функций навигации и наблюдения.

Можно совершенно безошибочно спрогнозировать основную тенденцию в развитии средств ОрВД (АТМ) — возрастание степени автономности действий пилота воздушного судна с увеличением соответствующей ответственности именно пилота за безопасность перевозок при более "изошренном" взаимном обмене информацией о состоянии воздушного пространства и намерениях участников движения. При этом роль режима наблюдения, и особенно ADS, будет непрерывно возрастать, поскольку именно он выступает гарантией реализации соответствующих технологий ОрВД (АТМ).

Важно отметить, что реализация функции наблюдения диалектически связана с реализацией функций электросвязи и навигации — без двух последних не может быть наблюдения, поскольку в этом случае не может быть условий для передачи и получения необходимой для ОрВД (АТМ) информации, а отсутствие наблюдения сводит на нет любые усилия по оптимизации траектории и режима полета воздушного судна. Своевременное информирование о местонахождении воздушного судна и надежные средства связи — ключи к эффективной работе системы ОрВД (АТМ). Для того чтобы успешно управлять воздушным движением, наземным службам УВД необходимо постоянно знать местоположение воздушного судна и иметь постоянную возможность оценить его текущее состояние.

Чтобы прочувствовать отмеченную диалектику взаимосвязи электросвязи, навигации и наблюдения, нужно зафиксировать различия в их семантике. Электросвязь при таком анализе нужно отставить, поскольку она играет роль одного из технических средств осуществления функции наблюдения. С точки зрения систем электросвязи, функции наблюдения реализуются на сеансовом, представительном и прикладном уровнях эталонной модели ISO/OSI (см. подразд. 1.2). Между навигацией и наблюдением связь гораздо интереснее и позволяет более четко очертить границы наблюдения. Как известно, каноническое определение навигации (применительно к ГА) сводит содержание этого понятия к процессу управления движением центра масс воздушного судна по заданным или оперативно выбираемым траекториям. Всякая технология управления в явной или в завуалированной форме представляет комплекс взаимоувязанных процедур — оценка состояния управляемой системы и поиск закона управления данной системой. Уже здесь отмечалась "индивидуализация" использования воздушным судном навигационных средств при реализации функции наблюдения. В данном, случае

декларируемое навигацией управление предполагает определение кинематических координат (положения, скорости) воздушного судна и формирование траектории. И та, и другая задача решаются в "системе координат", навязанной экипажу воздушного судна извне. Мы взяли здесь в кавычки термин система координат, поскольку этот сугубо математический термин используется в качестве отражения той точки зрения, что экипаж использует внешние для него источники информации — точки расположения пунктов дальней и ближней навигации, Северный или Южный магнитные полюса, разнообразные ориентиры, промежуточные, конечные и начальные пункты маршрута и формируемые ими в пространстве траектории систем посадки и т.п. Соответственно формируются и законы управления, базирующиеся на знании указанных навигационных ориентиров, линий и поверхностей.

Организуемая в рамках концепции CNS/АТМ процедура наблюдения все более и более подходит к формированию технологии управления полетом воздушного судна с точки зрения самого судна. Теперь центр используемой "системы координат" все больше переносится как бы на воздушное судно. В литературе по концепции CNS/АТМ эту мысль часто любят формулировать афористично: "Концепция CNS/АТМ обеспечивает переход с наземных систем УВД на управляемую среду с совместной ответственностью (Transition from ground-based air traffic control to a managed environment with shared responsibility)". Правда, все указанные переносы системы координат все равно обязательно предполагают, что положение самого воздушного судна, как и всех других воздушных судов, известно в одной и той же системе координат — географической или еще какой-либо (однако до сих пор в нашей стране не внедрена единая геодезическая система координат WGS—84). Именно воздушное судно становится базой для всех формируемых для него процедур управления, хотя его местоположение оценивается в единой для всех воздушных судов системе координат. После передачи данных диспетчеру в рамках функции наблюдения они автоматически становятся привязанными к данному судну, как к источнику получения информации, хотя и получены методами обычной "внешней" или "внутренней" (например, с помощью бортовых инерциальных систем) навигации. Теперь диспетчер (и уж конечно пилот воздушного судна), формируя команды на управление воздушным судном, "глядит на все" глазами именно его экипажа. Например, если воздушное судно совершает посадку, то положение ВПП относительно воздушного судна передается данными, соответствующими наблюдению, а положение воздушного суд-

на относительно посадочных средств, фиксирующих ВПП, уже является навигационной информацией. Таким образом, одна и та же информация может выступать как результат наблюдения или проведения навигационных измерений. В этом случае, полет по визуальным ориентирам, как и автономное для воздушного судна управление, являются "в чистом виде" технологиями управления полетом, базирующимися на результатах наблюдения (с борта воздушного судна). Полет воздушного судна по жестким директивам диспетчера базируется на наблюдении воздушного судна уже диспетчером (наземными или иными — "небортовыми" — информационными средствами), что сводится к "диспетчерско-наблюдательной" трактовке полученной информации: где находится воздушное судно относительно других участников движения и относительно заданной для него траектории.

Концепция Free Flight, о которой говорилось во введении к книге, предоставляет экипажам воздушных судов возможность самостоятельно выбирать траекторию полета по маршруту, скорость и профиль полета. При этом должны обеспечиваться условия безопасного разведения воздушных судов, установленные для полетов по приборам. Возможное вмешательство диспетчеров при этом становится средством, гарантирующим безопасность выполнения полетов и правильное функционирование автоматических систем.

Промежуточный вариант, соответствующий реализации концепции CNS/ATM, соответствует взаимному (автоматическому) обмену информацией, превращающему ее в наблюдательную. Здесь важно отметить, что данные о полете и состоянии воздушного судна, формируемые в рамках реализации функции наблюдения, и для пилота и для диспетчера выступают в качестве именно наблюдательной, а не навигационной информации. Наблюдательная информация, как правило, привязана к одной и той же системе координат, в ней содержатся данные о точном моменте измерения координат бортовыми средствами, о характеристиках погрешностей измерений. Навигационная информация обычно привязана к воздушному судну, как центру некоей системы координат. Естественно, что от наблюдательной информации всегда можно перейти к навигационной, используемой, например, при автономном пилотировании воздушного судна. Как правило, такого перехода и не требуется — изначально источник наблюдательной информации — именно бортовые средства.

Используя эталонную модель ISO/OSI, можно следующим образом сформулировать функцию наблюдения: наблюдение —

|это синтез функции электросвязи, обеспечиваемой модулями «физического, канального, сетевого и транспортного уровней, и функции навигации, предоставляющей от навигационных датчиков на сеансовый, представительный и прикладной уровни информацию для трансляции о местоположении воздушного судна и его состоянии, причем информация о состоянии поступает от соответствующих бортовых датчиков. Совершенно не должно смущать то обстоятельство, что при таком подходе функция наблюдения формируется по существу только с помощью систем электросвязи и навигации — функцию наблюдения обеспечивают аппаратные и программные модули, осуществляющие реализацию интерфейсов и протоколов, ответственных за реализацию функции наблюдения. Например, модуль вторичного радиолокатора SSR, обеспечивающий режим S (а также и другие режимы), прямо подходит под определение интерфейса, используемое в теории информационных систем (правда, при этом радиолокатор SSR рассматривается уже как навигационное средство, а не как система наблюдения по требованию канонов концепции CNS/ATM). Это положение является полностью соответствующим эксплуатационной точке зрения, которой пронизана вся концепция CNS/ATM, а не ставится в зависимость от используемого состава аппаратуры, как это делалось прежде. Сейчас, как правило, придерживаются следующей классификационной схемы для "неэлектросвязных" радиотехнических средств УВД [22, 69]: ' радиотехнические системы навигации, включающие радиопеленгационные; угломерно-дальномерные системы, бортовые системы предотвращения столкновений воздушных судов, радиотехнические системы дальней навигации, автономные радиотехнические устройства навигации;

радиотехнические системы посадки, включающие радиомаячные системы посадки диапазона метровых волн и сантиметрового диапазона волн;

автоматизированные системы управления воздушным движением, включающие первичные радиолокационные станции обзора воздушного пространства, вторичные радиолокационные системы, системы отображения информации. Из этого перечня видно, что системы наблюдения "развалились" по всем классам. Эта система классификации, не ориентированная на эксплуатационные технологии, содержит изъяны. Например, первичные и вторичные РЛС, входящие в автоматизированные системы управления воздушным движением, прямо попадают под юрисдикцию задач, решаемых в навигации в смысле приведенного ранее определения навигации (заимст-

вешанного из [22]). Да так, наверное, и есть — по своей сути они как раз навигационные средства, по крайней мере, для диспетчера. Часто все три перечисленные класса в учебно-методической литературе объединяют общим понятием "Радиотехнические (радиоэлектронные) средства навигации".

Таким образом, выделение такой чисто эксплуатационной функции, как наблюдение, потребовало новой классификации используемых в ГА информационных средств, некоторые средства перешли из навигационных в класс средств наблюдения, а также выявление в прежней аппаратно-программной среде (электросвязно-навигационной) некоей системы, обеспечивающей функцию наблюдения. Повторяем, с точки зрения прежних воззрений на радиоэлектронное обеспечение УВД, когда акценты в проведении классификации и эксплуатации шли от состава аппаратуры, выделение систем наблюдения в отдельный класс отнюдь не требуется. Указанная многофункциональность программно-аппаратной среды стала возможной из-за аппаратной интеграции [74] (при этом одна система обеспечивает реализацию функций нескольких прежних систем), базирующейся на успехах современной микроэлектроники, и усиления роли программных модулей в реализации необходимых для ГА функций. По существу, системы наблюдения формируются виртуально на базе совокупности информационных средств, реализующих функции электросвязи и навигации. Вероятно, это соображение было одним из мотивов того, что в названии концепции CNS/ATM функция наблюдения в "структурной" части (до кривой черты) авторами была поставлена на последнее место.

Здесь можно усмотреть действие одного из основных законов системологии — любая система развивается так, что ее усложнение за счет наращивания аппаратных и программных средств сопровождается еще большим (экспоненциальным) возрастанием ее функциональных возможностей (реализуемых системой функций, обеспечивающих ее адаптацию к изменяющейся внешней среде). За каждой функцией, определяющей функциональные возможности, стоит некая виртуальная подсистема, образуемая аппаратными и программными средствами "материнской" системы. При эксплуатации системы на первый план выступают именно функции со своими виртуальными программными и аппаратными носителями.

Итак, развитие функции наблюдения предполагает перемещение используемой в процессе УВД любой "системы координат" (бортовой и наземной), как единой для всех воздушных судов, так и локальной. Это является следствием того, что все информационные датчики, сигнализирующие о состоя-

нии воздушного транспортного пространства и воздушных судов, вместе со средствами сбора, обработки, передачи и отображения информации технически и организационно увязываются в единые по замыслу, пространству и времени системы CNS/ATM для обеспечения задач, решаемых в ГА. Эти системы после их создания рассматриваются в качестве основного, т. е. информационного элемента системы управления ГА различных уровней. В этой связи можно отметить очень интересную тенденцию в развитии дисплеев для воздушных судов, Правда, в основном, военной (государственной) авиации. Поскольку местоположение воздушного судна в единой системе координат с установленной точностью полностью известно, то бортовой компьютер для текущего положения воздушного судна может теперь предъявить экипажу препарированные сведения (т. е. в них устранена избыточность информации с точки зрения экипажа воздушного судна) об окружающей обстановке. Тот же компьютер размечает это пространство по степени опасности для экипажа, по рекомендуемым трассам и т.д. После реализации подобных процедур удается реализовать технологии управления воздушным судном, где экипаж обеспечивается дисплеями, позволяющими видеть окружающую обстановку и свое воздушное судно "со стороны", "извне". Здесь уже экипаж управляет воздушным судном исходя из задач организации соответствующего воздушного транспортного пространства. С возрастанием интенсивности перевозок и переходом на автономные технологии управления полетом судна возникает интересная задача — сформировать для экипажа виртуальное пространство, размеченное таким образом, чтобы экипаж мог управлять воздушным судном, обеспечивая заданное отклонение от присутствующих в виртуальном пространстве разнообразных ориентиров: глиссады, маркеров, зоны предупреждения, интересующих объектов, других воздушных судов и т.д. Это остается основной философией создания дисплеев для экипажа (характерный пример — индикация на лобовом стекле самолета).

На наш взгляд, только такая трактовка функции наблюдения, устанавливающая различие в подходах получения и использования навигационной информации может объяснить декларируемое концепцией CNS/ATM объединение в один класс таких систем, как "канонические" для реализации функций наблюдения: первичный радиолокатор, систему ADS, вторичный радиолокатор с режимом S, так и "неканонические" системы TCAS, метео-РЛС, предупреждения приближения к Земле и т.п. Информацию о состоянии воздушного судна, полученную "не-

каноническими" системами наблюдения можно непосредственно использовать в автономном полете, не дожидаясь указаний диспетчера. Информация же от системы ADS или полученная в режиме S предназначена именно диспетчеру для сопоставления ее со всей информацией, поступающей к нему от всех участников движения.

Таким образом, канал связи "борт воздушного судна — земля" совместно с точной навигационной системой воздушного судна составляет суть ADS, который является частью системы CNS/ATM. Технология наблюдения ADS используется службой УВД, посредством которой обеспечивается автоматическая передача через канал связи данных от бортовой навигационной системы. Данные, как правило, должны включать идентификационный номер и местоположение самолета в четырехмерных координатах, применяемые затем для определения позиции воздушного судна по отношению к другим.

Контroversой ADS является рассмотренное в свое время ICAO кооперативное независимое наблюдение CIS. Система CIS должна была функционировать следующим образом [4]. По запросам или периодически воздушное судно передает сигналы, формат которых близок к формату вторичной радиолокации с адресным запросом. Сигнал, содержащий информацию о бортовом номере и высоте воздушного судна, должны принять и ретранслировать на Землю как минимум два ИСЗ. Наземная система CIS, располагая информацией о положении ИСЗ и временем задержки сигнала, излученного воздушным судном, а также, зная из сообщения воздушного судна его высоту, рассчитывает координаты судна и сообщает их диспетчеру УВД. Для технической реализации системы CIS необходимо развертывание еще одной глобальной спутниковой системы, по сложности не уступающей действующим спутниковым навигационным системам. По этой причине, выбор ICAO был остановлен на системе ADS, для реализации которой достаточны спутниковая навигационная и связная системы. Этим обстоятельством еще более подчеркивается отмеченное ранее диалектическое единство функций электро-связи, навигации и наблюдения.

В автоматизированной системе ОрВД (АТМ) данные о координатах и состоянии используются для выявления возможных конфликтных ситуаций с другими воздушными судами. Комплексное функционирование средств связи, навигации и наблюдения, а также применение современных технологий составляют необходимые предпосылки для создания более эффективной и усовершенствованной системы АТМ. В будущем использова-

ние систем CNS/ATM будет несколько иной, чем это происходит сейчас, частично из-за большего применения спутниковой технологии, поскольку система ADS в значительной степени основывается на использовании навигационных и связных спутников.

Коротко оценим роль функции наблюдения для реализации всех функций ОрВД (АТМ). Применительно к задачам УВД мы достаточно подробно уже рассматриваем эту функцию и будем продолжать ее анализировать. Хочется только указать на необходимость обслуживания функцией наблюдения резко сокращаемых в соответствии с концепцией CNS/ATM норм эшелонирования и интервалов полета воздушных судов. Функции организации потоков воздушного движения АТФМ и организации воздушного пространства АСМ резко усиливают роль и значение подсистемы наблюдения в системе CNS/ATM из-за сложностей, обусловленных возрастанием числа обслуживаемых воздушных судов, установления разнообразных приоритетов и необходимости анализа, фиксации и предотвращения при этом разнообразных конфликтных ситуаций. Функция полетно-информационного обслуживания FIS с точки зрения функции наблюдения может рассматриваться как "отложенные" (зафиксированные, запомненные) результаты наблюдения, а также распространение среди участников воздушных перевозок информации, базирующейся в числе прочего на результатах наблюдения, но где выявлены некоторые закономерности, позволяющие влиять на текущие процессы через коррекцию используемых технологий. Функция предупреждения об опасности AL на начальном этапе своей реализации полностью базируется именно на данных наблюдения. Таким образом, функция наблюдения вместе с функцией электросвязи является основой реализации всех технологий ОрВД (АТМ).

Как итог сказанному дадим соответствующее определение функции наблюдения. *Наблюдение* — процесс информационного обеспечения участников воздушного движения, в той или иной мере ответственных за состояние, безопасность и регулярность авиационных перевозок, а также за проведение авиационных работ и испытаний авиационной техники, при котором предоставляется соответствующим образом структурированная информация о координатах воздушного судна и его состоянии, необходимая для принятия решений по управлению воздушным судном и организации воздушного пространства.

3.3. Недостатки существующей системы наблюдения

По отношению к существующим системам наблюдения справедливы те же заключения, которые делались в подразд. 1.3. Здесь анализируется текущее состояние только тех средств наблюдения, которые реализуют свою функцию на маршруте ENR (en route). Системы наблюдения, используемые при посадке (approach) и при действиях в аэропорту (airport surface), анализируются в соответствующих подразделах этой главы.

Несмотря на то, что в прежних концепциях информационного обеспечения деятельности ГА функция наблюдения в "радиолокационный период" УВД специально никогда не выделялась, безусловно, что в той или иной форме она реализовывалась действующими на тот момент и реализуется сейчас применяемыми информационными средствами, прежде всего радиоэлектронными. В этом смысле мы здесь и говорим о действующей сейчас системе наблюдения. Эта система включает первичный и вторичный обзорные радиолокаторы, бортовые инерциальные системы [33,40,53], систему электросвязи, обеспечивающую передачу речевых сообщений экипажа воздушных судов о местоположении и реализацию режима А/С вторичного обзорного радиолокатора. Наибольшую сложность представляет, конечно, внедрение системы CNS/ATM, а значит и функции наблюдения, в удаленных и малообжитых регионах с суровыми климатическими условиями и относительно слабо развитой наземной инфраструктурой УВД.

В настоящее время основным средством связи при реализации функции наблюдения остается голосовой радиообмен диспетчеров с экипажами. Экипажи сообщают данные о своем местоположении по HF или VHF аналоговым каналам связи, регистрируемые в наземных центрах ОрВД (АТМ). Такая устаревшая организация воздушного движения может дать удовлетворительные результаты только при невысокой интенсивности полетов воздушных судов. Речевое сообщение о местоположении воздушного судна все еще остается единственным средством наблюдения за пределами радиолокационного поля. Поэтому в зонах, где ощущается потребность в большей пропускной способности, только немногие воздушные суда получают диспетчерские разрешения так, как бы им хотелось. Кроме того, необходимость постоянно предоставлять позиционные доклады существенно увеличивает нагрузку на пилотов. Когда объем и интенсивность воздушного движения увеличиваются, для повышения пропускной способности воздушного пространства и поддержания безопасности полетов прибегают к трассовой системе организации УВД.

Голосовые сообщения командир авиалайнера обычно передает через определенные фиксированные промежутки времени или при проходе над промежуточными пунктами маршрута, расположенными вдоль трассы, которые в соответствии с правилами полета определены сейчас как пункты обязательных донесений. «Иногда длительность таких временных промежутков может составлять от 15 мин до 1 ч, что значительно превышает установленный 5-минутный интервал допустимого "молчания" воздушного судна. В настоящее время диспетчер регистрирует сообщения пилотов "от руки" или в печатном виде, отмечая пройденные путевые отрезки и отображая таким образом местоположение самолета. Внештатные ситуации (например, несколько воздушных судов направляются в одну зону воздушного пространства) изображаются графически. Принимая голосовые сообщения, диспетчер УВД постоянно меняет свое представление о текущей воздушной ситуации вобслуживаемой зоне. -х Рассмотрение средств наблюдения начнем с первичного обзорного радиолокатора PSR, обратив внимание, что в английском языке первичный радиолокатор всегда связывался с реализацией именно функции наблюдения.

В определении PSR специально подчеркнута возможность объединения действующих первичных радиолокаторов в систему радиолокаторов, где налажен обмен радиолокационными данными между радиолокаторами и пунктом управления. Эта тенденция подобного комплексирования достаточно давно и подробно проанализирована в радиолокации [25, 58]. Реализация ее в ГА сулит поистине независимое наблюдение воздушных судов с получением информации о всех их кинематических характеристиках, их распознавание и идентификацию. Для этой цели в системе указанных радиолокаторов могут организовываться разнесенное (многопозиционное) радиолокационное наблюдение [34], применение разнообразных сигналов в различных диапазонах волн, использование датчиков разнообразной физической природы, в том числе и систем SSR, эффективная борьба с разнообразными помехами радиолокационному наблюдению. Естественно, что фактическое дублирование радиолокаторов резко повышает показатели надежности радиолокационной системы в целом.

Применительно к задачам, решаемым в ГА, комплексирование информации о кинематических характеристиках (координатах, скорости) сводится к так называемому мультирадарному наблюдению. В этом случае говорят, что получается мультирадарный трек (track — путь, маршрут, траектория) наблюдаемого объекта, когда маршрут формируется по данным, получаемым

от нескольких радиолокаторов, которые могут быть как первичными (PSR), так и вторичными (SSR), или первичными и вторичными (PSR/SSR). Иногда, в отечественной литературе вместо слова трек используют слово трасса. Когда трек формируется еще с участием данных, получаемых по каналу ADS, то говорят, что получается общий трек. Итак, общий трек для своего построения использует данные, соответствующие мультирадарному треку и ADS, представляющие одно воздушное судно. Вместе с тем, в практике наблюдения судов ГА полагается, что общий трек может быть получен только с помощью ADS, или только PSR/SSR, или ADS+PSR/SSR, в зависимости от зон перекрытия действующих средств наблюдения. Таким образом, все получаемые в процессе наблюдения треки для воздушного судна рассматриваются как частные случаи формирования общего трека. Функции формирования и контроля плана полета, а также данных наблюдения выполняются по общему треку.

По существу здесь в должной мере проявляются сетевые технологии сбора и обработки информации, о которых говорилось в гл. 1. По понятным причинам роль активного радиолокационного наблюдения ни в коей мере не уменьшится в государственной (военной) авиации, имеющей, как правило, общие аэродромы с ГА, и системы УВД ГА должна обязательно сопрягаться с соответствующими военными системами.

К сожалению, ввиду кризисной экономической ситуации в нашей стране системы первичных обзорных радиолокаторов вряд ли в ближайшее время будут созданы. Традиционные (не объединенные в комплекс) активные радиолокационные системы УВД очень обстоятельно рассмотрены в литературе [2,4, 17, 22, 35, 66,69, 75] и поэтому здесь нет необходимости останавливаться подробно на этом вопросе. Укажем только на современные тенденции в развитии PSR:

твердотельное исполнение основных узлов и блоков, прежде всего передатчика и приемника (все чаще ставится вопрос об оснащении PSR антенными системами тоже в твердотельном исполнении), реализующими все преимущества электронного сканирования (многолучевость диаграммы направленности, высокая скорость сканирования, помехозащищенность, адаптивность функционирования, надежность и т.д.);

когерентность режима работы, использование сложных по структуре сигналов, реализация доплеровской фильтрации при селекции движущихся целей (СДЦ);

работа как в L-, так и в S-частотном диапазоне;

модульность конструкции, следование стандартам открытых систем OS;

высокая надежность, отсутствие необходимости в ремонтах, прерывающих функционирование радиолокатора; использование линейной и круговой поляризации излученного сигнала;

дальность действия свыше 450 км;

возможность сопровождения свыше 1000 целей;

использование в двух версиях исполнения — мобильном (транспортируемом) и стационарном; - использование широко- и сверхширокополосных сигналов [7],

обеспечивающих высокую разрешающую способность, а также сигналов сложной поляризационной структуры, позволяющих эффективно осуществлять идентификацию и распознавание наблюдаемых объектов [37, 58];

использование технологий получения изображений воздушных судов на основе применения принципов обратного синтеза апертуры ISAR [82]. В [8, 28] предложены принципы ISAR для создания вертолетной PSR, использующей принципы синтеза за счет вращения приемопередающего антенного модуля, размещенного в конце лопасти несущего винта вертолета. В этом случае получается, что на борту вертолета размещается РЛС с угловой разрешающей способностью, соответствующей апертуре антенны, размер которой равен удвоенному размаху лопастей;

комплексирование разнообразных датчиков, включая радиолокационные, для получения более детальной информации о транспортном воздушном пространстве и воздушных судах [58]; пристальное внимание после событий 11 сентября 2001 г. к проблемам надежности и устойчивости (помехоустойчивости) получаемой информации о воздушной обстановке, а также возможность эффективной отстройки от разнообразных помех — пассивных, представляющих собой отражения от подстилающей поверхности, гидрометеоров, местных предметов, как правило, искусственного происхождения, электромагнитных помех, соответствующих низкому уровню электромагнитной совместимости для работающих вместе с PSR радиосредств. Здесь приходится применять весь накопленный в радиоэлектронике арсенал технологий по обеспечению заданной помехоустойчивости [13, 26, 47].

Действующая практика, в том числе трудности внедрения системы CNS/ATM, по-прежнему заставляет смотреть на PSR как на важное информационное средство, обеспечивающее эффективную реализацию режима наблюдения, хотя развернутая в настоящее время сеть наземных первичных радиолокаторов при организации системы CNS/ATM будет, безусловно, сокращена.

Радиолокационное наблюдение обеспечивается; кроме первичных, и вторичными обзорными радиолокаторами, роль которых в реализации функции наблюдения постоянно растет. Обычно говорят, что развернутая в определенном регионе сеть PSR/SSR образует поле PSR/SSR или формирует радарное поле наблюдения за воздушным пространством. Сегодня в нашей стране попросту не хватает PSR и SSR для охвата всего воздушного пространства, причем эти реалии усугубляются трудностями, обусловленными установкой радиолокаторов в труднодоступных регионах страны с организацией последующей их эксплуатации, которая требует значительных затрат на поддержание технической работоспособности с учетом еще и защиты от мародеров. Сегодняшние реалии в обеспечении радарного УВД для нашей страны состоят в том, что обычно для поля PSR ставится задача его поддержки, а для поля SSR — создания.

Проблема формирования общего трека на одно воздушное судно, в том числе и с использованием данных от SSR уже обсуждалась. Теперь отметим, что в качестве критерия объединения данных ADS и SSR используется позывной из плана полета, и поэтому основным условием выступает первоначальная корреляция мультирадарного трека SSR с планом полета.

Данные общего трека ADS-SSR дают возможность получить: координаты и скорость воздушного судна, как из мультирадарного трека, так и на основании данных ADS; индикатор специального импульса положения SPI из мультирадарного трека;

- аварийные коды SSR из мультирадарного трека;
- аварийный код ADS из трека ADS, который отображается как код бедствия SSR;
- обновление текущего и будущего кодов SSR;
- обновление трека воздушного судна в зависимости от потенциальных данных SSR и ADS;
- обновление индикатора поворота;
- обновление последних зафиксированных местоположений воздушного судна, полученных по каналу ADS.

Применяемые в условиях нашей страны SSR должны работать в четырех режимах функционирования: УВД, радиомаячном RBS, совмещенном УВД+RBS и УВД-М [22, 69]. Они отличаются друг от друга системами кодирования и создавались по различным нормам и рекомендациям — отечественным (УВД) и международным (RBS). Отечественная система кодирования обеспечивает передачу большего количества информации о состоянии воздушного судна, однако необходимость в обеспече-

нии международных полетов привела к созданию транспондеров, работающих в режимах УВД и RBS, затем в совмещенном режиме УВД+RBS, который дает возможность одновременного управления отечественными и зарубежными воздушными судами. Кроме того, предложен еще режим УВД-М, при котором ответные сигналы кодируются так, как принято в режиме УВД, а передаются на частоте, определенной для работы в режиме RBS.

В настоящее время в связи с резко возникшей угрозой авиационной безопасности вновь возросла проблема организации госопознавания IFF воздушных судов, а также транспортных средств, перемещающихся в районе маневрирования, взлета и посадки воздушных судов. Эта задача давно известна и получила достаточно эффективное решение, воплощенное в соответствующие технологии [20]. Как известно, отечественная система госопознавания работает в системе ПАРОЛЬ, КРЕМНИЙ или Мк-Х. Сейчас все явственнее выступает на первый план требование, чтобы аппаратура госопознавания на указанных носителях не отключалась ни при каких обстоятельствах. Отечественная промышленность предлагает самолетный малогабаритный адресный ответчик (транспондер) "Оса-100" [55], который предназначен для работы с наземными неселективными и дискретно-адресными SSR систем УВД, а также с бортовыми системами предупреждения столкновений самолетов TCAS (см. подразд. 3.8) при их размещении на воздушных судах. На западе сейчас популярен транспондер APX-118 (Common IFF Digital Transponder).

Отечественная промышленность разработала и выпускает ряд обзорных радиолокаторов [55], например, аэродромный радиолокационный комплекс "Утес-А" и трассовый радиолокационный комплекс "Утес-Т" L-диапазона, которые обеспечивают УВД воздушных судов в районах крупных и средних аэропортов с реализацией режимов PSR и SSR, причем зондирующие сигналы, формируемые двухканальной антенной системой, излучаются на двух несущих частотах, различающихся на 56 МГц, обеспечивая двухчастотный режим облучения воздушных судов. Параметры сигналов оцениваются на основе технологии формирования так называемой карты помех.

Двухкоординатная радиолокационная станция кругового обзора "Лири-1" предназначена для использования в системах УВД и определения координат (азимута, наклонной дальности) воздушных судов и может использоваться в качестве источника радиолокационной информации в неавтоматизированных и автоматизированных системах УВД с передачей радиолокационной информации по кабельной и модемной линиям трансля-

ции. В PSR "Лира-1" предусмотрена возможность сопряжения с SSR любого типа импортного и отечественного производства. Аэродромный радиолокационный комплекс "Лира А10" в своем составе объединяет PSR и SSR. В нем используется аппаратура кодирования принятых сигналов на промежуточной частоте с помощью цифровых 12-разрядных фазовых детекторов, а также технология формирования карты помех с дискретными 2048 по дальности и 256 по азимуту.

Аэродромный обзорный радиолокатор АОРЛ-85 предназначен для УВД в районе аэродромов и также представляет систему PSR и SSR. Трассовый вариант этого локатора с коротким импульсом АОРЛ-85ТК имеет повышенную защиту от помех при работе в сложных погодных условиях и на фоне отражений от местных предметов и может быть использован в автоматизированных системах УВД как аэродромный по первичному каналу и трассовый по вторичному.

SSR "Крона" предназначен для обслуживания аэродромных зон и трасс. Он имеет две конфигурации: с измерителем координат классического типа и моноимпульсным измерителем. Поляризация сигналов в режиме RBS только вертикальная, а в режиме УВД — по запросу вертикальная или горизонтальная. Эта поляризация обеспечивается плоской антенной решеткой из 32 излучателей.

Радиолокационный комплекс "Экран-85-Альфа" предназначен для автоматизированного УВД и включает в свой состав радиолокатор АОРЛ-85. Этот комплекс обеспечивает высокую степень автоматизации процессов УВД (обнаружение, сигнализацию, прогнозирование конфликтных ситуаций, документирование), отражение планов полетов и метеоинформации, подготовку счетов к оплате по каждому плану полета, применение аппаратуры "Альфа" в качестве тренажера диспетчеров. MSSR "Лист-2000" обеспечивает: запрос воздушных судов в зоне действия системы; прием каждого ответа от воздушного судна в режиме УВД или RBS; определение дальности, азимута и кода каждого ответа; исключение несинхронных, импульсных взаимных помех, отражений от подстилающей поверхности, сигналов по боковым лепесткам и помех от стационарных отражателей; объединение сообщений MSSR с данными от PSR; передачу данных и координат в центры УВД в требуемом формате. Двухдиапазонный MSSR МБРЛ-СВК предназначен для аэродромных, аэроузловых и районных систем УВД. Автономный SSR "Радуга" представляет собой селективный SSR, сопрягаемый с различными PSR и предназначен для работы с автоматизированными системами УВД различных классов и назначений

в качестве источника радиолокационной информации о воздушной обстановке и дополнительной информации, поступающей от самолетных транспондеров, работающих в режимах УВД и RBS. Объединив SSR "Радуга" с помехоустойчивыми PSR типа 1РЛ-139, удалось создать комплекс автоматизации радиолокационных позиций "Радуга-2". Информация, полученная с этого комплекса, преобразуется в цифровую форму и передается по телефонному каналу различным пользователям.

SSR ГА, участвующий в реализации функции наблюдения, состоит из следующего оборудования: наземной системы запроса и бортового транспондера. Наземное оборудование запроса обычно объединено с первичным локатором. Таким образом, отметка от воздушного судна, полученная PSR, и отметка, сформированная SSR, могут быть одновременно представлены в соответствующих системах (наземных и бортовых). Наземное оборудование SSR посылает определенным образом кодированный сигнал запроса, который, в свою очередь, вызывает ответы, передаваемые транспондером воздушного судна. Поскольку воздушное судно таким образом участвует в реализации функции наблюдения, то SSR в литературе часто называется зависимым типом наблюдения. Применение SSR имеет ряд очевидных преимуществ перед PSR, проистекающих в основном из-за гарантированности получения ответного от воздушного судна сигнала более благоприятной энергетикой, получения на Земле сигналов от воздушного судна и возможностью реализуемого организации эффективного информационного обмена по каналу "борт—земля".

Термин режим (mode) используется для описания типа передачи "земля—борт воздушного судна", а также опроса воздушного судна. Транспондеры воздушного судна отвечают на запросы при помощи специального кода.

Следует отметить, что SSR использует при контакте с Землей информацию именно о барометрической высоте, которая может быть измерена только на борту воздушного судна, т. е. здесь проявляется в чистом виде функция наблюдения. Список режимов, вообще говоря, открыт для пополнения его новыми режимами, соответствующими взаимному обмену данными с включением новых сведений. Далее нами будет рассмотрен режим S, а в последнее время в литературе появились заявления, что для SSR необходима реализация нового режима D. Наряду с другими возможностями, SSR позволяет получать информацию о высоте воздушного судна и отображать ее на диспетчерском экране радиолокатора вместе с отметкой самолета. Используя оборудование SSR вместе с сопряженным с ло-

катором компьютером, можно получить информацию об идентификационном номере воздушного судна, его типе, высоте и путевой скорости. Эта информация может значительно облегчить трудности, связанные с опознаванием воздушного судна, определением его курса, проверкой высоты, контролем скорости и загруженностью контролируемого воздушного пространства, а также снизить реальную нагрузку на диспетчера.

Из-за ограничений существующих радиолокационных систем наблюдения полеты вне зоны действия обзорных радиолокаторов УВД сегодня контролируются на основании полетных планов о местоположении воздушного судна, которые постоянно обновляются посредством речевых докладов по VHF радиосвязи в пределах прямой видимости или HF радиоканалам в иных случаях. В литературе такой тип УВД называется процедурным управлением (Procedural control). Здесь часто используют термин регионы с полетной информацией (FIRs) и говорят, что УВД в этих регионах полагаются только на системы процедурного управления, причем без какой-либо автоматизации (automation support). Такой способ ведения УВД противопоставляется уже описанному управлению с помощью радиолокаторов — радарное управление (Radar control). Установление радарного управления также входит в комплекс мероприятий по приданию данному региону статуса FIRs. Конечно, радарное управление предпочтительнее процедурного, однако оно требует создания радиолокационного информационного поля и его поддержания, что не всегда осуществимо в таких регионах, как над океанами, пустынями или обширными болотными пространствами. Концепция CNS/ATM делает еще один шаг вперед с точки зрения используемых технологий УВД — переход от процедурного разделения ответственностей к разделению ответственности на основе выполняемых сейчас действий (Transition from procedural separation to performance based separation).

В результате установления непосредственной связи с воздушным судном, когда пилот устно информирует диспетчера о местоположении своего воздушного судна, реализуется традиционная технология определения текущей и будущей позиций самолета с фиксацией информации на бумажных носителях. На основе таких записей осуществляется безопасная прокладка маршрута, чтобы исключить какую-либо вероятность столкновения воздушных судов друг с другом. Ситуация усугубляется при организации ОрВД (ATM) в большинстве океанических районах (переводе их в FIRs), где не могут функционировать PSR и средства связи в VHF диапазоне. К тому же в океанических районах, а также в зонах с низкой интенсивностью полетов (трафиком),

радиолокаторы и VHF -связь, как правило, не применяются по к экономическим соображениям. Более того, сегодня нет систем наблюдения, сравнимых с радиолокаторами по своим возможностям, которые могли бы эффективно использоваться в этих регионах. Реализация процедурных методов УВД в морских регионах при гарантии должного уровня безопасности возможна только с помощью мощного бортового оборудования.

3.4. Характеристика функции наблюдения, реализуемой , в системе CNS/ATM

Основное, что предстоит сделать в информационном оснащении ГА, чтобы задействовалась функция наблюдения, которая удовлетворяла бы требованиям и задачам, устанавливаемым концепцией CNS/ATM, является установление ADS и в добавление к режиму A/C в SSR режима S.

Режим S (от англ. select — выбирать, подбирать, включать) — расширенный режим вторичного обзорного локатора SSR, позволяющий осуществлять запрос всех оборудованных SSR воздушных судов, а также адресный запрос соответствующим образом оборудованных воздушных судов и двусторонний обмен цифровой информацией между такими судами и запросчиком (т. е. выполнять функции избирательной адресации и линии передачи данных).

Канал передачи данных режима S — средства обеспечения обмена цифровыми данными в режиме S между наземными станциями и транспондерами в соответствии с установленными протоколами.

С введением режима S и автоматического зависимого наблюдения ADS ситуационное управление в FIRs (а теперь, эти регионы по существу сливаются в один FIR - все воздушное транспортное пространство) приобретает все черты ставшего для ГА каноническим радарного — наиболее сегодня надежного, информативного и освоенного. В свою очередь, режим вторичной радиолокации и осуществление ADS значительно повышает надежность, объем и достоверность используемой при ОрВД (ATM) информации, правда, в том случае, если воздушное судно в должной мере оснащено соответствующими радиоэлектронными средствами.

В документах ICAO и руководства ОрВД страны отмечаются следующие направления технического оснащения систем наблюдения:

интеграция с системой единого автоматизированного радиолокационного поля с целью обеспечения контроля полетов всех пользователей воздушного пространства;

создание автоматизированных систем УВД на основе ADS в качестве основного средства для контроля воздушного движения над малонаселенной и безориентирной местностью, а также в районах с малой интенсивностью полетов;

создание и внедрение средств контроля движения по аэродрому, включая контроль занятости ВПП и охрану объектов на территории аэродрома;

создание и внедрение систем FIS.

Режим S выполняет функции избирательной адресации и линии передачи данных. Реализация этого режима имеет наибольшее значение в сильно загруженном воздушном пространстве и в районах крупных аэропортов. Каналы связи "борт воздушного судна — Земля" вместе с точной навигационной системой дают возможность обеспечить наблюдение в тех районах, где ранее это было затруднительно, в частности, над океаническими регионами, пустынями и в других проблемных для традиционных технологий УВД зонах.

Отметим, что в каноническом варианте концепции CNS/ATM использование PSR прямо не поддерживается — здесь уповают на перечисленные технологии наблюдения, однако необходимость в них все-таки отмечается даже при полном торжестве декларируемых данной концепцией технологий, поскольку всегда возможна ситуация, когда некоторые воздушные суда могут быть не оборудованы системой взаимодействия с SSR. Следует отметить, что получение информации о воздушном судне с помощью PSR есть пример типичного независимого наблюдения. В ГА благодаря действующим во многих странах нормам и установленным правилам предполагается, что SSR, используя режим S и канал передачи данных, а также ADS, применяющее спутниковую связь, смогут полностью исключить необходимость в PSR. Однако последнее обстоятельство не свидетельствует о полном отказе от PSR, который будет продолжать применяться для иных целей, например, для определения погодных условий, при организации эффективного взаимодействия с военной системой УВД или в экстремальных случаях, связанных с воздушным терроризмом, что сполна подтвердили события 11 сентября 2001 г. в США.

Напомним, что до этой даты к транспортным системам предъявлялись требования сделать полет как можно безопаснее (здесь безопасность в смысле safety — безопасности именно полета). Безопасность означала защиту воздушного судна от сбиения с курса и предотвращение разнообразных коллизий с другими воздушными судами. Ставилась задача создания интегрированной системы, которая могла бы обеспечить безопасность

при текущем росте интенсивности воздушного движения и спрямлении маршрутов полета. После 11 сентября концепция безопасности получила новое измерение — защищать воздушное судно и пассажиров от попыток разрушения и гибели. Рань-Оше такая задача фактически соответствовала периферии всех требований к безопасности полетов в ГА. Как известно, сегодня данная задача получила совершенно новую окраску, и ее решение потребует использования технологий, эффективно используемых сейчас в военном деле. Сложившаяся ситуация проанализирована в [76]. Первый Международный салон ГА "Аэропорт-экспо 2002" показал, что к проблеме безопасности активно подключились отечественные разработчики. На этом салоне под углом зрения именно обеспечения авиационной безопасности демонстрировались архитектурные разработки пассажирских терминалов, информационные системы в аэропортах, программное обеспечение деятельности аэропортов, системы безопасности, регистрации пассажиров, специальное технологическое оборудование.

Применительно к ADS исследование помехоустойчивости было проведено в [32], где сделан неутешительный вывод о полной незащищенности каналов связи, используемых для реализации режима ADS, перед действиями террористов и хулиганов. Таким образом, крайне остро сейчас встал вопрос о переносе в ГА наработанных для военной техники технологий, обеспечивающих эффективную помехозащищенность радиоканалов.

Как уже отмечалось, главным элементом наблюдения системы CNS/ATM является ADS, которое позволяет воздушному судну автоматически передавать данные о своих координатах, предполагаемых маневрах, скорости, погодных условиях и состоянии через связной спутник или иной канал связи "борт—земля" диспетчерскому пункту ОрВД (ATM). Это предоставляет реальную возможность использовать ранее не пригодные для полетов (из-за отсутствия необходимого оборудования) воздушные пространства. ADS рассматривается как параллельная с SSR система, а также как информационное средство при организации безопасного передвижения транспортных средств в районе аэродрома. Применение ADS также целесообразно в зонах с высокой плотностью полетов, где оно может служить как дополнение или дублирование SSR. Такая технология призвана сократить необходимость использования PSR как дублирующей системы.

Как и существующая система наблюдения, ADS предусматривает дополнительный канал передачи данных и голосовой канал "пилот-диспетчер" в случаях аварийной или экстренной

связи. Концепция CNS/ATM рассматривает службу ADS как основу потенциально существенного повышения безопасности полетов. Целями организации ADS являются увеличение точности используемых в системах ОрВД (АТМ) данных о местоположении воздушных судов и обеспечение отслеживания их маршрутов, что позволяет своевременно прогнозировать возможные конфликтные ситуации. ADS, следовательно, способно оценивать состояние воздушного пространства даже в тех регионах, где невозможно организовать непосредственное радиолокационное обеспечение. Основой для ADS служит реализация функции навигации для определения местоположения воздушного судна с помощью спутниковой навигационной системы GPS или ГЛОНАСС и, конечно, передача данных с борта воздушного судна в наземные центры УВД с помощью АТН.

Обслуживание ADS осуществляется в рамках системы УВД и включает: бортовую функцию ADS (обеспечивает подготовку полученных на борту данных в приемлемом для органа УВД формате информации о наблюдении); линию передачи данных "борт воздушного судна — земля" (обеспечивает передачу данных — донесений ADS — с борта воздушного судна контролирующему органу УВД); наземную систему обработки данных FDPS;

Если собрать воедино все функции наблюдения, реализуемые в рамках концепции CNS/ATM, то формируется следующий перечень задач, который необходимо решать в процессе слежения за воздушным судном:

- обработка всех поступающих радиолокационных данных;
- постоянный контроль качества обслуживания воздушного движения;
- организация монорадарного сопровождения;
- организация полирадарного сопровождения и объединение радиолокационной информации;
- обработка метеоданных;
- обработка полученной информации и сопровождение воздушных судов по данным ADS;
- отслеживание планов полета, сопровождение, передача управления, плановые треки;
- обеспечение функций безопасности (аварийные сигналы SSR, функции по данным ADS, PSR и SSR);
- гарантия отказоустойчивости и возможность резервирования.

Объем информации, поступающей диспетчеру при реализации режима наблюдения, можно оценить по функциям, поддерживаемым соответствующими дисплеями:

-отображение системных треков (PSR+SSR/ADS), отметок радиолокационной информации, докладов ADS и метеоявлений;

отображение информации автоматических радиопеленгаторов ADF;

отображение списков планов полетов;

отображение маршрута по плану полета;

отображение списков потери и ожидания;

воспроизведение записанных данных (режим воспроизведения);

отображение карт и зон ограничения полетов;

отображение графических инструментов (измерителей, локальных карт);

отображение вспомогательной информации (время, коррективировка высотомера, сектор УВД, сектор других рабочих мест и т.д.);

отображение метеорологической информации;

доступ к базе данных планов полета;

поддержка действий диспетчера;

местные средства управления отображением (фильтры, масштаб и центр отображения);

отображение сигнализации по конфликтам, опасным зонам, отклонениям от заданного маршрута и эшелона полета;

отображение конфликтных ситуаций и будущей воздушной обстановки;

доступ к контрактам ADS;

отображение и генерация сообщений по линии передачи данных для обеспечения связи "диспетчер—пилот" CPDLC;

отображение межпультсового маркера;

монорадарное сопровождение при отказе сервера отображения радиолокационной информации (режим *By-pass*);

запись движения за последние 24 ч (треки, планы, состояние отображения).

Системы наблюдения получают свое дальнейшее развитие. В настоящее время разрабатываются бортовые системы обеспечения необходимого эшелонирования, которые могут гарантировать создание вокруг воздушного судна требуемых зон предупреждения и защиты с выработкой необходимых рекомендаций, позволяющих пилоту надежно контролировать и успешно разрешать возможные "воздушные конфликты".

В соответствии с действующей с сентября 1998 года в Российской Федерации "Эксплуатационной концепцией радиовещательной системы ADS" автоматическое зависимое наблюдение постепенно становится основным методом наблюдения, заменяя

собой традиционные РЛС вначале PSR, а затем и SSR. Эта система наблюдения основывается на определении воздушным судном своих координат и скорости полета с помощью разнообразных спутниковых навигационных систем вначале типа ГЛОНАСС/GPS (GNSS), а несколько позднее — Европейской системы типа "Галилео" и их различных дополнений в виде широкозонных дифференциальных подсистем типов EGNOS, MSAS и локальных дифференциальных подсистем типа LAAS. Определяемые непосредственно на борту воздушного судна навигационные параметры и другие необходимые полетные данные передаются по линии передачи данных на наземную станцию приема сообщений "борт—Земля", откуда они пересылаются в диспетчерскую УВД. Эта информация принимается также и другими воздушными судами, находящимися в аэронавигационной близости друг от друга. Широкозонные дифференциальные подсистемы типа EGNOS (западные регионы) и MSAS (восточные регионы) охватывают практически всю территорию России. Воздушное пространство Северной и Южной Америки обслуживает другая широкозонная дифференциальная подсистема типа WAAS, обеспечивающая дифференциальный режим работы DGPS.

При определении облика перспективной спутниковой радиоэлектронной аппаратуры, обеспечивающей функцию наблюдения в технологии CNS/ATM, необходимо учитывать наиболее вероятные направления развития спутниковых навигационных систем (см. гл. 2). В частности, в ближайшее десятилетие для спутниковых систем типа GPS предполагаются:

увеличение числа навигационных космических аппаратов от эксплуатируемых в настоящее время 28 навигационных космических аппаратов до 30-40 в единой орбитальной группировке; отмена в 2006 г. режима селективного избирательного доступа к навигационным космическим аппаратам в соответствии с директивой президента США 1996 г.;

предоставление для использования в ГА рабочих частот навигационных космических аппаратов 1227,6 МГц (спутниковый диапазон L2) и 1176,45 МГц (спутниковый диапазон L5). В диапазоне L5 планируется применять широкополосные сигналы с F-кодами (длина кодовой комбинации 4000—10 230 бит, ширина спектра широкополосного сигнала 10,23 МГц);

использование на частотах L2 и L1 (1575,42 МГц), помимо спутниковых навигационных сигналов с P- и P(Y)-кодами, новых широкополосных сигналов с M-кодами, имеющих "вырезку спектра" в срединной области, применяемыми в настоящее время для обычных узкополосных сигналов с традиционными для ГА C/A-кодами;

248

повышение точности определения координат воздушного судна до уровня среднеквадратической ошибки в 5—6 м для автономного (номинального) участка их полета, за счет более точного прогнозирования орбит навигационных космических аппаратов, улучшения синхронизации в работе навигационной аппаратуры и использования двухчастотного способа функционирования бортового навигационного комплекса, обеспечивающего, в том числе, режимы ADS и TCAS.

Устойчивость работы бортового навигационного комплекса для обеспечения надежного функционирования режима ADS во многом определяется помехоустойчивостью каналов связи. При этом в качестве определяющих для воздушного пространства Российской Федерации обычно рассматривают:

каналы приема навигационных сигналов ГЛОНАСС/GPS, ГАЛИЛЕО EGNOS, MSAS и локальных дифференциальных подсистем типа LAAS;

канал приема/передачи сообщений ADS "борт воздушного судна — земля" в метровом диапазоне волн (118—137 МГц) для узловых аэронавигационных (терминальных) зон;

каналы обмена сообщениями ADS с использованием спутниковых систем связи типа INMARSAT или HPлиний связи типа HF DL для обеспечения режима наблюдения в удаленных, малообжитых и труднодоступных (океанических) районах.

Помимо борьбы с возможными источниками помех, в этих каналах электросвязи и улучшения помехозащищенности бортовой аппаратуры, работающей с навигационными системами, особое место отводится сравнительно легко реализуемому адаптивному маневру частотами L1, L2, L5 и видами кодов в глобальных спутниковых навигационных системах типа GPS/ГЛОНАСС и частотами в европейской спутниковой навигационной системе типа "Галилео". Например, совместное использование спутниковой навигационной системы типов GPS и ГЛОНАСС повышает помехоустойчивость приемника навигационных сигналов на 2—6 дБ.

В последнее время наряду с реализацией программы "Внедрение требуемых навигационных характеристик RNP" (см. гл. 2) появилась настоятельная необходимость в разработке аналогичной программы и для подсистем наблюдения. Конечными целями такой программы с ориентировочным названием "Внедрение требуемых характеристик подсистемы наблюдения ADS" должны быть обоснование и достижение необходимых характеристик подсистем ADS на всей территории России и стран СНГ в интересах повышения эффективности использования воздушного пространства при обязательном обеспечении

-заданного уровня безопасности воздушного движения. Это может быть достигнуто с помощью повсеместного внедрения современных радиоэлектронных систем обеспечения полетов воздушных судов в соответствии с Концепцией ICAO CNS/ATM, в том числе путем использования новейших автоматических систем УВД, позволяющих автоматически обнаруживать конфликтные ситуации и своевременно вырабатывать для диспетчера и пилота рекомендации по их устранению. При этом подсистема наблюдения должна гарантировать требуемую точность и полноту отображения местонахождения любых воздушных судов во всем объеме воздушного пространства зон ответственности соответствующих центров ЕС ОВД. Поскольку решение этой задачи в ближайшем будущем применительно к воздушным судам российской ГА маловероятно, а для большинства судов государственной авиации по ряду объективных причин и вовсе невозможно, весьма актуальными становятся проблемы организации совместного функционирования существующих и перспективных информационных систем FIS и поиска дополнительных путей повышения эффективности подсистемы наблюдения ADS. Последняя задача связана с функциональным расширением области применения штатного бортового радиоэлектронного оборудования, включая режим TCAS.

В настоящее время в качестве требуемого ICAO уровня безопасности TLS принимается значение безопасности воздушного движения, равное 10^{18} столкновений в час. Иными словами, допускается не более одного столкновения на 10^8 ч налета совокупности воздушных судов в зоне ответственности соответствующего центра ЕС ATM (OpВД). Ясно, что такую ситуацию смоделировать крайне затруднительно, а проверить практически и вовсе невозможно. Например, при суммарном суточном налете всех воздушных судов в зоне OpВД (ATM), равном 1000 ч, допускается не более одного столкновения за 300 лет. Более того, по заключению группы экспертов ICAO, прямые методы контроля TLS в условиях внедрения перспективных норм эшелонирования воздушных судов признаны неэффективными. Поэтому практически при оценке уровня безопасности воздушного движения используют не частоту столкновений, а частоту опасных сближений. Это особенно важно для оценки безопасности воздушного движения при полетах воздушных судов во внутрассовом воздушном пространстве на основе правил зональной навигации RNAV и концепции Free Flight.

: В ныне действующих на территории РФ нормативных документах, например в "Наставлении по производству полетов воздушных судов (НПП-85)", под "опасным сближением понима-

ется не предусмотренное полетным заданием сближение воздушных судов на интервалы меньше установленных, в результате чего возникает значимая вероятность их столкновения". Можно показать, что при скоростях воздушных судов порядка 720 км/ч, критическом времени их сближения 30 с, угле пересечения воздушных трасс приблизительно 70° для наиболее вероятного нормального закона распределения расстояний опасного сближения требуемая для обеспечения допустимой вероятности столкновений $1,25 \cdot 10^{13}$ точность отображения воздушной обстановки должна быть не более 500 м. При этом заданные полнота и непрерывность отображения состояния воздушного пространства при дискретном поступлении сообщений о безопасности воздушного движения через интервалы времени, не превышающие 10 с, должны быть не хуже 0,95. Такие показатели частоты опасных сближений воздушных судов обеспечиваются посредством динамической корректировки аэронавигационных данных подсистемы РЛС с помощью высокоточной информации подсистемы ADS и технической интеграции всех информационных подсистем, обеспечивающих безопасность полетов, и оптимальной организацией совместного использования в центрах ЕС (ATM) OpВД подсистем автоматических зависимых, нетрадиционно независимых наблюдений, процедур обнаружения потенциально конфликтных ситуаций и априорной информации текущего планирования. В совокупности это приводит к существенному повышению эффективности использования воздушного пространства при обязательном обеспечении требуемого уровня безопасности воздушного движения.

В заключение кратко остановимся на проблеме взаимодействия ГА и государственной авиации при осуществлении функции наблюдения. За рубежом эта очень трудная проблема активно обсуждается (см. например, [77]), и решающую роль в ее решении, конечно, играют государственные рычаги управления через систему законодательных актов и стандартов.

В соответствии с Воздушным кодексом Российской Федерации и постановлением Правительства РФ от 18 июня 1998 г. № 605 "О государственном регулировании и организации использования воздушного пространства Российской Федерации" Министерство обороны РФ призвано осуществлять полномасштабное государственное регулирование использования воздушного пространства России и прилегающих территорий, а Государственная служба Гражданской авиации Министерства транспорта РФ — государственное регулирование использования только той части воздушного пространства, которая в установленном Федеральными органами власти порядке определе-

на для внутренних и международных воздушных трасс, а также местных воздушных линий, районов проведения авиационных работ, гражданских аэродромов и аэропортов. Решениями ICAO на Государственную службу Гражданской авиации России возлагается также ответственность за соблюдение аэронавигационных норм и правил на международных воздушных трассах, пролегающих в океанических районах Северного Ледовитого и Тихого океанов, находящихся в юрисдикции РФ.

Непосредственное регулирование и организация использования воздушного пространства Российской Федерации возложена на Единую систему, состоящую из военной и гражданской подсистем. Структура и функции руководящих и оперативных органов ЕС ОВД¹ определены Федеральными правилами использования воздушного пространства Российской Федерации, утвержденными постановлением Правительства РФ от 22 сентября 1999 г. № 1084. Функции оперативных органов гражданской подсистемы осуществляют организации аэронавигационного обслуживания, являющиеся дочерними предприятиями федерального Государственного унитарного предприятия "Государственная корпорация по организации воздушного движения в Российской Федерации". В систему дочерних предприятий Государственной корпорации по ОВД в настоящее время включены 34 государственных предприятия использования воздушного пространства и УВД, в составе которых находятся более 89 % всех служб УВД и эксплуатации радиотехнического оборудования и связи (ЭРТОС), подлежащих переводу в эту систему, т. е. 247 из общего их числа 275. Государственная служба ГА России совместно с Государственной корпорацией по ОВД активно реализует проекты повышения уровня автоматизации процессов при УВД. Так, к 2001 г. планируется автоматизировать более 80 % существующих центров УВД. В дальнейшем предполагается сосредоточить усилия на укрупнении этих центров. В рамках уже заключенных государственных контрактов с отечественными производителями бортовой авионики проводятся модернизация 53 трассовых и замена 16 аэродромных радиолокаторов, а также 263 радиостанций, устанавливаются 12 новых систем автоматизации УВД, 16 радиопеленгаторов и другого оборудования служб УВД и ЭРТОС.

Федеральная программа модернизации ЕС ОВД России, разработанная еще в 1993—1994 гг., была в целом утверждена постановлением Правительства РФ от 20 апреля 1994 г. № 368. Она в основном определяла стратегию модернизации ЕС ОВД и включала в себя перечень мероприятий по ее организационно-финансовому и техническому совершенствованию в соответ-

ствии с основными положениями Военной доктрины Российской Федерации и Концепции ICAO-IATACNS/ATM. В дальнейшем эта Федеральная программа уточнялась и совершенствовалась в [полном соответствии с развитием мировых авиационных средств и комплексов связи, навигации и наблюдения. В области систем "наблюдения" опережающее развитие получили бортовая и наземная авионика ADS на основе быстро прогрессирующих глобальных спутниковых систем навигации. По понятным причинам, военных авиационных специалистов в первую очередь интересуют возможности, которые дает концепция Свободного полета (Free Flights), являющаяся логическим продолжением концепции CNS/ATM, как одного из этапов эволюционного перехода к концепции Free Flights. При свободном полете контроль за воздушным движением не будет осуществляться с Земли, а будет исходить от экипажа, что даст ему свободу выбирать свой собственный прямой маршрут, скорость и высоту полета. И гражданская, и военная авиация теперь столкнулась с необходимостью покупки авиационной радиоэлектроники и ее освоения с появлением новых технологий. Все это требует грамотных и эффективных стандартов от ICAO, правительственных структур, транспортных ведомств по пунктам, касающимся обмена цифровой информацией, точной навигации, предупреждения столкновений, улучшения качества автопилотов, сенсоров воздушной информации при сниженном эшелонировании. Какая либо несогласованность при следовании этим стандартам приведет к большим расходам топлива, срывам расписаний. Военными специалистами подсчитано, что уже сегодня новые стандарты, соответствующие нынешней концепции CNS/ATM, могут потенциально добавить 30—90 мин полетного времени для каждого самолета.

Сейчас требуется кардинальная модернизация военной и гражданской авионики. Например, структуры, ответственные за международную ОрВД (ATM), сообщили военным, что их самолеты не смогут летать в воздушном пространстве Северной Атлантики по оптимальным маршрутам и на необходимой высоте, если они не усовершенствуют применяемую бортовую авионику. Особенно серьезно это требование выдвигается при полетах над Европой.

Принимая указанный вызов со стороны технологий CNS/ATM, сегодня ВВС США приняли для себя новую программу воздушного менеджмента. Эта программа учитывает особенности различных географических регионов, имеет свой собственный план по гражданской авиации в направлении свободного полета. По этой программе уже приобретены системы

для предотвращения воздушных столкновений, включая системы предупреждения воздушных столкновений с помощью радаров. Сейчас речь идет уже о спутниковой связи, принтерах, системах передачи данных и управления, системе электросвязи VHF 8,33 кГц, многофункциональном приемнике спутниковой системы GPS для точного полета и приземления, системе управления полетом.

В нашей стране долгое время система УВД страны развивалась в условиях, когда все вопросы согласовывались между военными и гражданскими руководителями авиации при полном взаимопонимании. Разумеется, были и противоречия, но они разрешались в рабочем порядке и не носили антагонистического характера. В последнее время ситуация обострилась, поскольку, по понятным причинам, военные специалисты все активнее заявляют о необходимости замены всей импортной техники, имеющейся в ГА, на отечественную.

Сейчас однако появляется возможность некоторого разделения гражданских и военных средств ОрВД (АТМ). Уже нельзя безапелляционно заявлять о том, что система УВД ГА может отрицательно повлиять на систему боевого управления силами и средствами ПВО. Такие средства, как PSR из системы УВД, конечно, могут быть использованы по военному предназначению. Другое дело — наземные системы автоматического управления, которые в мирное время позволяют организовывать потоки воздушного движения, управлять воздушными судами, передавать информацию, и главное предназначение которых состоит в обеспечении безопасности и регулярности полетов. Это системы сугубо мирного времени. Основу технологий получения информации в будущих системах ОрВД (АТМ), в том числе, с помощью спутниковых систем составляют средства SSR. Такие средства принципиально невозможно использовать для обнаружения воздушного противника. -

Нужно также осторожно подходить к разработке единой для военной и гражданской авиации законодательной базы, что обусловлено различиями в специфике деятельности военной и гражданской авиации, поскольку в армии проблемы, связанные с обеспечением безопасности полетов, решаются в большей степени административными методами, а в гражданских авиапредприятиях технологии авиационного менеджмента иные. Во всем мире нет универсальных правил обеспечения безопасности полетов. Есть требования ИКАО, Руководство по обеспечению безопасности полетов ГА (приложение к Чикагской конвенции 1944 г.), другие нормативные акты, которыми руководствуются российские авиакомпании и с помощью которых контролирует-

ся их деятельность. ВВС функционирует по своим канонам, учитывающим, конечно, требования по ГА. По этой причине все попытки создать единую законодательную базу о государственном регулировании обеспечения безопасности полетов авиации РФ неизбежно превратят ее в набор неработающих деклараций, хотя это ни в коей мере не исключает возможностей объединения основных положений. Например, аэродромы ГА во всем мире используются для рассредоточения, обеспечения живучести сил и средств военной авиации в особый период. Необходимо, следовательно, совместно с военными использовать аэродромную сеть ГА с обязательной оценкой ее возможностей. Вначале нужно просчитать, какая часть сил бомбардировочной, штурмовой, истребительной авиации может сесть на тот или иной аэродром ГА, во что обойдется оборудование стоянок, что следует предпринять для организации эффективного управления самолетами ВВС, а также решить ряд других насущных проблем.

3.5. Наблюдение с помощью вторичного обзорного радиолокатора с режимом S

Наблюдение с помощью SSR представляет хорошо зарекомендовавшую себя технологию получения необходимой для УВД надежной информации о воздушном транспортном пространстве, которое используется в той или иной форме в гражданской авиации на протяжении нескольких десятков лет. Использование SSR - это шаг вперед от PSR по направлению к ADS, поскольку здесь также навигационная информация передается в центры УВД без вмешательства бортового экипажа воздушного судна, причем службу УВД необходимой координатной информацией о местоположении самолетов обеспечивают бортовые навигационные комплексы.

Радиолокационные станции SSR представляют важнейшую часть системы обеспечения радарного управления, которое до сих пор является самым надежным и эффективным при УВД в районах аэропортов и в регионах с большой плотностью воздушного движения. Сегодня начинают широко исследоваться и развиваться альтернативные (не радиолокационные) системы и средства, соответствующие современным требованиям к обеспечению безопасности мощных потоков воздушного движения. К не радиолокационным методам и системам УВД следует в первую очередь отнести разнообразные спутниковые технологии. Сейчас диспетчеры служб УВД используют SSR для установления и идентификации контактов в воздухе (air contacts). PSR все чаще используется как дублирующее средство обнаружения

и для наблюдения метеообстановки. В литературе для гражданского варианта системы наблюдения с помощью SSR используется название ATCRBS. Это система формирует диалог вопрос/ответ Q&A с реализацией режимов A, C или S. За рубежом гражданский режим A соответствует военному режиму ответчика свой/чужой (IFF), называемому режимом Z, и обычно называется режимом Z/A. Режим C появился впервые именно в ГА как основа для технологий разведения воздушных судов по высоте.

Вместе с тем, организация радарного управления на основе S SSR до сих пор рассматривается многими специалистами не как дополнительный, а как основной или, по крайней мере, альтернативный путь реализации наблюдения. Система SSR, являясь весьма чувствительным, воспринимающим средством слежения за воздушными судами, в тоже время — полностью автономная система, которая не требует постоянного присутствия обслуживающего персонала. На основе реализуемых SSR режимов, прежде всего S, осуществляется вхождение соответствующих информационных систем в единую глобальную авиационную сеть электросвязи ATN на основе принципов, базирующихся на архитектуре открытых систем ISO/OSI.

Система вторичной радиолокации использует для контроля за полетами воздушных судов сигналы бортового ответчика по технологии формирования дискретно адресных систем для маяка DABS, SSR в режимах A/C, режиме S и ADS-B, либо может вести сопровождение полетов воздушных судов, оборудованных дальномерным оборудованием DME. Как известно, оборудование DME размещается на Земле и на борту воздушного судна и обеспечивает получение информации о дальности для обслуживания потребностей в получении информации на маршруте или в узлом диспетчерском районе. Более того, на основе специальных военных требований система SSR способна принимать также сигналы ответчиков самолетов BBC. Эта система может эффективно использовать для сопровождения сигнал вторичного ответчика в стандарте ICAO и в УВД.

Учитывая имеющийся положительный опыт использования SSR для радарного управления, по концепции CNS/ATM будет использоваться в обозримом будущем как традиционные SSR, оснащенные только режимами A/C, так и SSR с новым режимом S.

Режим S — это расширенный режим SSR, который позволяет вести выборочный опрос транспондеров, производить двухсторонний обмен данными между наземными станциями и бортовыми транспондерами или только между транспондерами. Вто-

ричная радиолокация с режимом S может использоваться в двух направлениях. Во-первых, он гарантирует возможность наблюдения с использованием дискретных адресов (каждое воздушное судно оборудуется транспондером режима S и работает в своем собственном режиме или просто имеет собственный адрес). Получается, что этот режим дает возможность избирательно транслировать данные, соответствующие реализации функции наблюдения и аналогичные получаемым при радарном управлении. Во-вторых, режим S радиолокатора SSR полностью удовлетворяет стремлению всех служб ОрВД (АТМ) повысить емкость канала передачи данных "борт—Земля".

Режим S использует один адрес из 24 бит (адрес ICAO) для каждого воздушного судна и сопровождается улучшением точности опознавания воздушного судна и получением более точной информации о его местоположении. Предполагается, что бортовой приемопередатчик обеспечит обработку запросов не только в режиме S, но и в режимах A и C. Таким образом, здесь SSR все в большей степени занимается организацией передачи данных.

Несмотря на то, что, казалось бы, с введением режима S отпала необходимость в сохранении режима A (Z/A), он все равно используется в ГА. Вместе с тем режимы A и C сами по себе уже не могут удовлетворить нуждам ГА в силу присущих им следующих недостатков:

- искажения сигнала, обусловленные взаимным наложением от двух или более воздушных судов, приводят к тому, что эти суда оцениваются, как находящиеся в одном и том же главном луче на приблизительно одной наклонной дальности (синхронные искажения);

- интерференция сигнала, вызванного ответом от транспондера, возбужденного запросом от другого транспондера (запросчика) FRUIT;

- нет отклика от транспондера из-за дополнительного запроса и недоступности (вентиляция транспондеров — fanning the transponders);

- роение целей на дисплее из-за отражений от препятствий (многопутевость — multipath);

- неэффективное использование частотного спектра с многократными запросами и ответами, а также полное упование только на двухсторонние процедуры вопрос-ответ Q&A;

- обеспеченность только 4.096 кодами режима A.

Одна из причин перехода ГА на режим S состоит в том, что он полностью исключает искажения, обусловленные целью, и обеспечивает более полной информацией пользователя о запра-

шиваемом воздушном судне. Режим S представляет виртуальный цифровой канал с оговоренным протоколом форматов, выявлением ошибок и их коррекцией. Он обеспечивает выборочный запрос, так как каждый запросчик и транспондер имеют собственные и единственные для режима S адреса. Бортовая авионика, обеспечивающая режим S, назначает 24-битовый адресный код для каждого отдельного воздушного судна. Все транспондеры, работающие в рамках режима S, спонтанно излучают адрес каждую секунду. Этот сквитерный режим является первым шагом для перехода к широковещательному наблюдению в пределах прямой видимости.

Переход к режиму S дает возможность воспользоваться следующими преимуществами:

- исключаются искажения, обусловленные целью из-за единственности применяемого дискретного адреса, селективного запроса и обнаружения ошибок с последующей их коррекцией;

- повышенная точность измерения азимута из моноимпульсного запросчика с единственным откликом;

- повышенная эффективность использования спектра с запираемым, синхронизируемым откликом транспондера и сквитера для широковещательного оповещения;

- использование преимуществ цифровой линии связи, обеспечивающей расширенное наблюдение, усиленный сквитер и реализацию всех функций при организации режима предотвращения столкновений воздушных судов;

- совместимость с ATN;

- доступность 2^{24} или более чем 16 млн индивидуальных адресов для нужд организации наблюдения.

Режим A, как уже говорилось, может дать для адресной идентификации воздушных судов только 4.096 дискретных кодов, и полномочные органы ОрВД (АТМ) должны определить порядок выделения кодов SSR в соответствии с региональными аэронавигационными соглашениями с учетом других пользователей этой системы. Такому способу идентификации присущи по крайней мере два недостатка:

- при выборе кода режима A должны учитываться план наблюдения и позывной идентификатору, указанному в полетном плане;

- назначение кода режима A ограничено только теми рейсами, с которыми устанавливается радиосвязь. .

Кроме того, существуют районы, где, для того чтобы справиться с нагрузкой, необходимо больше идентификационных номеров, чем это позволяет код режима A, и возникает необходимость совладать с возможными трудностями. Используя ка-

нал передачи данных, сформированный режимом S, можно напрямую сообщать идентификационный номер, который указан в полетном плане. Если же полетный план не зарегистрирован, то сообщается регистрация воздушного судна. Таким образом, удастся избежать многих двусмысленностей, возникающих при идентификации воздушного судна с помощью SSR через код режима A. Сообщение об идентификации воздушного судна должно содержать или фиксированный для воздушного судна регистрационный кодový номер, или сообщенный пилотом для воздушного судна полетный номер.

Код высоты, обеспечиваемый ADS в режиме S, определяется с точностью до 25 фут. Данные о высоте могут передаваться по любому подходящему цифровому каналу. По каналу передачи данных режима S информация о статусе воздушного судна может передаваться на Земле и в воздухе. Такая информация обычно используется для согласования текущих позиций с полетным планом.

В настоящее время при создании систем SSR обязательно предполагается внедрение моноимпульсного режима, после чего эти системы обозначаются как MSSR. Моноимпульсный режим позволяет уменьшить частоту повторения наземных запросчиков, что позволит повысить пропускную способность системы вторичных радиолокаторов. Используются следующие преимущества моноимпульсной технологии:

- значительное улучшение точности определения местоположения воздушного судна и разрешения наблюдаемых целей;

- уменьшение риска перекрытия сигналов ответа — здесь за счет использования моноимпульсной технологии» для подтверждения достоверности кода требуется только два ясных ответа;

- снижение потребности в высоких скоростях повторения импульсов запросчика, что обеспечивает сокращение помех в линии связи между приемником и передатчиком;

- возможность внедрения линии передачи данных "земля—борт" в режиме S.

В некоторых системах УВД локаторные устройства слежения используются для предсказания предстоящего положения в динамике полета воздушного судна, чтобы избежать конфликтов. Эти функции слежения могут быть расширены, для этого передаваемая с борта информация должна содержать курс и угол крена воздушного судна, которые позволят обнаружить начинающийся маневр.

Используя хорошо исследованные в радиолокации принципы пассивной радиолокации [19, 39,72, 73], при которой можно организовать измерение дальности до объекта с установленным

излучателем, можно с помощью SSR организовать обзор воздушного пространства с оценкой координат сопровождаемого объекта.

Принцип работы системы пассивной радиолокации основан на различии во времени распространения сигнала, изучаемого транспондером воздушного судна, до совокупности приемников, координаты которых известны. Система может быть реализована в вариантах с тремя (в случае 2D системы) или с четырьмя (в случае 3D системы) выносными принимающими станциями, базирующимися на Земле и соответствующим образом развернутыми на ландшафте, а также с центральной станцией обработки информации, обеспечивающей сравнение задержек фиксируемых сигналов от транспондера. Сигналы транспондера самолета (запрашиваемые SSR), посылаемые всенаправленно в форме кодового сигнала, используются как базовый источник информации.

Принимающие станции одновременно принимают сигналы для обработки, переданные транспондером воздушного судна или системой DME, установленными на борту. Используя разностно-временный метод (гиперболический метод или инверсия Лорана), удастся оценивать горизонтальное в плане положение воздушного судна (для 2D системы) или истинное пространственное положение самолета (для 3D системы).

Из принятых сигналов транспондера извлекается следующая информация: идентификация самолета (режим A); барометрическая высота самолета (режим C); адрес (режим S) и другие сведения.

В реализации систем пассивной радиолокации большую помощь может оказать сквитер как тип ответа. В этом смысле система пассивной радиолокации может быть использована в качестве резервного дополнения автоматического зависимого наблюдения ADS-B. Системы пассивной радиолокации могут сопровождать воздушные суда даже в зените.

Система пассивной радиолокации использует существующую среду SSR (или другие сигналы от бортовых передатчиков) и не нуждается в каком-либо дополнительном оборудовании воздушного судна. Она позволяет достичь высокой точности определения координат местоположения и точности сопровождения воздушных судов, сопоставимых с MSSR.

Радиоэлектронное оборудование, используемое для реализации ADS, базируется на различных системах связи, включая авиационную спутниковую службу связи AMSS, линии передачи данных в диапазонах HF (HF DL) и VHF (VDL), на базе которых организуются цифровые информационные сети ATN. Ли-

ния передачи данных на основе комплекса средств SSR, использующая режим S, несколько отличается от таких цифровых систем электросвязи большими возможностями за счет реализации в рамках одной системы принципов радиолокационного или зависимого наблюдения за воздушной обстановкой.

Стандартами ICAO на SSR предусмотрено несколько режимов их взаимодействия с бортовыми ответчиками:

радиолокационное определение координат воздушных судов (режим RBS);

информационный обмен для обеспечения зависимого наблюдения воздушного судна (режим S) в соответствии с протоколами иницируемых наземной системой сообщений от воздушного судна типа Comm-B (В этой книге не рассматривается структура сигналов формируемых транспондерами, когда каждое поле сигнала размечено под передачу сообщения по линии связи "вверх" и по линии связи "вниз". Именно в этом случае и действуют соглашения об использовании форматов сообщений, частными случаями таких форматов и с применяемыми кодами являются Comm-A, Comm-B, Comm-C, Comm-D);

информационный обмен для обеспечения передачи данных "земля — борт воздушного судна — земля" в соответствии с протоколами режима S.

В настоящее время SSR с режимом S активно внедряются во многих странах, например, в США. Идет интенсивная подготовка к внедрению режима S в Европейском регионе. Практически на всех магистральных воздушных судах установлены ответчики SSR. Достаточно большое количество воздушных судов оборудовано ответчиками SSR уровней 3-4, позволяющими осуществлять информационный обмен для реализации режима зависимого наблюдения. При этом сообщения, которые необходимы для передачи наземным системам УВД и находящимся в воздухе воздушным судном, формируются за счет пересылки имеющихся на борту воздушного судна полетных данных в один из 255 буферов (накопителей) приемоответчика режима S.

Такая система позволяет в любое нужное время извлекать имеющуюся на борту воздушного судна информацию, находящуюся в одном из 255 буферов бортового ответчика, и направлять ее для дальнейшей передачи в центр УВД. Информационное содержание ряда регистров передается приемоответчиком автоматически без инициативы наземных станций в так называемом широкопередаточном режиме. Широкопередаточные сообщения от воздушных судов могут приниматься всеми наземными системами режима S, в зоне действия которых в данный момент находится воздушное судно.

Несмотря на то, что в США и Европе осуществляется широкомасштабное внедрение наземных вторичных радиолокаторов режима S, их стоимость достаточно высока, чтобы предлагать их повсеместное использование в такой огромной стране как Россия. Скорее всего, внедрение SSR с режимом S в условиях РФ будет осуществляться в некоторых регионах с достаточно высокой интенсивностью воздушного движения, особенно международных авиарейсов.

Анализ стандартов ICAO на системы обзорной радиолокации и предупреждения столкновений воздушных судов показывает, что их основным содержанием являются требования и процедуры цифрового информационного обмена, безотносительно к тому, выполняется ли этот обмен системой радиолокационного типа с узконаправленным сканирующим лучом или связной системой цифрового информационного обмена с всенаправленным излучением. Таким образом, для решения задачи автоматического зависящего наблюдения с использованием принципов SSR с режимом S может быть применено значительно более простое и сравнительно дешевое наземное оборудование, чем SSR с режимом S, но обеспечивающее нормальное его взаимодействие с бортовыми ответчиками УВД в режиме сквитера в полном соответствии со стандартами ICAO. Существенным преимуществом оборудования информационного обмена на принципах SSR режима S по сравнению с другими системами ADS является достаточно высокая пропускная способность, позволяющая при необходимости передать информационные пакеты объемом до 1,8 кбит за время 0,8 — 2,2 мс.

В соответствии с Руководством по специальным услугам режима S (Doc. ICAO 9688-AN/952, 1997 г.) определены форматы данных для сообщений Comm-B. Этот документ содержит форматы так называемых расширенных самогенерируемых сообщений, а также сообщения, которые иницируются наземной станцией. Режимы информационного обмена для обеспечения ADS воздушного судна реализуются в соответствии с протоколами иницируемых наземной системой сообщений от воздушного судна типа Comm-B. Кроме того, также может быть реализован независимый информационный обмен для обеспечения передачи данных "земля — борт — земля" в соответствии с протоколами режима S.

Расширенные самогенерируемые сообщения, автоматически передаваемые бортовыми ответчиками УВД без запросов наземных систем, содержат информацию: о местоположении воздушных судов в воздухе, в аэропорту при рулении на Земле; о статусе, скорости передачи расширенного самогенерируемого сигнала

приемоответчика; о скорости воздушного судна при нахождении его в воздухе; определяемую отдельными событиями технического порядка непосредственно на борту. Указанные самогенерируемые сообщения могут приниматься приемными устройствами режима S, включенными в наземные автономные радиоретрансляторы [41, 43, 56, 68] главного конструктора Б.И. Кузьмина, и через них передаваться в центры УВД.

Наземные автономные радиоретрансляторы могут размещаться в труднодоступных и малонаселенных районах и функционировать длительное время без обслуживания, постоянно прослушивая пролетающие воздушные суда и передавая полученные данные в центры УВД. В состав их оборудования входят: приемное устройство режима S, сигнальный процессор, всенаправленная приемная антенна, средства управления, источники питания и др.

Наземные станции могут работать не только в "пассивном", но и в "активном" режимах. В последнем случае аппаратура наземной станции включает в свой состав еще и передающее устройство. При этом как приемный, так и передающий тракты наземной станции полностью совместимы с бортовыми ответчиками по форматам сигналов и протоколам информационного обмена. Такие станции могут использоваться в составе аэронавигационных центров УВД.

Передаваемые с воздушных судов сообщения, иницируемые (передаваемые по запросу) наземной станцией, позволяют получить на Земле от воздушного судна достаточно большой объем информации, в том числе донесения о его точном местонахождении, направлении и скорости, опознавательном индексе и др. Наличие подобной информации от всех воздушных судов, находящихся в зоне действия системы, дает возможность иметь подробные данные о воздушной обстановке, отображать эту информацию на местных контрольных мониторах и транслировать ее в соответствующие районные центры УВД. При необходимости может быть организован обмен информацией с любым из воздушных судов по каналам передачи данных.

Бортовой ответчик режима S включает в свой состав приемо-передающие устройства и соответствующие процессоры, обеспечивающие протоколы информационного обмена. Для обеспечения всенаправленного приема запросных сигналов используется две антенны, к каждой из которых подключено свое приемное устройство. Ответные сигналы передаются через одну из антенн, которую выбирают на основании оценки амплитуд запросных сигналов.

Бортовые ответчики режима S при ведении связи с наземными станциями позволяют реализовать протоколы сообщений как стандартной длины SLM, так и удлиненных сообщений ELM. Использование протоколов сообщений стандартной длины позволяет передать на наземную станцию содержание 255 буферов, содержащих текущую информацию. Использование протоколов удлиненных сообщений позволяет реализовать линию передачи данных и организовать передачу информационных пакетов объемом до 1280 бит по направлениям "земля — борт" и "борт — земля". Линия передачи данных режима S на базе удлиненных сообщений может дополнительно использоваться для предоставления услуг различным группам пользователей, включая абонентов ATSC, AOC, AAC.

В случае использования на борту воздушного судна ответчиков так называемого "первого уровня", которые могут работать только в режиме RBS, с борта может быть получена информация о номере судна, его высоте и удалении. При наличии в составе наземного комплекса автоматического радиопеленгатора ADF может быть дополнительно определено значение азимута воздушного судна. Этот режим может также использоваться и при работе с ответчиками более высоких уровней, работающих в режиме S, для оценки правильности поступающей с борта информации в сообщениях "Comm-B" GICB (Ground Initiated Comm-B), выявления грубых ошибок и их своевременном исправлении. Информационный обмен между Землей и бортом может быть осуществлен с применением сравнительно простого наземного приемопередающего устройства с несложной антенной системой, простыми вычислительными средствами и модемами для передачи данных в центры УВД.

Наземная станция информационного обмена строится по известной схеме приемопередающего устройства, работающего с общей антенной и цифровым источником питания. Обмен информацией производится на несущих частотах системы SSR в VHF диапазоне 1030 МГц по каналу "земля — борт" и 1090 МГц по каналу "борт — земля". •

В наземной станции могут быть использованы всенаправленные антенные системы и упрощенные фазированные антенные решетки (ФАР) с малым числом элементов (15—21), имеющие ширину диаграммы направленности в горизонтальной плоскости порядка 15—20°, Управление лучом ФАР с помощью блока автоматики может проводиться на основе информации о воздушной обстановке, формируемой в вычислителях наземной станции, и передаваемой по системе телеуправления и телесигнализации.

Достоверность получаемой информации оценивается так же как и в системе SSR за счет анализа последовательности "проверки четности", состоящей из 24 бит и передаваемой в каждом кодовом слове принимаемой с борта или на борту информации. Это позволяет обеспечить частоту необнаруженных ошибок — менее одной необнаруженной ошибки на 10⁹ 112-битовых сообщений.

При необходимости наземная станция может не только решать задачи зависимого наблюдения и информационного обмена, но и передавать на борт воздушного судна данные "дифференциальных поправок" от контрольно-корректирующих станций международно/отечественной системы спутниковой радионавигационной системы GPS/ГЛОНАСС с помощью управляющей ПЭВМ, включенной в локальную вычислительную сеть наземной станции УВД.

В зависимости от предъявляемых требований наземная станция может быть выполнена в различной комплектации - с резервированием или без резервирования основной аппаратуры. При осуществлении приема на Земле только самогенерируемых сообщений бортовых ответчиков нет необходимости в наземном передающем устройстве. Это позволяет реализовать весьма простое и дешевое наземное оборудование в виде устройства, способного длительное время работать без обслуживания с минимальным потреблением электроэнергии, по стоимости сопоставимое с аналогичными существующими наземными системами ADS [68], работающими в VHF диапазоне (VDL, режим 4), но без присущих им недостатков. Получаемая наземным оборудованием информация может передаваться в центры УВД по каналам связи, в том числе радиорелейным линиям [57]. Подобное автономное наземное оборудование может найти широкое применение в отдаленных и малонаселенных районах Севера, Сибири и Дальнего Востока РФ, где отсутствуют радиолокационные средства контроля за воздушным движением, но которые планируется интенсивно использовать при организации высокоэффективных трасс и трансполярных международных авиамаршрутов [51].

3.6. Автоматическое зависимое наблюдение

Автоматическое зависимое наблюдение ADS есть технология наблюдения, базирующаяся на автоматическом поступлении по линии передачи данных информации от бортовых навигационных систем и систем определения местоположения (именно бортовых — в этом и состоит суть зависимого наблюдения), которая содержит идентификатор воздушного судна, местопо-

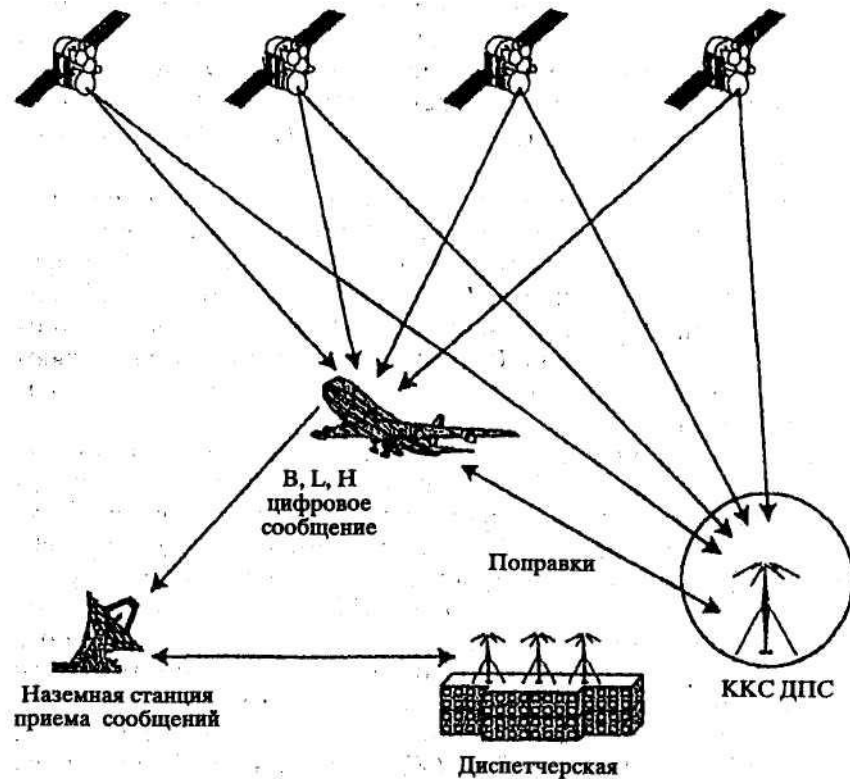


РИС. 3.1. Функции ADS

жение в четырехмерных координатах и дополнительные данные о состоянии воздушного судна и окружающего его воздушного пространства, если это необходимо.

Из рис. 3.1 видно, что система ADS основывается на определении воздушным судном своих координат и скорости с помощью спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС/GPS, а также в будущем — Европейской системы "Галилео" и их дополнений в виде широкозонных дифференциальных подсистем EGNOS, VSAS и локальных подсистем типа LAAS. Определенные навигационные параметры и другие данные передаются по линии передачи данных на наземную станцию приема сообщений, а затем диспетчерам. Эта информация должна приниматься и другими воздушными судами.

При радиолокационном наблюдении строгие эксплуатационные требования предъявляются, главным образом, к прием-

никам наземных РЛС. Реализация ADS обращает основное внимание на бортовую навигационную систему и канал передачи данных с борта воздушного судна.

Использование ADS позволяет службе УВД расширять область автоматического наблюдения вне зон действия радиолокаторов, а также осуществлять контроль над морскими регионами и многими труднодоступными участками Земли, выпадающими из зоны развернутого радарного наблюдения. Безусловно, внедрение ADS окажет значительное воздействие на все технологии ОрВД (АТМ). По крайней мере, система УВД должна основываться (базироваться) именно на ADS.

Может сложиться представление о непосредственной и обязательной связи концепции ADS с реализацией соответствующих спутниковых технологий. Передача текущего местоположения воздушного судна может быть в принципе осуществлена по любому каналу связи, а сама передаваемая навигационная информация может быть получена совсем не обязательно с помощью спутниковой навигационной системы.

ADS потенциально способно преодолеть многие ограничения традиционных систем УВД с радиолокационным наблюдением. Это:

- недостаточная интеграция бортовых и наземных систем;
- отсутствие на борту воздушного судна информации об окружающем его трафике;
- ограниченный радиус действия существующих систем;
- малая точность и частота обновления координат воздушного судна;
- низкая эффективность и высокая стоимость систем предупреждения столкновений;
- загруженность каналов речевой связи "борт — земля".

Одним из преимуществ ADS является расширенная зона наблюдения. Расширение зоны наблюдения положительным образом сказывается на безопасности и пропускной способности. Повышенная наблюдаемость позволяет сокращать эшелонирование и таким образом увеличивать пропускную способность при поддержании того же уровня безопасности. Кроме этого, сокращение расхода топлива и более гибкий выбор маршрута снижают нагрузку на окружающую среду.

Однако ADS порождает свои собственные проблемы, и этими проблемами нужно заниматься. На первом месте стоит вопрос о безопасности ADS. Сбой в бортовой навигационной системе приводит к отказу всей системы наблюдения. Другим "узким местом", приводящим к сбою в работе навигационной системы и системы наблюдения является линия передачи данных.

Указанная тесная взаимозависимость между связью, навигацией и наблюдением обычно не принимается во внимание при развертывании и поддержании технологий CNS/ATM. Сегодня все еще господствует мнение, что, если система УВД опирается на функции навигации и связи, она может нормально работать, а потеря функции наблюдения не повлияет на безопасность. При реализации систем наблюдения, основанных на ADS, особое внимание нужно обращать на то, чтобы на случай потери одной из этих функций были предусмотрены надежные средства для компенсации отказа. Это означает, что могут потребоваться резервные средства связи (например, использование речевой спутниковой связи).

Связь "земля - борт" обеспечивается с помощью многолучевой радиосистемы, в которой приемник и передатчик удовлетворяют требованиям ICAO в части реализации режимов VDL-1,2,3, DBS-AM, низкоскоростной передачи данных, передачи и приема речи. Для подключения мощностей авиационной цифровой сети электросвязи ATN к эффективной реализации ADS необходимы маршрутизатор ATN, блок интерфейса с радиоканалом, блок интерфейса наземной сети и процессор управления каналом передачи данных.

Технические средства при реализации режима ADS обеспечивают следующие функции:

бортовая система ADS осуществляет подготовку полученных на борту воздушного судна данных в приемлемом для органов УВД формате информации о наблюдении;

канал связи "борт — земля" осуществляет трансляцию данных с борта воздушного судна для органов УВД;

наземная станция обработки полетных данных FDPS осуществляет сбор и обработку полученной информации и предоставляет ее диспетчеру в целях оценки воздушной обстановки и предотвращения возможных конфликтов.

Канал электросвязи "борт — земля" является цифровым (см. гл. 1), что позволяет информировать диспетчера о местоположении воздушного судна в реальном времени. Информация передается автоматически без участия пилота или диспетчера. Передаваемые данные ADS включают:

информацию о местоположении воздушного судна, получаемую от бортовых навигационных систем управления с темпом выдачи, контролируемым наземными службами УВД;

информацию о маршруте, имеющуюся на борту воздушного судна и используемую при его навигации, которая дает возможность системе УВД оценить отклонения воздушного судна от заданной ему траектории полета;

метеорологические данные для службы воздушного движения и соответствующих метеорологических служб.

Несмотря на то, что сама по себе ADS не обеспечивает функции электросвязи и автоматизации, однако все эти функции должны поддерживать реализацию ADS, хотя бы тем, что все поступающие в систему ADS данные должны быть достоверными и своевременными. По этой причине необходимо рассмотреть функции автоматизации и электросвязи системы CNS/ATM под углом зрения реализации ADS.

ADS позволяет значительно изменить маршруты полета воздушных судов, особенно над океаническим и труднодоступным регионами, где традиционные "радарные" технологии УВД не имеют соответствующего обеспечения. Точность и периодическая индикация положения воздушного судна — основа функционирования надежной, информированной и эффективной системы ОрВД (АТМ). Используя в должной мере возможности ADS, диспетчер будет лучше отслеживать траекторию воздушного судна, выдерживать требуемые безопасные интервалы полета по всем четырем координатам и формировать полные и точные данные о полете и в целом о воздушной обстановке для их трансляции участникам воздушного движения и руководителям. Здесь прослеживается тенденция постепенного перехода от процедурно ориентированных технологий УВД к тактическим технологиям управления, базирующимся на более полной и оперативной информации о воздушном транспортном пространстве, размеры которого могут быть фактически любыми.

Для организации АТS перед входом воздушного судна в конкретную зону обслуживания должно устанавливаться соглашение между бортовой и наземной автоматизированными системами ADS. Именно по этой причине, при названии рассматриваемой функции добавляются буквы, указывающие на установление подобного соглашения: ADS-A (Addresses) или ADS-C (Contracted). Исходя из характеристик воздушного судна, типа обслуживания, сложности и плотности воздушного движения наземная станция обработки полетных данных FDPS назначает соответствующий тип соглашения (контракта) о предоставлении обслуживания ADS. От одного до четырех отдельных наземных средств могут одновременно инициировать соглашения об ADS с одним воздушным судном. В рамках этого соглашения FDPS посылает конкретные контрактные запросы в целях определения типов информации и условий, в соответствии с которыми донесения должны передаваться с борта воздушного судна. Соглашение устанавливается принимающим органом УВД перед входом воздушного судна в контролируемое им воздуш-

ное пространство и после того, как передано управление следующему органу УВД, предыдущий орган УВД разорвет соответствующее соглашение об ADS с этим воздушным судном.

Служба ATS может предлагать в рамках соглашения одноврменно несколько контрактов воздушному судну. Выбор может быть сделан из следующих вариантов контрактов на передачу:

регулярных сообщений, согласно которому на борту воздушного судна сообщения составляются и передаются с указанным в контракте интервалом;

нерегулярных сообщений, согласно которому на борту воздушного судна сообщения составляются и передаются в тех случаях, которые предусмотрены контрактом — при изменении высоты, пролете точки маршрута и т.п.;

сообщений по запросу, согласно которому на борту воздушного судна сообщение составляется и передается только в том случае, если поступила соответствующая команда с Земли.

Согласно поступившей в рамках контракта просьбе различные типы информации включают в заранее определенные блоки данных. Эти блоки содержат основной блок ADS с данными о местоположении в четырех измерениях и дополнительные блоки данных, которые передают по запросу. Дополнительные блоки данных включают сведения о векторе и профиле полета, намерениях воздушного судна, а также метеорологическую информацию.

Для режима ADS-A(C) используется цифровой канал передачи данных типа "точка-точка" с установлением соединения. Каждый доклад о местонахождении воздушного судна направляется от этого судна только одному адресату на земле. Получение доклада о местонахождении подтверждается, поэтому экипаж знает, что его доклад дошел до адресата. Получателями данных всегда являются наземные системы наблюдения (например, промежуточная система обработки данных наблюдения для центров УВД) или другие наземные системы, такие как, например система оперативного оповещения о потенциальном конфликте в воздухе. ADS-A(C) обеспечивает наблюдение только с помощью канала передачи данных "борт — Земля". Конкретной реализацией ADS-A(C) является система FANS-1/A. Она базируется на бортовом оборудовании, использующем систему бортовой связи, адресации и передачи донесений ACARS, для выполнения двух функций: ADS-A(C) и организации линии передачи данных "пилот - диспетчер" CPDLC.

Режим ADS-A(C) реализуется на основе существующих каналов передачи данных — VHF, спутниковом AMSS и HF (HFDL). Приложение ADS позволяет диспетчерам своевремен-

но получать от оснащенных средствами ADS воздушных судов данные о местоположении и другую информацию, а также обеспечивать слежение во вне радиолокационном воздушном пространстве. Выгоды ОрВД (АТМ) от применения приложения ADS могут включать уменьшение минимумов эшелонирования и более эффективное использование воздушного пространства. Реализация ADS на основе надежной связи по линии передачи данных и точных бортовых навигационных систем обеспечат услуги наблюдения за воздушными судами где угодно, в том числе в океаническом воздушном пространстве и приполярных областях. Кроме того, появляется ряд преимуществ на маршрутах континентального воздушного пространства, в узловых районах и аэропортах. Автоматическая передача местоположения воздушного судна посредством ADS заменяет существующие донесения пилота о местоположении. Содержание и частота передачи данных определяется диспетчером УВД.

Каждый доклад ADS должен содержать показатель качества, который указывает точность определения местоположения и показывает, работают или нет мультинavigационные системы, а также имеется ли в наличии система предупреждения столкновений ACAS.

Информация ADS может быть полезна для УВД при осуществлении следующих функций:

контроль за местоположением;

контроль соответствия, в этом случае информация сравнивается с ожидаемым местоположением воздушного судна, имеющимся в текущем плане полета;

определение конфликта, базирующееся на анализе данных ADS, которые могут быть использованы для определения нарушения минимума эшелонирования;

предсказание конфликта, основывающееся на определении потенциальных нарушений норм эшелонирования;

управление полетом на основе выработки оптимальных топливосберегающих маршрутов.

Основанная на ADS система УВД должна быть определена в контексте всех необходимых компонентов — от бортового электронного оборудования до устройства сопряжения с диспетчером УВД.

Сообщения ADS передаются автоматически без участия пилота. Частота передачи сообщений определяется системой ОрВД (АТМ). Однако в случаях, когда необходимо передавать сообщения чрезвычайной важности, пилот воздушного судна в рамках ADS может инициировать аварийный режим. В этом режиме донесения ADS будут передаваться с высокой частотой в

целях выполнения процедур УВД и AL по предупреждению об опасности и оказания помощи в проведении операций по поиску и спасению. В аварийном режиме основной блок ADS будет передаваться в каждом донесении, а данные о векторе и путевой скорости будут включаться в каждое пятое донесение. Здесь обеспечиваются прием и передачу стандартных данных, а также прямую голосовую связь "пшют—диспетчер" для передачи чрезвычайных и не предусмотренных протоколами ADS данных.

Функции ADS поддерживаются бортовой авионикой, которая обеспечивает сбор информации от бортовых систем, формирование цифровых данных и их передачу с использованием цифрового канала связи "земля—борт". Бортовая авионика способна также принимать данные от наземных служб УВД, как правило, уточняющие полученные с борта воздушного судна данные, а также дополнительную информацию о состоянии воздушного транспортного пространства.

Цифровой канал связи, организуемый в рамках развертывания ADS между наземными пунктами ОрВД (АТМ) и воздушными судами, безусловно, должен пропускать без искажений весь требуемый объем информации. Архитектура такой системы электросвязи должна обеспечить грядущее наращивание возможностей при совершенствовании всей системы CNS/АТМ. В то же самое время функциональное единство в обслуживании, узаконенность совершаемых процедур должны обеспечить пользователям совместимость используемых средств, а также гибкость при развертывании ADS в различных регионах.

Эффективное функционирование систем УВД на базе ADS требует наличия хорошо развитой наземной инфраструктуры передачи данных с цифровыми интерфейсами и стандартизированными стыками для взаимодействия всех наземных пунктов ОрВД (АТМ). Одна из функций такого интерфейса будет заключаться в маршрутизации сообщений ADS соответствующими пунктами сети АТН. Возможно осуществление прямого соединения двух пунктов между собой с использованием соответствующих сетевых технологий. Вообще говоря, передача данных ADS возможна с помощью различных средств авиационной электросвязи: спутниковых, VHF, HF связей и режима S вторичного радиолокатора SSR.

Система CNS/АТМ, используя ADS, способна автоматизировать следующие функции, реализуемые в рамках технологий управления полетом:

проверку полетных данных, поступающих в бортовую навигационную систему, в том числе о фактическом маршруте воздушного судна, а также оценку отклонений от заданного полет-

ным планом маршрута с соответствующим информированием участников движения;

мониторинг хода полета, при котором используются сообщения с борта воздушного судна о фактическом и заданном маршрутах для уточнения профиля полета с информацией диспетчеру;

автоматическое сопровождение маршрута, когда донесения ADS с борта воздушного судна сопровождаются системой CNS/АТМ;

определение потенциальных конфликтов на основе донесений ADS со всех воздушных судов и прогнозирования будущего состояния воздушного пространства с оценкой возможных опасностей от сближения воздушных судов на опасные расстояния;

при конфликтных ситуациях диспетчеру предлагаются варианты их разрешения, причем диспетчер может следовать этим рекомендациям непосредственно или после их корректировки;

представление на экране монитора диспетчера всей собранной информации от воздушных судов.

При реализации этих функций важнейшую роль, помимо спутниковой системы электросвязи, должна играть соответствующая вычислительная система, которая реализует процедуру сопровождения, сводящуюся к непрерывной оценке различия требуемых навигационных характеристик RNP с фактическими аэронавигационными характеристиками AN P. Функции такого вычислителя в концепции CNS/АТМ возлагаются на вычислительную систему FMCS или FMS, которую иногда также называют системой FMCS — MCDU (FMS — MCDU), подчеркивая принципиальную для нее роль многофункционального пульта управления и индикации MCDU.

В совокупности с системой FMCS реализация концепции CNS/АТМ позволяет всем участникам АТМ предоставить практически весь спектр навигационных услуг, включая, конечно, определение местоположения воздушного судна, причем эта процедура, помимо спутниковой навигационной информации, использует данные от других датчиков, особенно при полетах по наиболее напряженным маршрутам и в районе аэропортов. Полученная совокупность данных от навигационных датчиков после соответствующей обработки (например, осуществления калмановской фильтрации) позволяет сформировать оценки AN P. Несмотря на возможность достижения более высоких точностных характеристик и осуществления всеохватности навигационного поля этот путь является традиционным для радионавигации. Она сейчас развивается именно в этом направлении независимо от того, реализуется концепция CNS/АТМ или нет.

Перечисленные функции, требующие автоматизации, могут не обеспечиваться в полном объеме. Следует заметить, что реализация некоторых этих функций напрямую зависит от уровня автоматизации, реализуемого всей развернутой системой CNS/ATM.

При создании системы CNS/ATM, отталкиваясь от результатов исследования проблемы человеческого фактора, учитывается обязательное требование, чтобы интерфейс, обеспечивающий взаимодействие системы с диспетчером, должен быть таким, чтобы создаваемые системы или интегрируемые в действующие системы УВД снижали рабочую нагрузку диспетчера. Такой интерфейс должен обладать следующими возможностями:

- удобным и понятным восприятием на экране монитора текущей обстановки (трафика) в контролируемой диспетчером зоне;
- способностью сигнализировать диспетчеру о возможных конфликтах;

- отсутствием каких-либо препятствий и специальных требований к структуре формируемых диспетчером данных для передачи их через канал связи;

- способностью подтверждать, что необходимое сообщение получено пилотом и принято к исполнению;

- установлением быстрой голосовой связи с пилотом или группой воздушных судов в случае чрезвычайных ситуаций.

Сообщения, формируемые при ADS, подразделяются на основные, расширенные и вспомогательные.

Основные сообщения содержат информацию о текущих широте, долготе, высоте полета, текущем времени и точности определения местоположения. Эти сообщения передаются при реализации ОрВД (АТМ) автоматически и периодически, причем интервал может варьироваться по требованию службы АТМ, однако не реже, чем через 10 с.

Только по запросу передаются расширенные сообщения, куда включается информация о дальнейшем ходе полета авиационного средства после принятия решения командиром воздушного судна. При этом фиксируется также информация о контрольных точках (промежуточных точках маршрута) выбранной трассы полета.

Наконец, вспомогательные сообщения соответствуют информации об окружающей воздушное судно среде, прежде всего метеоинформации о температуре и скорости ветра.

С внедрением функции наблюдения в АТМ местоположение всех эксплуатируемых авиационных средств будет четко фиксироваться. Авиапредприятиям останется лишь грамотно органи-

зовать их использование с максимальной коммерческой выгодой для себя.

Все изложенное о нынешнем способе осуществления функции наблюдения на столь важных для нашей страны международных трассах служит еще одним аргументом в пользу скорейшего внедрения системы CNS/ATM. Она позволит для УВД воплотить принципы разделения ответственности и совместного принятия решений, обеспечивающие:

- гарантию безопасного разведения авиационных средств в едином воздушном пространстве;

- соблюдение основополагающего условия УВД — "видеть (слышать) и быть видимым (слышимым)".

3.7. Широковещательное ADS типа ADS-B

В рамках концепции CNS/ATM разработаны два способа ADS — адресное (контрактное) ADS-A(C) и широковещательное ADS-B. В них заложен общий фундаментальный принцип, когда данные с борта воздушного судна передаются по цифровому каналу другим пользователям. Однако они были разработаны для разных приложений, и подходы к их реализации различаются. Широковещательный режим зависящего наблюдения ADS-B — это одно из приложений базовой технологии ADS, который активно исследуется и испытывается в последние годы [12]. Режим ADS-B используется в дополнение к наблюдению с помощью SSR для обеспечения более эффективного наблюдения (заполнение разрывов в зоне действия наблюдения) и даже в качестве замены SSR в условиях низкой и средней плотностей воздушного движения. При наличии надлежащей бортовой авионики информация ADS-B может также использоваться в качестве основы для кабиной индикации о воздушном движении CDTI.

В ADS-B применена широковещательная (Broadcast) передача информации. Каждый позиционный доклад, передаваемый от воздушного судна, может быть получен другим судном или получателем на Земле (пунктом сбора информации) в зоне действия связи. Позиционный доклад могут получить несколько воздушных судов и наземных пунктов (или, возможно, ни один). Воздушное судно, передающее доклад, не знает, какие другие суда или наземные пункты получают позиционный доклад, потому что получение доклада не подтверждается. Вообще говоря, прямое взаимодействие воздушных судов при реализации режима ADS-B совершенно не зависит от наземной инфраструктуры. С другой стороны, он может применяться параллельно с существующей радарной инфраструктурой наблюдения,

особенно в рамках взаимодействия с SSR. Позиционный доклад, полученный на наземном пункте, будет передаваться в соответствующие системы наблюдения. Позиционные доклады передаются часто и регулярно, поэтому утрата небольшого числа позиционных докладов на работе системы CNS/ATM не сказывается. Следовательно, режим зависимого наблюдения ADS-B обеспечивается передачей данных по каналам "борт - земля" и "борт — борт". Здесь доклады с борта воздушного судна выступают в качестве первичного источника для обеспечения наблюдения.

Следует заметить, что в стандартах SARPs ICAO для авиационной телекоммуникационной сети ATN и CNS/ATM адресное (контрактное) ADS-A(C) называется просто ADS (чем мы и воспользовались в подразд. 3.6).

Вещательный режим может реализовываться на основе каналов связи, использующих VDL-4, режим S с расширенным сквиттером (за рубежом обычно говорят о режиме 1090ES — 1090 MHz Extended Squitter) и универсальный доступный трансивер UAT. Все три указанные канала связи обеспечивают передачу всех докладов и взаимодействие с экипажем через cabinный дисплей отображения полетной информации CDTI. Однако "привередливые" пользователи могут потребовать дублирования используемых каналов связи при осуществлении режима наблюдения. Так Федеральная авиационная администрация США FAA планирует использовать обязательно совместно оба канала 1090ES и UAT в воздушном пространстве и многоканальное сетевое шлюзование в пространстве аэропортов.

Все доклады ADS-B должны использовать одну и ту же геодезическую систему. Разработчики технологии ADS-B ориентировались на применение Всемирной геодезической системы 1984 г. WGS—84. Использование единой геодезической системы для всех докладов ADS-B позволяет исключить всякие трудности, проистекающие от выбора (точнее, переключения) канала связи, дисплея, транслируемого решения. Сказанное о выборе единой геодезической системы выступает на первый план, когда речь идет о формировании на основе режима ADS-B технологии по предотвращению коллизий в воздушном пространстве (подробнее см. в подразд. 3.6). Грамотное использование режима ADS-B и единой геодезической системы позволит значительно сократить число запросов (interrogations) при функционировании бортовой системы предупреждения воздушных столкновений ACAS.

Режим ADS-B позволяет осуществлять широковещательную передачу координат и опознавательного индекса воздушного

276

Т а б л и ц а 3.1

Характеристика	ADS-C	ADS-B
Необходимость установления режима	Контракт инициализирует диспетчер	Автоматически без участия Земли
Осведомленность о воздушной обстановке	Удиспетчера	У диспетчера и экипажа воздушного судна, оборудованного транспондером VDL4
Используемые линии передачи данных	ACARS, VDL2, VDL3, VDL4, AMSS, HFDFL	1090ES, UAT, VDL4
Необходимое оборудование на борту	Любая из вышеперечисленных линий передачи данных, программное обеспечение приложения ADS	Транспондеры, взаимодействующие по любой из перечисленных линий передачи данных
Необходимое оборудование на земле	Наземная станция для линии передачи данных	
Районы использования	В пределах прямой видимости и в океанических районах при использовании HFDFL и AMSS, в полярных областях с использованием HFDFL	Только в пределах прямой видимости
Возможность использования существующего оборудования	Имеется	Требуется установка соответствующих транспондеров
Ситуация на сегодняшний день	Внедрен и эксплуатируется	В стадии эксперимента
Отечественные разработки		Имеется

судна для использования бортовыми и наземными пользователями. Оборудование ADS-B может устанавливаться на транспортные средства в зоне аэропорта. Аппаратура ADS-B включает транспондер со встроенным GPS/ГЛОНАСС приемником и дисплей для отображения ситуации.

Помехоустойчивость канала связи в режиме ADS-B хуже в 8 раз по энергетике, чем в режиме ADS-C.

В таблице 3.1 приводятся сравнительные характеристики контрактного и вещательного режимов ADS.

Наилучший эффект достигается при сочетании обоих режимов ADS (контрактного и вещательного). В этом случае ситуационная осведомленность будет обеспечиваться: пилоту — за счет вещательного режима, диспетчеру в прямой видимости — вещательным и контрактным режимами, диспетчеру в океанических и приполярных районах — при помощи контрактного режима ADS.

Гармоничное сочетание возможностей VHF, HF диапазонов и спутниковой связи, основанное на некоррелированности их механизмов распространения, используется аэронавигационной сетью телекоммуникаций ATN с целью обеспечения глобального сплошного перекрытия связью "борт — Земля" с высокой надежностью в соответствии с требованиями интегрированной системы электросвязи, навигации, наблюдения в целях организации воздушного движения CNS/ATM.

Выигрыши режима ADS по сравнению с традиционным радиолокационным наблюдением следующие:

<i>Радары PSR и SSR</i>	<i>Наблюдение ADS-B</i>
Капитальные затраты на развертывание и большие эксплуатационные расходы	Низкая стоимость используемого оборудования
Невысокая точность	Высокая точность
Ограниченность охвата наблюдением	Наблюдение во всем околоземном пространстве
Экологические проблемы, связанные с воздействием электромагнитного излучения на окружающую среду	Отсутствие экологических проблем

При осуществлении наблюдения ADS-B ответчик воздушного судна работает в псевдослучайном режиме передачи импульсов (squits). Примерно два раза в секунду соответствующая система ADS-B сообщает данные о положении воздушного судна в пространстве (широта LTD, долгота Lon, высота ALT, время Time, разворот Turn). Относительно простое обо-

рудование воздушного судна в режиме радиопередачи сообщает о своей высоте и направлении другим воздушным судам, а также наземным станциям УВД. Любой пользователь на борту самолета или наземного транспортного средства может в пределах дальности действия радиопередачи осуществлять прием и обработку информации. Но воздушное судно или другое транспортное средство, осуществляющее такую радиопередачу, не может, разумеется, знать о том, кто или что примет ее. Применение ADS-B — это возможность сообщить окружающим о своем местоположении, и в то же время она не является в полной мере системой наблюдения, рассмотренной ранее.

Поскольку ADS-B является радиопередающей системой, она требует отдельных возможностей канала передачи данных, таких как режим S или наличие VHF каналов.

Полное оборудование ADS-B предполагает следующее: пользователь системы приобретет возможность лучше отслеживать окружающий его поток транспортных средств для более эффективной работы;

в системе ОрВД (ATM) предотвращать конфликтные ситуации смогут не только специальные наземные службы, но и сами пилоты;

снизится стоимость инфраструктуры наблюдения, поскольку радиолокационное оборудование в принципе может быть демонтировано, а в системе наблюдения могут использоваться преимущественно радиовещательные средства ADS-B.

Позволяя лучше понимать окружающую ситуацию в кабине самолета, само воздушное судно, таким образом, становится активным участником управления воздушным движением. В совокупности с компьютерным программным обеспечением ADS-B помогает избежать многих конфликтов, как в воздухе, так и на Земле. Пока что технология ADS-B остается незавершенной концептуально и технологически. Но после окончания работ в этой области ожидается внедрение ADS-B как самостоятельной части ОрВД (ATM).

Используемые в настоящее время ответчики режима S передают каждую секунду 56-битовые посылки Squitter, которые содержат адрес режима S. Усовершенствованные системы ADS-B с ответчиком режима S передают 112-битовые посылки Squitter (табл. 3.2).

Система одновременно предоставляет всем оборудованным соответствующими техническими средствами органам и наземному центру управления информацию о координатах, идентификаторе, высоте, скорости и направлении движения.

Таб л и ц а

Периодичность, с	Объем посылок, бит			Четность
	Управление	Адрес режима S	Информация	
0,5	8	24	56 (бортовая информация: широта, долгота, барометрическая высота или наземная информация: широта, долгота, путевой угол, перемещение)	24
2,0	8	24	56 (путевой угол плюс информация, которая будет определена в дальнейшем)	24
5,0	8	24	56 (опознавательный код ICAO для воздушного судна)	24

При оснащении всего парка воздушных судов оборудованием ADS-B станет возможным:

отображение всей воздушной обстановки бортовым индикатором воздушной обстановки на базе информации ADS-B от окружающих воздушное судно других судов по линии связи "борт — борт";

реализация функции предоставления экипажу информации об окружающей воздушной обстановке, в том числе, связанной с предотвращением столкновений;

автономное эшелонирование с гарантией предотвращения столкновений.

Типовой комплект аппаратуры для реализации ADS-B включает бортовое устройство (транспондер), имеющее в своем составе приемник спутниковой навигации, процессор и VHF передатчик режима 4. Приемник спутниковой навигации определяет координаты воздушного судна, а VHF передатчик эти координаты транслирует на Землю и всем воздушным судам, находящимся в зоне радиовидимости. С помощью бортового VHF приемника обеспечивается связь с Землей и соседними воздушными судами. Конечно, здесь обязательно решаются задачи установления частотного диапазона и формата VHF сигналов.

280

Помимо такого "стандартного" варианта ADS-B, выполняющего только функции автоматического зависимого наблюдения, отечественное предприятие ВНИИРА-Навигатор проводит сейчас разработку комбинированного варианта аппаратуры ADS-B, названного АЗНП, обеспечивающего, в дополнение к функциям наблюдения, возможности навигации и посадки воздушного судна по спутниковым системам ГЛОНАСС/GPS. Острую потребность в бортовой аппаратуре с такими функциями испытывают районы Крайнего Севера и Дальнего Востока России. Использование АЗНП на борту воздушных судов, в первую очередь, вертолетов, обеспечивает:

пилотирование воздушных судов в любых погодных условиях;
ежесекундное информирование наземных диспетчерских служб о местонахождении воздушных судов;

посадку воздушного судна на любой, не оборудованный стационарной посадочной системой, аэродром или посадочную площадку.

Таким образом, появляется возможность наблюдать и контролировать воздушное судно на протяжении всего полета независимо от его местоположения и маршрута.

После реализации на всех воздушных судах технологии ADS-B оказывается возможным для экипажа воздушного судна иметь все необходимые статические (позывной, регистрационный номер, измеренную дальность до наземных объектов УВД, картографическую информацию в полном объеме) и динамические (эшелон полета, курс следования, скорость, вектор экстраполяции, измеренную дальность "воздушное судно — земля", "воздушное судно — другое воздушное судно") параметры движения воздушного судна на экране ситуационного дисплея в течение всей продолжительности полета. В свою очередь, у диспетчера появляется возможность обмена сообщениями, командами, а также дополнительной или нестандартной информацией в текстовом формате с отображением истории обмена на экране CPDLC, а также одновременное ведение протокола данных объективного контроля.

Кроме этого, появляется возможность передачи УВД другому органу УВД (оборудованному ADS и CPDLC) по маршруту полета с использованием канала передачи данных (через воздушные суда), без дополнительных согласований наземными службами по каналу связи "земля — земля".

ОРВД (АТМ) на маршрутах с применением технологии ADS обеспечивает всем требованиям безопасности полетов и в то же время позволяет увеличить пропускную способность воздушного пространства, так как здесь преодолеваются все ограничения,

связанные с дальностью радарного наблюдения и VHF радиостанций.

Контракты ADS и связь по CPDLC осуществляются со всеми воздушными судами. Воздушные суда, не имеющие соответствующего оборудования, вводятся в систему отображения воздушной обстановки вручную, что называется более привычно как "трек по плану". В этих случаях УВД осуществляется традиционным способом.

Как правило, средства ADS создаются как системы с открытой архитектурой и предоставляют диспетчерам возможность пользоваться дисплеями, подобными индикаторам РЛС, с высокой точностью воспроизведения воздушной обстановки по координатам спутниковой навигационной системы, передаваемым с борта оборудованного воздушного судна через спутниковый канал или канал передачи данных. Команды и указания диспетчеров центра УВД и запросы экипажа также передаются через спутник и наземную сеть SITA. Хотя частота обновления не столь велика, как при радиолокационном наблюдении, и временной интервал нужно выбирать с учетом задержки в сети, информация ADS считается более точной и полной, чем речевые процедурные доклады экипажа. Экипаж воздушного судна, не имеющего средств ADS, должен связываться с удаленной станцией VHF, которая транслирует позиционные доклады и запросы пилотов через спутниковый канал в центр УВД. Открытая архитектура средств ADS позволяет ей легко сопрягаться с аэродромными и трассовыми РЛС, если в дальнейшем будет решено добавить эти системы. В системе имеются базы радиолокационных данных и полетной информации, а также системы предупреждения об опасном сближении с другими воздушными судами и нарушении безопасной высоты полета. Основными элементами средств ADS, определяющими практически все пользовательские характеристики развернутого с помощью указанных средств функции наблюдения являются дисплеи воздушной обстановки, канала передачи данных и полетной информации.

Экран дисплея воздушной обстановки напоминает радиолокационный индикатор — экран с окрашенными символами, обозначающими местоположение воздушных судов. Формуляр с управляемым содержанием включает: идентификатор и тип воздушного судна, текущую высоту, следующий промежуточный пункт маршрута, высоту и время пролета следующего пункта. Позиционные доклады на индикаторе воздушной обстановки обозначены разными символами: метка ADS — треугольник, радиолокационная метка — прямоугольник. Помещенный внутри прямоугольника крест означает синтетическую инфор-

мацию на основе речевых докладов экипажа в момент подключения или разрыва связи воздушного судна с системой. Система автоматически прерывает связь по каналу данных, когда воздушное судно входит в радиолокационное поле, что позволяет сократить плату за использование сети связи. После выхода из радиолокационного поля контракт ADS возобновляется. Оператором сети является SITA, хотя здесь возможно воспользоваться сетью ARINC, каналами связи в диапазонах VHF и HF, равно как и другими линиями связи.

Средства ADS, как правило, содержат систему управления передачей данных, построенную на операционной системе X-Windows, которая в хронологическом порядке ведет протоколы обмена между экипажем воздушного судна и диспетчерами по каналу CPDLC. Сообщения, полученные от воздушного судна, подразделяются на сообщения, требующие и не требующие ответа диспетчера. Сообщения, отправляемые на борт, обрабатываются аналогичным образом. Когда приходит ответ экипажа воздушного судна на посланное диспетчером сообщение, последнее автоматически переводится из категории "ожидание ответа" в категорию "история". Вся история обмена сообщениями объединяется в один список для удобства анализа ситуаций. Текст на экране кодируется цветом и содержит символы, обозначающие срочность. Список текущих полетов отображается в отдельном окне. Управление дисплеем воздушной обстановки осуществляется с помощью указателя и клавиши мыши, а также высвечиваемых меню. С целью резервирования имеются "горячие" клавиши управления. Система ADS должна обеспечивать кодировку, форматирование и передачу всех сообщений в соответствии с необходимыми протоколами. Система также призвана вести постоянный мониторинг всех каналов связи и записывает все входящие и исходящие сообщения для последующего анализа. Если сообщение не доставлено или был сбой, то на экране канала данных появляется предупреждение. В серверах и самой локальной сети по технологии, принятой в ГА, обязательно должно быть применено аппаратное резервирование.

3.8. Системы наблюдения, предупреждающие возникновение опасных ситуаций

Общие сведения. Системы наблюдения, предназначенные для корректировки траекторий полета воздушного судна по результатам наблюдения опасных для полета структур и образований объединены в одну группу далеко не случайно.

Во-первых, сами подобные системы конструктивно все чаще объединяются в единые комплексы. Это соответствует реально наблюдаемой сегодня в радиоэлектронике тенденции интегрирования систем. В рекламных проспектах на радиоэлектронные системы слово "интегрированный" стало едва ли не наиболее популярным. Намечается также явная тенденция использовать аппаратные части (антенны, приемники, процессоры и т.д.) одних систем, например, радионавигации, электросвязи для применения в других системах. Все радиоэлектронные средства, размещаемые на борту некоторого авиационного транспортного носителя, интегрируются в единый радиоэлектронный комплекс (анализ подобной тенденции дан в [74]). Кроме того, S/W осуществляет адаптацию функционирования информационной радиоэлектронной системы для меняющихся условий применения и возможных уходов технических параметров самой системы. Например, совсем недавно были выпущены на рынок система предупреждения столкновений TCAS и система предупреждения приближения к Земле TAWS, которыми практически не оснащены отечественные воздушные суда. Сейчас сообщается, что ожидаются уже системы T²CAS, объединяющие в своей структуре указанные системы.

Во-вторых, подобные системы с точки зрения выполнения полета воздушного судна выполняют по существу одну и ту же функцию — предупреждают экипаж о грядущих опасностях.

В-третьих, информация от указанных систем, как правило, выводится на один дисплей, где формируются для пилота единые зоны предупреждающей сигнализации (alert regions). Правда, для предупреждения пилота все чаще используется и звуковая сигнализация, но здесь можно говорить также о некоем едином "звуковом дисплее". Поскольку такой "звуковой дисплей" принципиально может отображать информацию последовательно во времени, то обычно устанавливаются приоритеты в срабатывании звуковой сигнализации. В системах предупреждения фирмы "Rockwell Collins" (США), например, приняты к реализации следующие приоритеты: сдвиг ветра W/S, сдвиг ветра по курсу воздушного судна FLWS, сигнализация предупреждения Земли GPWS, сигнализация приближения другого самолета TCAS.

В-четвертых, во всех этих системах остро ставится вопрос не только об обнаружении препятствий для полета воздушного судна, но еще и о распознавании и идентификации, а также об оценке степени опасности для воздушного судна. (Мы используем триаду понятий: обнаружение, распознавание, идентификация DRI, широко применяемую в зарубежной литературе. Обнаружение здесь связывается с селекцией цели на фоне раз-

нообразных видов помех, распознавание — с различением некоторой цели, наблюдаемой в группе с целями другого класса и идентификация — с различением целей от целей того же класса.)

В-пятых, все чаще подобные системы формируют еще команды и траектории для обхода препятствий — эти системы без каких-либо натяжек могут быть отнесены к классу пилотажно-навигационных. В них в значительной мере используются интеллектуальные технологии, поскольку в этих случаях требуется за относительно короткое время обнаружить препятствие, распознать его и выбрать оптимальный план последующих действий.

Системы наблюдения метеорологической обстановки. Назначение таких систем, размещенных на Земле и на борту воздушного судна, состоит в обеспечении участников воздушного движения полученной в результате разнообразных способов наблюдения метеоинформацией, достаточной для осуществления безопасного полета воздушного судна [14, 26, 27]. В последнее время в литературе появились сообщения о разработке в рамках концепции CNS/ATM цифрового информационного оборудования DIF [84]. Это оборудование поддерживает реализацию таких функций, как связь для УВД через CPDLC, режим FIS-B, навигацию при снижении и посадке, а также режим ADS-B. Аббревиатура FIS-B обозначает обеспечение метеоинформацией.

На сегодняшний день основными средствами дистанционного наблюдения метеообстановки в ГА являются радиолокационные, точнее, бортовые и наземные первичные радиолокационные системы PSR. Физические основы получения радиолокационной метеорологической информации рассмотрены в [16, 27, 45, 64]. Существует устойчивая тенденция наделять любые бортовые радиолокационные средства еще и функциями обнаружения и оценки опасности метеообразований. Особое внимание в последнее время привлекла проблема оценки радиолокационными средствами сдвига ветра (windshear) [9—11, 15, 16, 18, 21, 23, 42, 46, 50, 52, 54, 60, 65, 70, 79]. В англоязычной литературе сдвиг ветра обычно обозначают как W/S.

Как известно, вблизи поверхности Земли при определенных условиях возникают чаще всего кратковременные возмущения атмосферы (в англоязычной литературе эти возмущения часто называются microbursts — микровзрывы), которые при полете воздушного судна по глиссаде или при взлете могут вызвать его падение. Коэффициент опасности I' (I' -фактор), предложенный NASA для оценки интенсивности влияния ветровых сдвигов:

$$F = \frac{W_h}{g} - \frac{V}{A_s} ,$$

где W_h - темп потери воздушной скорости; V - вертикальная скорость (V -speed) воздушного судна в нисходящем потоке; A_s - воздушная скорость; g - гравитационное ускорение.

Первое слагаемое в этой формуле характеризует потерю высоты, а второе — потерю скорости, вызванной наличием нисходящего атмосферного потока. Установлено, что при $F > 0,13$ существует высокая степень риска аварии воздушного судна. Он оценивается своим средним значением в интервале 1 км по дальности.

Распоряжениями Федеральной авиационной администрации США FAA приняты следующие требования к бортовым обнаружителям сдвига ветра: вероятность ложной тревоги для одного события должна быть меньше 10^{-5} ; минимальное время предупреждения — 10 с; порог фиксируемой радиолокационной отражаемости Z [45, 64] должен быть 60 дБг. Особую трудность для обнаружения и выявления структуры составляют так называемые сухие сдвиги ветра (dry microbursts). Здесь никто до сих пор не осмелился установить хоть какие-то требования к соответствующей аппаратуре, хотя сухие сдвиги ветра достаточно часто встречаются в различных регионах Земли, и они опасны при осуществлении посадки воздушного судна.

Аэропортовые доплеровские метеорадиолокаторы TDWR призваны обеспечивать получение более точной и полной метеоинформации, обнаружение сдвига ветра в районе терминальных коридоров, своевременное информирование всех участников воздушного движения о метеообстановке.

Бортовые метеорадиолокаторы FLW должны осуществлять: обнаружение сдвига ветра по курсу самолета;

выявление метеообразований на дальности свыше 600 км и определение их физических характеристик (метеохарактеристик);

оценка характеристик турбулентности на основе анализа доплеровской структуры сигнала;

компенсация затуханий на трассе PAC [67], вызванных метеообъектами с формированием при необходимости "зон неопределенности", в которых вследствие сильного затухания информация об интенсивности последующих более удаленных зон метеообразований становится недостоверной;

подавление отражений от земной поверхности (Ground Clutter Suppression). Сейчас за счет доплеровской фильтрации в серийно выпускаемых метеорадиолокаторах удается подавить до 85 % засветки от Земли, что облегчает работу экипажа воздушного судна при наблюдении удаленных метеорологических объектов.

В свою очередь, метеорадиолокаторы призваны предоставлять следующие эксплуатационные качества:

использование в процессоре метеорадиолокатора алгоритмов, эффективно выявляющих на основе анализа принятого сигнала структуру наблюдаемого метеообразования;

осуществление записи полетной информации для соответствующего ее анализа после полета;

возможность разворота антенны, работающей в режиме оценки опасности метеообразования, до зоны, представляющей наибольшую угрозу для воздушного судна;

оптимизацию предоставляемой экипажу воздушного судна информации о метеообразовании на экране монитора с точки зрения ее быстрой и однозначной интерпретации. Здесь можно отметить систему цветовой индикации (иногда в этом случае говорят о цветовой карте — color scheme), используемой в бортовых метеорадиолокаторах фирмы Rockwell Collins (США) — черным цветом (т. е. вообще не изображается) отмечаются очень слабые осадки, интенсивность которых меньше 0,6 мм/ч, зеленым — слабые осадки (0,76-3,81 мм/ч, желтым — умеренные осадки (3,81-12,7 мм/ч), красным — сильные и очень сильные осадки (более 12,7 мм/ч), а пурпурным — турбулентность со скоростью ветра выше 5 м/с. Аналогичная система цветовой индикации по метеообразованиям использована в метеонавигационном радиолокаторе бортовой системы "Дуэт" [55];

возможность оценки развития динамики развития метеообразования;

возможность наблюдать структуру интересующего экипаж метеообразования на фоне изображения текущего состояния погодных условий и Земли;

высокие надежность и ремонтпригодность.

Лазерно-доплеровские методы обнаружения турбулентности атмосферы и сдвига ветра, а также вопросы построения каналов обнаружения, предупреждения, индикации и управления для обеспечения посадки в условиях сдвига ветра рассмотрены в [63]. В последнее время появились отечественные бортовые РЛС, способные оценивать сдвиг ветра и турбулентность [55]. Так, бортовая импульсно-доплеровская РЛС "Контур-400", предназначенная для оснащения ближних и средних магистральных самолетов, способна осуществлять горизонтальный и вертикальный разрезы наблюдаемых метеообразований, обеспечивать индикацию зон опасной турбулентности и сдвига ветра, компенсацию затухания в осадках.

В метеонавигационном радиолокаторе бортовой системы "Дуэт" обеспечивается обнаружение сдвига ветра по \wedge -фактору

в диапазоне $0,105 < F < 0,130$. Здесь фиксируются флуктуации скорости ветра (в метрах в секунду), свойственные турбулентности по среднеквадратичному отклонению от среднего значения: слабая турбулентность - 2-4; средняя - 4-6; сильная - более 6. Этот радиолокатор предназначен для оснащения самолетов ГА большой и средней дальности. Он имеет полностью твердотельный передатчик, который формирует когерентный сигнал.

Наземная доплеровская радиолокационная станция для измерения высотного профиля ветра "Высота" работает в дециметровом диапазоне волн и может быть использована в системе УВД. Она призвана выдавать оперативную информацию о направлениях и скоростных характеристиках воздушных потоков, благодаря чему удается выбирать оптимальные эшелоны движения воздушных судов с целью экономии топлива, сокращения летного времени и повышения безопасности полетов. Эта станция в диапазоне высот 300-25 000 м обеспечивает точность измерения 0,3 м/с при скорости ветра до 30 м/с, и 0,8 м/с при скорости ветра 30—60 м/с. При этом обеспечивается точность измерения направления скорости ветра: в первом случае - Γ , а во втором — 2° .

КБ "Горизонт" выпустил меторадиолокаторы нового поколения — автоматизированные комплексы АКСОПРИ, работающие в диапазонах волн X, C и S. Они позволяют полностью автоматизировать процессы сбора, обработки и передачи информации удаленным пользователям метеорологической радиолокационной информации. Комплексы выпускаются в двух вариантах: АКСОПРИ-2Б в диапазонах волн X и S, а также АКСОПРИ-2А в диапазоне С. Комплексы АКСОПРИ обеспечивают получение информации об опасных явлениях погоды (облачность, осадки различной интенсивности, грозы, град, шквал), о высоте верхней границы облачности, горизонтальные сечения на любом высотном уровне в диапазонах 700-9000 м или вертикальные сечения по любому заданному азимуту, о видимости в облаках и осадках, контуры опасных явлений для передачи в системы УВД в реальном времени. Они осуществляют измерение интенсивности осадков на больших площадях и оперативную оценку скорости перемещений и зон повышенных неоднородностей поля ветра облачных систем.

Аэродромный обзорный радиолокационный комплекс "Утес-А" (см. подразд. 3.3) также обеспечивает получение метеоинформации, причем для этого используются сигналы круговой и линейной поляризации, после чего формируется изображение в двух грациях.

Полученная с помощью различных источников вся метеорологическая информация должна концентрироваться и препари-

роваться для предоставления пользователю интегрированными метеосистемами. Эти системы отображают как текущую метеоинформацию, так и краткосрочный метеопрогноз с выявлением особо важных для ГА феноменов в состоянии атмосферы.

Бортовые системы предупреждения столкновений воздушных судов. В бортовых системах предупреждения звуковая сигнализация имеет приоритет доносить в первую очередь факт приближения другого самолета TCAS. Уже отмечалось употребление в этой связи несколько отличного термина для соответствующей аппаратуры - T²CAS. При раскрытии этой аббревиатуры создатели данной аппаратуры постоянно отмечают обязательное наличие после Traffic очень важного слова Alert, отсутствующего в первоначальной расшифровке сокращения TCAS, когда эта аббревиатура и появилась на свет. Англо-русский словарь по перспективным авиационно-космическим системам. (Мураш-к е в и ч А.М., Новичков Н.Н. - М.: Военное издательство, 1993) дает следующую семантику для alert — готовность, состояние готовности, боевое дежурство, тревога, сигнал тревоги, предупреждать об опасности в состоянии готовности. Все эти значения очень точно передают основное назначение системы TCAS. Сегодня на рынке авиационного оборудования появились радиосредства, называемые устройствами предупреждения столкновений TCAD [80], но здесь для повышения конкурентоспособности создатели выбранным названием подчеркнули уменьшение размеров и простоту в эксплуатации — ранее была система, теперь устройство с аналогичными функциями. Хочется отметить, что создатели TCAD, кроме выбора названия в описании своего устройства, делают все возможное, чтобы привлечь внимание к его оригинальности. Например, они дают такое определение трафика — это любой пролетающий рядом самолет (traffic is any nearby aircraft). Мы считаем, что этот оригинальный опыт привлечения внимания к своей продукции должен быть активно воспринят отечественными производителями авиационной техники, пытающимися проникнуть на мировой авиационный рынок.

Указанные системы обеспечивают пилота информацией об эшелонировании, которая может позволить пилоту отвечать в некоторых обстоятельствах за эшелонирование. Эти системы могут обеспечить создание вокруг воздушного судна зон предупреждения и защиты, а также выдачу информации, позволяющей пилоту контролировать и разрешать возможные конфликты.

У нас в стране в свое время была создана РЛС предупреждения столкновений и навигации РПСН-ЗН [71]. Эта система представляет собой автономное угломерно-дальномерное ра-

диотехническое устройство сантиметрового диапазона волн, которое не требует каких-либо наземных средств, но может работать совместно с наземными радиолокационными маяками. Система предназначена для аэронавигации во время полета на больших высотах и дальностях от места посадки, т. е. для ориентирования по радиолокационному изображению местности, определения угла сноса и путевой скорости, определения грозы, предупреждения опасного сближения с горами и другими самолетами. Как оказалось, в решении перечисленных задач эта система показала достаточно низкую эффективность, обусловленную выбранным сантиметровым диапазоном. В [3] сделана попытка реанимировать эту идею создания полностью автономной (первичной) РЛС предупреждения столкновений за счет перехода в миллиметровый диапазон. Кроме этих задач, как ожидается, предложенная миллиметровая РЛС сможет обеспечивать автономную посадку воздушного судна, полеты на малой высоте, а также контроль метеобстановки. Сейчас ГА пошла по пути использования систем предупреждения столкновений, в которых применяются принципы вторичной радиолокации, обеспечивающие надежность получаемой информации, особенно при идентификации вступивших во взаимодействие воздушных судов [38]. Как известно, методы традиционной радиолокации пока значительно уступают технологиям вторичной радиолокации.

В литературе наряду с TCAS широко используется аббревиатура для бортовой системы предупреждения воздушных столкновений ACAS. Сегодня TCAS и ACAS по существу стали синонимами с предпочтением в употреблении аббревиатуры TCAS. Вместе с тем, это все-таки несколько различные понятия. Строго говоря, ACAS — это TCAS плюс реализация режима S. Сегодня в связи с успехами микроэлектроники и явной тенденцией интеграции нескольких бортовых систем в одну эти нюансы стали пропадать, хотя, например, совсем недавно американская фирма Rockwell Collins заявила о выпуске на рынок системы ACAS-900, где аппаратура TCAS дополнена модулями, обеспечивающими реализацию усовершенствованного режима S с перепрограммируемым процессором, расширенным набором интерфейсов, более полным встроенным контролем, защитой основных режимов обработки информации, записью событий и обеспечением соответствия вновь появившимся стандартам и протоколам.

Бортовое оборудование ACAS работает, как и система SSR, посредством опроса транспондеров других воздушных судов, находящихся поблизости, в таком же режиме "вопрос—ответ"

Q&A, т. е. его можно отнести к классу систем ATCRBS. Это позволяет пилоту воздушного судна определить курс и высоту других воздушных судов, имеющих оборудование. Для пилота формируется "локальный" трафик с индикацией положения и намерений других воздушных судов. Поэтому ACAS действует как система предотвращения опасных ситуаций в воздухе. Последние версии программного обеспечения для ACAS могут помочь пилоту в осуществлении маневров по предотвращению столкновений. Разработчики концепции CNS/ATM исходили из признания, что бортовое оборудование типа ACAS сможет предоставить необходимую информацию об окружающем воздушном движении, особенно в тех областях, где трудно обеспечить связь с Землей, а также помочь предотвратить возможные аварии в случае каких-либо ошибок в канале связи или у диспетчера. Система ACAS, конечно, не заменяет службу УВД, но она сможет во многом помочь в организации безопасного воздушного пространства.

При анализе систем типа ACAS полезным является понятие параметров конфликтной ситуации [81], под которыми понимается время до максимального сближения, угловое положение угрожающего самолета в момент наибольшего сближения и дистанция пролета. Последний параметр конфликтной ситуации наиболее точно характеризует степень опасности сложившейся ситуации и именно он является определяющим при принятии решения о необходимости выполнения маневра уклонения от столкновения.

Участвующая в реализации функции наблюдения бортовая система предупреждения столкновений в воздухе TCAS [44] состоит из приемопередатчика системы, самолетного ответчика, работающего в режиме селективного доступа S, и автономного дисплея (если TCAS не сопряжена с электронной системой индикации). Если самолет, нарушивший зону безопасности рассматриваемого самолета, оборудован ответчиком, то TCAS с помощью запросов и ответов определит местонахождение самолета-нарушителя, отобразит его на экране электронного дисплея и в случае необходимости выдаст рекомендации по уклоняющему маневру. Система TCAS значительно повышает степень осведомленности летчика и снижает его нагрузку в полете.

Бортовая система TCAS работает независимо от наземного оборудования, предоставляя пилоту консультативную информацию о потенциальных конфликтных ситуациях с воздушными судами (точнее о параметрах конфликтной ситуации), которые оборудованы приемопередатчиками. TCAS каждого воздушного судна работает в режиме S, точнее 1090ES, постоянно излу-

Зависимость уровня чувствительности и времени предупреждения

Зависимые параметры	Высотный слой, м				
	122-152	152-610	610-3050	3050-6100	Более 6100
Уровень чувствительности	3 15	4 20	5 25	6 30	7 35
Время предупреждения, с					

чает на частоте 1090 МГц всенаправленные зондирующие сигналы squitters, несущие информацию о своем адресе. В интервалах между излучением этих сигналов приемник TCAS принимает и регистрирует аналогичные сигналы от TCAS других воздушных судов, оказавшихся в пределах рабочей области собственного судна. После приема зондирующих сигналов от воздушного судна-нарушителя TCAS по их адресам последовательно опрашивает эти воздушные суда, посылая на частоте 1030 МГц сигналы запроса дальности и измеряя дальности до воздушного судна-нарушителя, скорости сближения (точнее, радиальные скорости взаимного перемещения), курсовые углы опрашиваемого воздушного судна, фиксируемые на борту собственного судна, и высоты опрашиваемого судна относительно собственного.

Дальность между воздушными судами измеряется по традиционной для радиолокации схеме — в сторону опрашиваемого воздушного судна излучается последовательность запросных импульсов, которая ретранслируется им обратно, и после приема ответных импульсов появляется возможность измерения дальности после оценки временного интервала между запросным и ответным импульсами. Курсовой угол опрашиваемого воздушного судна определяется также по используемым в радиолокации радиоугломерным технологиям. Радиальная относительная скорость движения наблюдаемого судна определяется на основе измерения доплеровского смещения частоты ответного сигнала относительно запросного. Для определения относительной высоты полета опрашиваемого судна непосредственно используется ответный сигнал, передаваемый с борта этого судна, поскольку в этом сигнале содержатся данные о собственной высоте полета наблюдаемого судна, получаемые от его барометрического высотомера. После сравнения этих данных с аналогичными собственными определяется разница в высотах полета. Скорость изменения высоты рассчитывается путем дифференцирования данных о высоте.

При этом для ограничения взаимных помех в сфере информационного обмена, особенно в пространстве с высокой интенсивностью воздушного движения, к TCAS-контакту допускаются только те воздушные суда, высоты полета которых отличаются от собственной высоты оценивающего трафик судна на установленную величину, а также суда, сближающиеся по абсолютной высоте с вертикальной скоростью, при которой через установленное время произойдет выход на одинаковую с опрашивающим судном абсолютную высоту, и воздушные суда, удаленные на расстояния, которые они способны преодолеть за время, меньшее установленного времени, если будут двигаться с ради-

альной скоростью, равной удвоенному значению максимальных скоростей сближающихся воздушных судов. Отмеченное установление высоты и времен является фиксированным для конкретного вида бортовой аппаратуры TCAS.

К числу указанных мер по предотвращению нарушений в работе системы TCAS, которые могли бы возникать из-за создаваемых взаимных помех, относится ограничение энергетического потенциала. Энергетический потенциал TCAS ограничивают так, чтобы дальность действия системы не превышала 26 км. Кроме этого, энергетический потенциал и частота следования излучаемых сигналов TCAS подвергается регулированию. Процесс регулирования указанных параметров называется изменением уровня чувствительности SL (Sensitivity Level) TCAS.

Установлено 7 дискретных значений SL TCAS. Выбор SL определяется высотой полета воздушного судна. Первый из них соответствует резервному режиму работы TCAS, второй — режиму отображения воздушной обстановки TA, остальные уровни устанавливаются в зависимости от высоты полета и обеспечивают выполнение функций TCAS в пределах дальностей, характеризующих значениями времени предупреждения (табл. 3.3).

Регулирование уровней чувствительности осуществляется одним из трех методов: автоматически - по данным о высоте полета воздушного судна, вручную пилотом и по команде диспетчера службы движения, передаваемой по цифровому каналу SSR.

Собирая такую информацию о каждом воздушном судне-нарушителе в течение нескольких циклов измерений, системе TCAS удается рассчитать местоположение и траекторию движения каждого судна относительно запрашивающего. Эти данные используются, с одной стороны, для отображения воздушной обстановки вокруг воздушного судна, а с другой, — для выявления потенциально опасных ситуаций через знание соответствующих параметров.

В настоящее время в литературе рассматриваются три системы TCAS: I, II и III. Можно также встретить упоминание о

TCAS IV, в которой должны были быть обеспечены повышенные требования по обзору воздушного пространства, но, по-видимому, ее время еще не наступило.

Система TCASI предоставляет информацию, способствующую принятию действий "вижу и избегаю", но не располагает возможностью выработки рекомендаций по разрешению угрозы столкновения RA (Resolution Advisory). Рекомендации по разрешению угрозы столкновения RA имеют две составляющие:

- корректирующие рекомендации, которые предписывают пилоту отклоняться от текущей траектории полета;

- предупредительные рекомендации, которые предписывают пилоту выдерживать или не использовать определенные верти-кальные скорости.

Та же информация, которая предоставляется системой TCAS I, относится к категории консультативной TA (Traffic Advisory) и обычно содержит:

- дальность до воздушного судна-нарушителя;
- скорость изменения дальности (скорость сближения);
- абсолютную высоту (высоту, соответствующую абсолютному атмосферному давлению);
- скорость изменения абсолютной высоты;
- пеленг опрашиваемого воздушного судна.

Из-за того что система TCAS I не дает информацию RA, эта система не предназначена для международных авиaperевозок и не стандартизована в рамках ICAO.

Система TCAS II обеспечивает экипаж воздушного судна консультативной информацией TA и рекомендациями по разрешению угрозы столкновения RA, но только в вертикальной плоскости. Важнейшей характеристикой TCAS является время предупреждения. Так при обнаружении угрозы столкновения обнаружение TCAS выдает рекомендации по разрешению угрозы столкновения RA, время выдачи которой колеблется от 15 до 35 с (зависит от уровня чувствительности TCAS) до момента наибольшего сближения. Консультативная информация TA выдается за 5 и 20 с до выдачи рекомендации по разрешению угрозы столкновения RA.

В том случае когда сближающиеся воздушные суда оборудованы TCAS II, маневры могут автоматически координироваться (перекрестный обмен данными между TCAS). В настоящее время TCAS II внедряется несколькими государствами или группами государств. Внедрение TCAS II необходимо предусматривать совместно с установкой приемопередатчиков, предоставляющих данные о барометрической высоте. Система TCAS II предназ-

чена для оповещения экипажа воздушного судна об угрозе потенциальных столкновений с другими самолетами внутри защищаемой области радиусом около 20 км. В случае возникновения в защищаемой области опасности в виде конфликтующего самолета, также оборудованного TCAS II, между ними происходит радиообмен информацией, в котором участвует наземная станция УВД, определяется расстояние между конфликтующими воздушными судами, их радиальная скорость и высота, на основании чего вырабатываются команды по взаимно скоординированным маневрам, необходимым для предотвращения столкновений.

Существенным компонентом процесса функционирования TCAS является процедура формирования координированного маневра по разрешению конфликта, т.е. рекомендации по предотвращению угрозы столкновения RA.

TCAS вырабатывает рекомендацию пилоту по предотвращению угрозы столкновения, которая на основании прогноза будет обеспечивать достаточное эшелонирование относительно всех угроз и оказывать наименьшее влияние на текущую траекторию собственного воздушного судна. Процедура формирования рекомендации такова. По данным о воздушной обстановке, собранным на борту собственного воздушного судна, рассчитывается требуемый маневр, т. е. скорость и направление перемещения собственного, которые будут отображены на индикаторе вертикальной скорости VSI. Однако прежде чем отображать их на TCAS, угрожающему воздушному судну направляется координатный запрос, содержащий информацию о выбранном на воздушном судне маневре по предотвращению столкновения RA. Координатный запрос содержит рекомендацию другому воздушному судну "не проходить выше", если выбранный для собственного воздушного судна маневр предлагает движение "вниз". Если принятый координатный запрос поступил на борт воздушного судна-нарушителя до того, как на нем было сформировано собственное решение о маневре по отношению к исходному (собственному) воздушному судну, эта рекомендация принимается, о чем с борта воздушного судна-нарушителя отправляется координатный ответ на борт собственного судна. Получение подтвержденного координатного ответа служит основанием для исполнения собственным воздушным судном выработанного им маневра, команда на его выполнение поступает на VSI, и он исполняется.

Если же окажется, что на собственном воздушном судне еще до формирования собственного решения о маневре по предупреждению столкновения принята рекомендация от другого

судна, угрожающего столкновением, и если эта рекомендация совместима с собственным решением о маневре, то она принимается и исполняется, что подтверждается координационным ответом собственного судна. Если принятая рекомендация не совместима с собственным решением, то собственное воздушное судно изменяет свое решение для обеспечения его совместимости с принятой рекомендацией. Но решение изменяется при условии, что значение адреса собственного воздушного судна превышает значение адреса другого. Когда значение адреса собственного судна меньше значения адреса другого судна, приоритет отдается решению, принятому на собственном судне, и это отражается в передаваемом им координационном запросе. Необходимо заметить также, что алгоритм управления TCAS предусматривает введение задержки в выдате рекомендации по разрешению конфликта в течение трех рабочих циклов, если значение адреса угрожающего судна меньше значения адреса собственного судна.

Координационные запросы повторяются до получения координационного ответа от 6 до 12 раз.

TCAS не функционирует на высотах ниже 300 м и не вырабатывает команды на маневр, предусматривающий движение "вниз", если высота судна меньше 335 м.

Информация о принятом маневре по предотвращению столкновения передается с борта воздушного судна на Землю автоматически по цифровому каналу связи системы SSR для предоставления диспетчерам службы движения и периодически отображается во всенаправленных зондирующих сигналах воздушного судна.

Вместе с тем, в литературе довольно часто отстаивается точка зрения, что эксплуатация на отечественных самолетах системы TCAS II в полной мере не может решить проблемы безопасности полетов, поскольку требует наличия соответствующей аппаратуры на каждом воздушном судне. Необходимость установки на борт блоков согласования американского оборудования с российским делает использование TCAS II не всегда целесообразным. Кроме того, существует ряд требований американской стороны при сертификации российских самолетов, а именно — изменение индикации в кабине пилотов с метрической на принятую в США систему единиц, перевод эксплуатационно-технической документации на английский язык, сокращение числа членов экипажа до 2 чел. Последнее требование приведет к необходимости выполнения полета без штурмана. В этом случае все маневры будут выполняться по командам с наземных средств УВД, и любые неполадки там или в радиоэлектронных

устройствах встречных самолетов неизбежно приведут к росту числа авиакатастроф.

В настоящее время на воздушные суда чаще всего устанавливается аппаратура TCAS II производства фирм "Honeywell" и "Rockwell-Collins". Сначала это была аппаратура с версией 6,04А, а затем с версией 7,0.

Версия 7,0 системы TCAS II улучшает характеристики наблюдения и модифицирует алгоритмы, ограничивающие помехи от различной плотности воздушного движения в районе аэродрома и позволяет обеспечивать более обширное наблюдение. Она также улучшает наблюдение целей режима S и позволяет оборудованию TCAS II принимать расширенный сигнал режима S.

Версия 7,0 является усовершенствованием версии 6,04А. Новый стандарт снижает число срабатываний, когда существует достаточное горизонтальное расстояние, и уменьшает вертикальную минимальную дистанцию.

Система TCAS с "Изменением 7,0 — Change 7,0" соответствует системе ACAS II. "Изменение 7,0" системы TCAS является новейшей версией программного обеспечения системы TCAS II, созданной с целью усовершенствования логики предупреждения столкновений, наблюдения и трансляции устных сообщений для обеспечения международных стандартов предупреждения столкновений.

В настоящее время ведется определенная работа по подготовке к эксплуатации системы TCAS III, которая в дополнение к консультативной информации о воздушном движении ТА будет выдавать рекомендации по разрешению угрозы столкновения RA в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Важно отметить, что системы этого класса принципиально должны иметь остронаправленную антенну. Правда, существует определенная точка зрения, что нет необходимости в эксплуатации подобной системы, поскольку спутниковые технологии напрочь исключают какую-либо необходимость в специальных дополнительных средствах.

Наиболее мощной по своим функциональным возможностям из систем предупреждения столкновений, присутствующих сегодня (2002 г.) на авиационном рынке, является система TCAS—2000. Эта система способна отображать режим S от оборудованных соответствующим образом воздушных судов и находящихся на расстоянии, большем 180 км. Для сравнения следует указать, что эта дальность для воздушных судов, оборудованных обычной системой ATCRBS, составляет только 36 км. В связи с этим в документах по TCAS в последнее время появи-

лась характеристика: дальность пассивного наблюдения — passive surveillance. Дальность же установления взаимного контакта в режиме S называется дальностью активного наблюдения — active surveillance. Для системы TCAS-2000 она составляет более 140 км. Таким образом, устанавливается следующий приоритет дальностей, начиная с наименьшей — RA, TA, active surveillance, passive surveillance.

TCAS—2000 вычисляет диапазон дальности, относительную высоту и пеленг самолета. С программным обеспечением "Версия 7,0" TCAS-2000 выполняет требования системы ACAS II, рекомендуемые ICAO. Система обеспечивает расширенные возможности маневрирования за счет увеличения скорости набора высоты или снижения, а также за счет изменения траектории набора на снижение, и наоборот. К обеспечивающим маневрам по избежанию столкновений относятся: набор высоты или снижение и ограничение вертикальной скорости в случае решения задачи по предотвращению столкновения при наборе или снижении воздушного судна. Вес комплекта оборудования составляет 7,8 кг

Бортовые системы предупреждения столкновений с Землей. Чтобы предотвратить опасность столкновения с Землей, особенно в отсутствии видимости, воздушное судно должно быть оборудовано соответствующими средствами предупреждения об опасном сближении с Землей. Эти системы дают возможность воздушному судну увеличить время для маневра при наличии соответствующей опасной ситуации. Пожалуй, для этого класса авионики в литературе имеется больше всего аббревиатур, фиксирующих всю номенклатуру предложенных для решения этой очень важной задачи систем. Чаще всего используется GPWS, в последнее время появились усовершенствованные системы этого класса EGPWS. Одна из ветвей подобных систем породила систему GCAS. Такую же роль играет система предупреждения приближения к Земле TAWS. Все эти системы призваны обеспечивать управляемый полет с огибанием рельефа местности CFIT. В частности, FAA потребовала, чтобы все зарегистрированные в США самолеты с числом мест больше шести, построенные после 1 января 2000 г., были оснащены такими средствами. К 2003 г. она должна стоять на борту всех находящихся в эксплуатации и зарегистрированных в США самолетов-

Системы GPWS работают на основе данных бортового радиовысотомера, а EGPWS отличаются наличием обширной встроенной базы данных о рельефе местности, что является значительным шагом вперед по сравнению с обычными системами. Сделана успешная попытка объединить EGPWS в один комп-

леке с радиолокатором обнаружения сдвига ветра. Сейчас ставится вопрос об усовершенствовании EGPWS путем объединения ее с TCAS, метеорадиолокатором и навигационными РЛС в единую комплексную систему предотвращения критических ситуаций/в полете IHAS. Такой бортовой комплекс, объединяющий в себе все системы, обеспечивающие безопасность полета, сможет немедленно предупредить экипаж о любой надвигающейся опасности. Система предотвращения столкновений в воздухе TCAS, которая войдет в состав IHAS, будет значительно доработана по сравнению с системами, находящимися в настоящее время в эксплуатации. Модернизированная TCAS 7-й версии (TCAS V7) разработана в соответствии с европейскими требованиями к бортовым системам предотвращения столкновений ACAS. TCAS V7/ACAS сможет использовать возможности существующих приемопередатчиков ADS-B, а также будет обладать более широкими возможностями по выработке оптимальных рекомендаций экипажу и более приспособленным к полетам в зонах высокой интенсивности воздушного движения оборудованием для зависимого наблюдения.

В недалеком будущем любой гражданский или военный самолет предполагается оснастить системой T²CAS. Она обеспечивает видение ВПП. Используя технологию быстросменных блоков LRU, система T²CAS может по своим возможностям с точки зрения предупреждения столкновений приблизиться к системе TCAS—2000. Более того, сама система T²CAS представляет именно такой LRU, что чрезвычайно удобно в эксплуатации, особенно, когда возникает потребность в его неоднократном монтаже в зависимости от планируемого маршрута воздушного судна.

Система предупреждения о минимальной безопасной абсолютной высоте MSAW реализует соответствующие функции наблюдения и призвана предупреждать диспетчера УВД либо о близости воздушного судна, либо о предполагаемом приближении к Земле. Система MSAW выдает диспетчеру визуальное и звуковое предупреждения о снижении или прогнозируемом снижении воздушного судна ниже установленной абсолютной высоте.

Система MSAW работает в двух режимах: наблюдение за всеми секторами района аэродрома и контроль за абсолютной высотой полета воздушного судна с учетом его местоположения на конечном этапе захода на посадку. К рабочей системе MSAW предъявляются следующие требования: автоматизированная радиолокационная система в районе аэродрома; карта с трехмерной сеткой, которая хранится в компьютере радиолокационной

системы; воздушное судно должно быть оборудовано приемоответчиком режима C; задействована программа контроля за местностью.

В режиме наблюдения автоматизированный аэродромный радиолокатор способен обеспечивать функцию MSAW в пределах приблизительно ПО км от аэродрома. Система MSAW использует трехмерную сетку района аэродрома, которая хранится в компьютере радиолокатора. Каждый квадрат сетки со стороны в 3,6 км расположен на абсолютной высоте 150 м над самым высоким препятствием местности в квадрате. Установленная система сетки сопряжена с системой общего контроля за местностью, и MSAW приводится в действие. Программа контроля за местностью осуществляет проверки абсолютной высоты каждый раз после поступления с борта воздушного судна донесения о действительной абсолютной высоте. Одно донесение об абсолютной высоте принимается при каждом сканировании.

Режим работы на конечном этапе захода на посадку MSAW заключается в осуществлении соответствующих процедур контроля. Он инициируется в том случае, когда надлежащим образом оборудованное воздушное судно входит в один из прямоугольников, называемых "пространством захвата". Это пространство составляет в ширину 3,6 км и простирается от порога ВПП приблизительно на 9 км. На конечном этапе захода на посадку система MSAW использует параметры на 35 м ниже траектории полета воздушного судна с целью определить, будет ли оно находиться на 35 м ниже минимальной абсолютной высоты снижения MDA в процессе текущей проверки. Прогностическая проверка дает возможность проанализировать траекторию полета с целью определить, будет ли воздушное судно находиться ниже MDA более чем на 70 м в течение 15 с. Контроль за выдерживанием траектории захода на посадку прекращается за 3,6 км до достижения конца ВПП, поскольку нецелесообразно контролировать полет воздушного судна в последние секунды перед приземлением.

В процессе работы MSAW формируются оценки текущего положения, когда сообщаемая абсолютная высота проверяется для установления, находится ли данное воздушное судно на 150 м выше абсолютной высоты, заданной в квадрате под воздушным судном, или ниже 150 м прогнозируемого положения с целью предсказать, где будет находиться воздушное судно через 30 с, если его траектория полета не изменится и где вновь проверяется, будет ли воздушное судно находиться на 150 м выше квадратов вдоль его траектории полета или ниже 150 м. Оценивается также экстраполируемое положение в отношении траек-

тории набора высоты в 5° для определения, будет ли воздушное судно находиться на 150 м выше любого квадрата вдоль его экстраполируемой траектории в пределах зоны действия радиолокатора или ниже 150 м.

В США обслуживание с помощью MSAW предоставляется всем воздушным судам, выполняющим полет по правилам полета по приборам, и по запросу — воздушным судам, выполняющим полет по правилам визуального полета. В том случае, если выявляются потенциально опасные условия, диспетчер предупреждает летный экипаж.

3.9. Системы наблюдения, участвующие в обеспечении посадки воздушного судна

Посадка самолета как наиболее ответственный этап технологии самолетовождения обеспечивается разнообразными системами. Ввиду их особой важности некоторые авторы, говоря о концепции и системе CNS/ATM, выделяют их в отдельный класс, наряду с традиционными системами электросвязи, радионавигации и наблюдения [24]. Существующая система классификации уже достаточно давно относит эти системы в отдельный класс, наряду с системами навигации и автоматизированными системами УВД. Можно соглашаться или не соглашаться с этим мнением, но системы посадки, безусловно, заслуживают самого пристального внимания, особенно при оценке перспектив развития систем и средств ГА. Отечественная промышленность предложила на рынок посадочный радиолокатор "Ижора", предназначенный для использования в комплексах УВД ГА для наблюдения за самолетами, заходящими на посадку, а также для контроля и управления процессом посадки [55]. Он обеспечивает измерение азимута, угла места и дальности до самолета, заходящего на посадку в простых и сложных метеоусловиях (интенсивность дождя до 10 мм/ч). Радиолокационная станция РСР-6МЗ состоит из PSR и SSR [55]. Она обеспечивает обзор и посадку. Радиолокационная система посадки РСР-6М2 [55] предназначена для УВД самолетов на дальних и ближних подходах к аэродрому, а также последовательного вывода самолетов на ВПП и управления снижением в сложных метеорологических условиях путем подачи команд экипажам самолетов через радиостанции.

Ряд систем, используемых в интересах ОрВД находятся как бы "на стыке" двух классов систем - навигации и наблюдения.

Уже говорилось о некоем смещении акцентов в отнесении подобных систем к указанным классам в зависимости от используемых процедур самолетовождения. Эта ситуация в полной мере относится к системам посадки — часть из них непосредственно попадает под юрисдикцию систем навигации, а часть следует отнести к классу систем наблюдения.

Системы, обеспечивающие посадку, рассматриваются в рамках концепции CNS/ATM как неотъемлемая часть системы ОрВД (АТМ), Аэродром должен обеспечивать необходимую наземную инфраструктуру, включая светотехническое оборудование, рулежные дорожки, ВПП и точки схода с ВПП, точное наземное наведение с целью повышения безопасности и максимизации пропускной способности аэродрома во всепогодных условиях. Система CNS/АТМ будет способствовать эффективно использованию пропускной способности инфраструктуры контролируемой зоны аэродрома. Ключевыми концептуальными изменениями являются:

время занятости ВПП будет сокращено посредством возможности входа и схода с ВПП в любом месте (это может потребовать усовершенствования систем торможения воздушных судов);

будет обеспечена возможность безопасного маневрирования во всепогодных условиях при сохранении должного уровня пропускной способности;

во всепогодных условиях потребуются точное наземное наведение на ВПП и с нее;

данные о местоположении и намерении всех воздушных судов и прочих транспортных средств, находящихся на площади маневрирования и рабочей площади, будут известны и доступны соответствующим членам сообщества ОрВД (АТМ).

Системы, обеспечивающие технологию посадки, базирующейся на формировании глассады и использовании разнообразных маячных ориентиров, включая лазерные системы посадки с визуальными индикаторами наклона глассады, светосигнальное оборудование, ультрафиолетовые (УФ) системы посадки [62], безусловно, следует отнести к классу навигационных, хотя здесь, конечно, можно усмотреть реализацию ряда функций наблюдения, особенно, при соответствующем электросвязном сопровождении посадки по радиоканалу "борт — Земля" и использовании радиовысотомера. В документах ICAO специально отмечается необходимость перехода от технологий посадки, использующих инструментальную систему ILS, на применение дальномерного оборудования типа DME и микроволновой системы MLS, что дает возможность эффективно выполнять

предпосадочный маневр, заход на посадку, посадку до полного приземления, уход на второй круг, взлет по принципиально любым траекториям, в том числе и криволинейным, с выбором ВПП. Последнее обстоятельство обусловлено тем, что сейчас для разгрузки аэропортов и экономного использования земельных площадей остро ставится вопрос об организации посадки на параллельные близко расположенные ВПП [48]. Важно отметить тот факт, который напрямую относится к функции наблюдения, что вид посадочной траектории может быть выбран на воздушном судне. К разряду навигационных следует отнести и спутниковые системы посадки, поскольку в них непосредственно реализуются технологии спутниковой навигации с применением оборудования опорной наземной станции дифференциальной глобальной навигационной системы.

Широко известна посадочная система GLS-1250, которая разработана для обеспечения возможности точного подхода для всех существующих в настоящее время систем управления полетом. Высокая точность захода на посадку достигается за счет дифференциальной коррекции для каждого спутника наряду с использованием сообщений наземных посадочных станций. База данных пополняется на основе информации соответствующих территориальных агентств. Эта информация заносится на 3,5-дюймовые дискеты и загружается в базу с помощью модуля передачи данных DTU. Каждая модификация полностью обновляет всю базу данных, включая промежуточные точки, используемые в пределах сохраненных маршрутов и определенных пилотом процедур. Значительный сегмент памяти отводится для хранения данных, определенных пилотом. В их число входят: 200 маршрутов с 98 промежуточными точками на каждом (в общей сложности до 2500 элементов маршрута); по 100 аэропортов, взлетно-посадочных полос и пунктов выравнивания; 25 промежуточных радиолокационных точек.

В течение нескольких последних лет Федеральная авиационная администрация США FAA рассматривала средства Глобальной навигационной системы GPS и систему спутниковой навигации как единственный способ наблюдения и управления полетом гражданских и военных самолетов, полагая, что наземные средства УВД по своим возможностям значительно уступают космическим средствам и исчерпали свои возможности. В настоящее время позиция руководства FAA изменилась, что было вызвано докладом правительства США, в котором содержится рекомендация провести тщательное исследование недостатков системы GPS и ее уязвимости при действии активных помех. Основанием для таких рекомендаций правительства послужили

выводы специалистов о том, что систему GPS может вывести из строя источник активных радиопомех (если такой окажется в руках террориста); на ее работоспособность оказывают влияние многие факторы, в частности, солнечные бури. Кроме того, спутниковые системы навигации не обеспечивают требуемых надежности и точности определения вертикальной составляющей скорости воздушного судна, что особенно важно для приаэродромной навигации и посадки. Система наземных излучателей (псевдоспутников) не обеспечивает определения воздушного судна в вертикальной плоскости. Наконец, разнородность средств для навигации и посадки приводит к удорожанию бортовой и наземной авионики, требуемой для оснащения воздушных судов, в задачи которых входит посадка на необорудованные аэродромы.

На основании этих факторов в докладе содержится предложение не упразднять наземные маршрутные станции УВД и станции, управляющие заходом на посадку.

В литературе, используемой сегодня в учебном процессе в вузах ГА, придерживаются следующей классификации РЛС УВД, проистекающей из деления воздушного пространства на зоны: обзорные (трассовые, аэроузловые, аэродромные) и посадочные (см., например, [22, 69]). Здесь уже сама классификация толкает посадочные РЛС в русло средств наблюдения. Налицо также крайне актуальная на сегодняшний день задача — увязать учебные курсы, используемые при подготовке и переподготовке кадров ГА, с понятийным аппаратом и технологиями концепции CNS/ATM.

Собственно "наблюдательными" являются бортовые радиолокационные станции миллиметрового диапазона, предназначенные для автономной посадки воздушных судов в отсутствие визуальной видимости, инфракрасные (ИК) системы посадки и телевизионная (ТВ) система посадки.

В настоящее время применяемые технологии посадки с использованием спутниковых навигационных систем типов NAVSTAR и ГЛОНАСС обеспечивают выход воздушного судна в исходную точку глиссады и контроль различных глиссад в условиях категории I метеоминимума ICAO, т.е. до высоты 60 м (рис. 3.2). Однако эти системы не могут обеспечить непрерывный контроль конечного участка посадочной траектории ниже высоты 60 м с требуемой точностью в условиях II и III категорий метеоминимума ICAO. Эти системы не обеспечивают контроль руления, разбега, послепосадочного пробега. Кроме того, они не решают задачу обнаружения препятствий на ВПП или рулежных дорожек при отсутствии визуальной видимости. Реше-

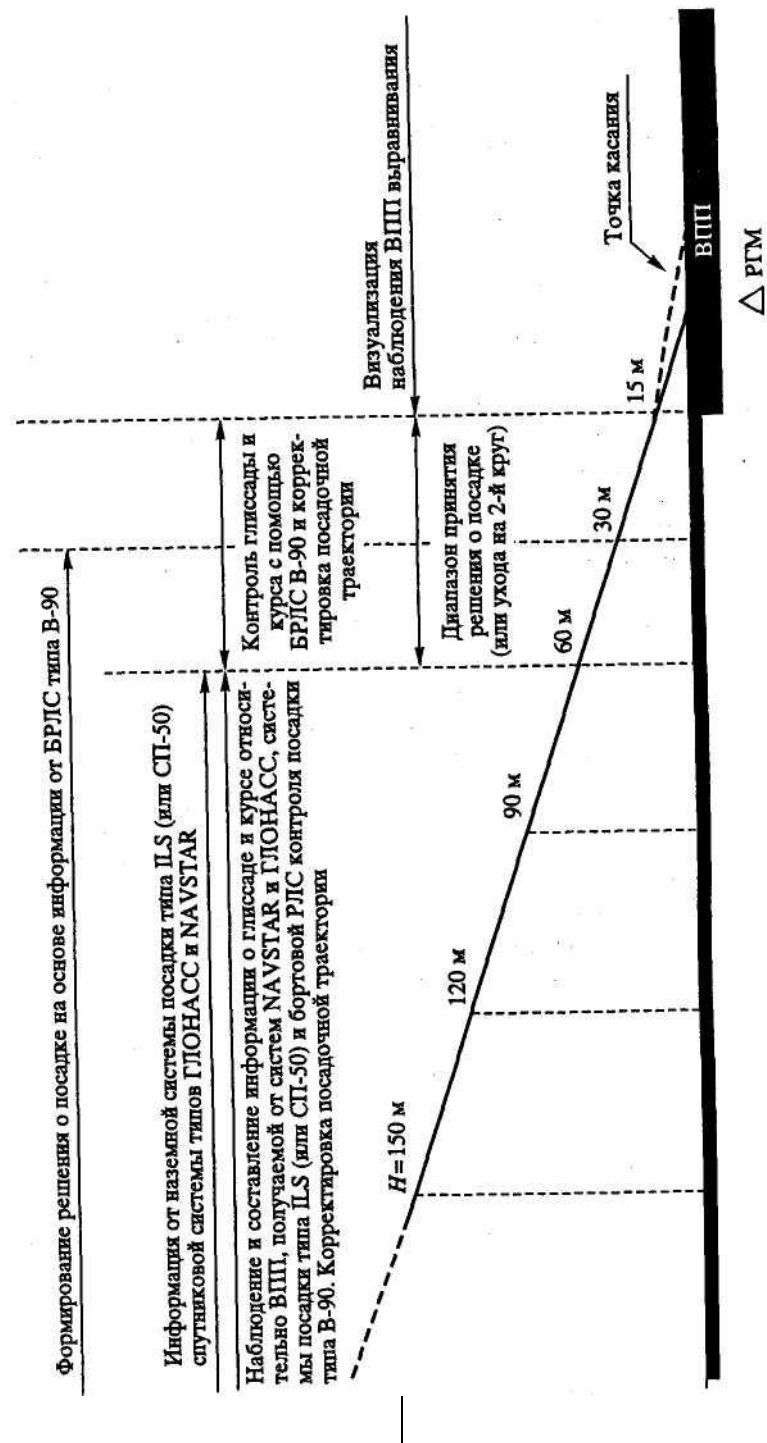


Рис. 3.2. Контролирование посадочной траектории с помощью СНС NAVSTAR и ГЛОНАСС

ние этих задач, в том числе контролирования конечного участка посадочной траектории от высоты 60 м в сложных метеоусловиях, соответствующих II и III категориям метеоминимума ICAO, включая посадку на необорудованные аэродромы, а также руление, разбег, послепосадочный пробег, обнаружение препятствий на ВПП и рулежных дорожках, возможно с помощью бортовой РЛС 8-миллиметрового диапазона с фазированной антенной решеткой типа "Видимость" (В-90 или VID-95) [5, 6, 29—31]. Обоснование использования миллиметрового диапазона для систем посадки дано в [3]. Эта РЛС разработана в ОАО "Научно-производственное предприятие "Радар ММС" (главный конструктор С.Д. Ещенко), обладает высокой разрешающей способностью, быстрым (электронным) сканированием диаграммы направленности антенны и являются дополнительным источником информации.

РЛС типа "Видимость" обнаруживает по трассе полета участки с неблагоприятными метеоусловиями, например, грозового фронта, турбулентных явлений в атмосфере, снежных зарядов и др. В нем предусмотрена индикация вектора скорости полета самолета относительно изображения ВПП, а также всех важнейших особенностей — контура и оси полосы, препятствий на полосе, объектов, маркированных радиолокационными маяками, ожидаемой точки касания. Это изображение гарантируется при посадке по категориям II и III ICAO (отсутствие визуальной видимости из-за дождя, снега, дыма) в любое время суток.

Используя бортовую РЛС "Видимость", пилот самолета получает дополнительную, а в отсутствии визуальной видимости единственную информацию для осуществления посадки, в том числе и на необорудованные аэродромы. Радиолокатор посадки "Видимость" обеспечивает контроль положения самолета относительно глиссады при посадке, давая экипажу самолета возможность уверенно видеть край и ориентацию ВПП уже с расстояния 3 км и с высот 120—150 м. В этом случае пилоту обеспечивается на порядок большее время для принятия решений на самом ответственном этапе посадки.

Применение радиолокатора посадки типа "Видимость" полностью соответствует концепции CNS/ATM, поскольку реализуемая с его помощью технология посадки сопрягается с существующими и перспективными системами навигации и наблюдения. Этот радиолокатор позволяет сформировать 4-мерный тоннель навигационных параметров для самых ответственных участков полета и заход на посадку. Предоставляемая пилоту информация отображается в виде цветного изображения окружающей обстановки, в том числе и на лобовом стекле. В РЛС

"Видимость" применены эффективный метод анализа и фильтрации данных, надежный контроль и диагностирование, модульность конструкций и цифровой обмен данными. ; Поэтому для обеспечения гарантированной безопасности посадки в сложных метеоусловиях согласно концепции CNS/ATM целесообразно дооснастить воздушное судно для контроля посадки, руления, разбега, пробега и обнаружения препятствий на ВПП и рулежных дорожках РЛС типа "Видимость". Следует отметить, что такая РЛС не только дополняет, но и органически вписывается в эту концепцию.

Гарантированное соответствие форматов данных от бортовой РЛС и наземных систем посадки или спутниковых систем позволяет пилоту и диспетчеру объединять и оценивать поступающие данные в целом. Радиолокатор типа "Видимость" по наблюдаемым данным формирует для пилота ось ВПП и прогнозирует точку приземления с высот не ниже 60 м, что обеспечивает снижение самолета по радиолокатору на визуально ненаблюдаемую ВПП.

Главным достоинством использования РЛС является возможность наблюдения (визуализации) ВПП при отсутствии визуальной видимости этой ВПП, что позволяет устранить дефицит времени, который является источником психологического перенапряжения. Например, в условиях, соответствующих категориям II и III метеоминимума ICAO, время, которым располагает экипаж для анализа обстановки и принятия решения о посадке, с 6-10 с возрастает в несколько раз. Наблюдая радиолокационное изображение ВПП и специальные пилотажно-навигационные отметки, пилот может оценивать отклонения от посадочной траектории. Принципиальное достоинство заключается в том, что на основании информации, получаемой от РЛС, можно принимать решения на большей высоте.

Отмеченное отсутствие визуальной видимости включает также случаи ее потери из-за припорошенности ВПП снегом или пеплом. Неожиданные препятствия на ВПП, например автотракторная техника и их степень опасности для посадки обнаруживаются и оцениваются уже с удаления 5 км.

Радиолокатором типа "Видимость" пилоту заблаговременно доставляются данные о расположении ВПП и рулежных дорожек, также ему обеспечивается реализация привычных технологий посадки, основанных на совмещении фрагментов наблюдаемых изображений с отметками, формируемыми бортовым компьютером. Радиолокатор позволяет обеспечивать мгновенный переброс луча антенной миллиметрового диапазона за счет электронного сканирования, предоставление пилоту цветного

изображения окружающей обстановки, в том числе и на лобовом стекле.

Особое значение радиолокатор "Видимость" приобретает при организации авиационных работ, для государственной авиации и осуществления экспериментальных полетов.

Анализ существующих систем посадок показывает, что по сравнению с ними наиболее полную информацию пилотам выдает радиолокатор "Видимость" (табл. 3.4). Таким образом, применение радиолокатора "Видимость" как автономно, так и в сочетании с другими системами может значительно повысить безопасность полетов.

Следует специально рассмотреть соответствие характеристик радиолокатора "Видимость" существующим требованиям к системам посадки. Требуемые навигационные характеристики RNP предполагают, что самолет при выполнении снижения и посадки должен с вероятностью 0,95 находиться в пределах некоего "внутреннего" тоннеля, размеры которого приведены в табл. 3.5 для угла наклона глиссады 3° и удаления точки пересечения линии глиссады с поверхностью ВПП, равной 291 м.

Очевидно, что все преимущества посадочного радиолокатора "Видимость" удастся реализовать только в случае его интеграции или комплексирования с другими системами навигации и посадки. Интеграция радиолокатора "Видимость" с другой навигационной системой обеспечит вывод самолета в точку входа в глиссаду. В качестве такой системы целесообразно использовать спутниковую систему навигации. Комплексная система посадки, состоящая из радиолокатора "Видимость" и спутниковой системы навигации полностью отвечает всем требованиям, предъявляемым к системам посадки категории II ICAO.

При посадке в простых метеоусловиях радиолокатор "Видимость" начинает работать с удаления 5-7 км, а в условиях категории IIIA его дальность действия составит менее 3 км. Если спутниковая система навигации обеспечит требуемую точность снижения самолета до этой дальности, то интегрированную систему можно будет сертифицировать по категории IIIA.

Комплексирование спутниковой системы навигации с радиолокатором "Видимость" обеспечит приаэродромную навигацию и выполнение предпосадочных маневров воздушных судов, возможность перехода на визуальный полет на удалении до нескольких десятков километров от ВПП и продолжение визуального полета в ближней зоне аэропорта вплоть до касания на ВПП. Комплексная система в составе спутниковой системы навигации и радиолокатора "Видимость" обеспечит посадку любых воздушных судов практически в любых условиях метеовидимости.

Таблица 3.4

Параметр	Приборный заход		Визуальный заход
	Инструментальная система посадки	Упрошенная система посадки	
Положение воздушного судна относительно линии курса	Определяется по положению курсовой планки прибора слепой посадки	Определяется с помощью ADF	Определяется по положению курсовой планки, шкале отклонения и визуально
Скорость отклонения от линии курса	Не определяется	Не определяется	Определяется визуально
Положение воздушного судна относительно линии	Определяется по положению глиссадной планки	Не определяется (в какой-то мере эта информация заменяется данными о высоте полета)	Определяется по положению глиссадной планки, шкале отклонения и визуально
Скорость отклонения от линии глиссады	Не определяется (в какой-то мере эта информация заменяется данными о вертикальной скорости полета)	Не определяется (в какой-то мере эта информация заменяется данными о вертикальной скорости полета)	Определяется визуально
Текущее удаление от ВПП	Определяется в 2-3 точках по сигналам маркерного радиомаяка	Не определяется или определяется в двух точках по сигналам маркерного радиомаяка	Определяется визуально по счетчику дальности и (при навыке) визуально
Скорость изменения удаления до ВПП	Определяется по указателю скорости	Определяется по указателю скорости	Определяется по указателю скорости или визуально

Таблица 3.5

Параметр	Значения размеров "внутреннего тоннеля", м					
	0	15,24	30,48	60,96	76,20	91,44
Высота	0	15,24	30,48	60,96	76,20	91,44
Удаление от торца ВПП	-291	0	291	872	1163	1454
Ширина тоннеля $\pm \Delta Z_{0,95}$	8,23	15,50	22,90	33,50	36,0	38,0
Высота тоннеля $\pm \Delta H_{0,95}$	0	-	4,60	9,75	11,0	12,20
Высота	121,92	152,40	228,60	304,80	381,0	457,20
Удаление от торца ВПП	2036	2617	4071	5525	6979	8433
Ширина тоннеля $\pm \Delta Z_{0,95}$	40,0	58,50	83,80	109,0	134,70	160,0
Высота тоннеля $\pm \Delta H_{0,95}$	15,50	18,90	27,10	35,40	43,60	51,80

В настоящее время проводятся масштабные работы по созданию и внедрению спутниковых систем посадки. Поскольку в ближайшие годы спутниковые системы посадки не обеспечат посадку по категории III метеоминимума, даже при использовании дифференциального режима, то комплексирование этих систем с радиолокатором "Видимость" устранит этот недостаток и сделает возможным автономную посадку по категориям ШВ и ШС.

Бортовая ИК система посадки [62] содержит оптический блок с ИК датчиком и средствами для проецирования результирующего изображения в поле зрения оптической системы на специальную прозрачную и откидывающуюся панель и системный компьютер. К сожалению, тепловой контраст ВПП, как и окружающей местности, является непредсказуемым, зависящим от многих причин и в первую очередь от условий освещенности, т.е. от времени суток, времени года, скорости ветра и интенсивности движения на ВПП и др. Поэтому сам процесс обнаружения и визуализации ВПП с помощью ИК системы имеет случайный характер.

310

В качестве примера может быть рассмотрена ИК СМ фирмы «Sextant» (Франция). Диапазон работы ИК датчика с длиной волны 1-12 мкм (от ближнего до дальнего ИК поддиапазонов). ИК система, предназначена для работы в условиях категории II, IIIА на заключительном этапе захода на посадку и визуализации собственно ВПП и окружающей местности. Изображение формируется по собственному ИК излучению ВПП и ее окружения, образующегося в результате теплового контраста между этими компонентами. Дальность действия ИК системы соответствует высоте принятия решения ВПР, равной 15 м и дальности видимости на ВПП порядка 200 м. Другая ИК система посадки так называемое всепогодное окно Kollsman анализируется в [62]. Характеристики ТВ системы посадки сочетают реализацию комплекса функций, часть из которых является чисто навигационными, а часть - «наблюдательными», и могут быть рассмотрены на примере системы "Аякс", разработанной ООО АДС (Санкт-Петербург) [59]. ТВ система "Аякс" призвана обеспечить пилота наглядной оперативной и достоверной информацией на заключительном этапе посадки в условиях категории II и III метеоминимума ИКАО. Характеристики ТВ системы посадки "Аякс" следующие:

Дальность действия, км, в условиях	
категории:	
II	5-7
III А.....	2,5-3
III В	1,3-1,5
Точность от дальности, %, не более:	
дальность/снос	$\pm 3 - \pm 5$
отклонение от глиссады	$\pm 3 - \pm 5$
Зона обзора, град.	40
Смещение от оси ВПП при посадке, м	± 1
Наработка на отказ, ч	3000
Масса, кг	6

Внедрение системы "Аякс" позволяет снизить метеоминимум аэропортов, увеличить оборачиваемость, рентабельность и безопасность полетов. Визуальный контакт с ВПП осуществляется на последней стадии захода на посадку. Оптический диапазон спектра наряду с использованием быстрых алгоритмов обработки гарантирует высокие надежность, точность и оперативность отображаемой информации.

Наземное оборудование состоит из нескольких пар импульсных светомаяков большой мощности, работающих в спектраль-

311

ном диапазоне 0,25—1,0 мкм, т.е. охватывающем частично УФ диапазон, ближний ИК диапазон, а также весь видимый диапазон светового излучения (0,38—0,75 мкм). Кроме того, в состав наземного оборудования входит система управления маяками (пульт управления, который находится в распоряжении диспетчера посадки на контрольно-диспетчерском пункте). Вспышки импульсных светомаяков организованы по методу бегущей волны и производятся с обеих сторон ВПП. Метод бегущей волны имеет ряд достоинств. Во-первых, огни бегущей волны не только обрамляют ВПП, но и указывают направление посадки. Во-вторых, огни бегущей волны образуют коридор посадки, их нельзя путать с другими огнями в районе аэропорта. В-третьих, для пилотов самолетов, не имеющих бортового оборудования системы "Аяк", бегущая волна, визуально наблюдаемая значительно ранее огней существующего светосигнального оборудования, позволяет сориентироваться и выйти в створ ВПП до высоты принятия решения.

Бортовой комплекс системы "Аяк" включает твердотельную ТВ камеру, оптическая ось которой направлена по строительной оси самолета, специализированный компьютер, монитор (дисплей) и пульт управления. По сигналам импульсных маяков компьютер синтезирует ТВ изображение (черно-белое или цветное). На дисплее отображается контур ВПП и вычисленные параметры движения воздушного судна относительно ВПП в реальном времени.

3.10. Системы наблюдения за действиями в аэропортах

Из всех систем наблюдения "аэропортовые" системы в нашей стране оказались хуже всего задействованы. Сейчас у нас, например, практически нигде не внедрены системы обзора летного поля. Эта ситуация проистекает из ограниченности ресурсов, имеющихся у авиапредприятий и из-за их стремления создать в первую очередь радиоэлектронное обеспечение для нахождения воздушного судна в полете и при его посадке. Вместе с тем, требование безопасности, отстаиваемое концепцией CNS/ATM, предусматривает информационное обеспечение на всех этапах оказания услуг по перевозке пассажиров и грузов — должна функционировать система наблюдения, позволяющая отслеживать состояние всего транспортного пространства, на котором оказываются указанные услуги, в том числе и на Земле, где могут, например, возникать коллизии из-за помех движению воздушного судна на рулежных дорожках, а также при взлете и посадке.

К "явным" системам наблюдения относятся системы, обеспечивающие наблюдение движения на Земле (Ground Movement Surveillance) и обнаружение воздушного судна в чрезвычайных ситуациях (Detection and Location of Aircraft under Emergency Conditions).

В аэропортах с очень высокой загрузкой потребуются усовершенствованные системы для наземной связи, навигации и наблюдения. Здесь уже достаточно давно эксплуатируются обзорные радиолокаторы контроля или обзора (правильнее, наблюдения) аэропортов (летного поля). Для радиолокаторов прежнего поколения характерен круговой обзор, подвижные антенны, сравнительно высокая потребляемая мощность, сосредоточенная архитектура, низкая способность к модернизации и сопряжению с другими информационными системами. Для более современных радиолокаторов, характерны секторный обзор, неподвижные антенные элементы, низкоомные передатчики, разнесенная архитектура, предусматривающая высокую гибкость системы в зависимости от предложенных условий функционирования и решаемых задач (способность к объединению в сетевую структуру). В [78] появилось сообщение, что сейчас на рынок предъявлена новая система наблюдения движения на Земле SMGCS, реализующая технологии CNS/ATM, которая имеет больше возможностей, чем обычный обзорный локатор контроля за движением воздушных судов в аэропортах. Кроме того, такие технологии, как режим передачи данных S, спутниковая навигация и ADS, будут применяться и для наземного движения, что избавит от необходимости пользоваться дополнительным бортовым радиоэлектронным оборудованием. Помимо основных возможностей SMGCS позволяет автоматически руководить воздушными судами и другими транспортными средствами, находящимися в зоне аэропорта, помогая пилотам и диспетчерам избежать возможных столкновений воздушных судов друг с другом, и аэродромным транспортом, находящимся на ВПП или рулежных дорожках.

Местоположение воздушного судна при чрезвычайных обстоятельствах может быть установлено при помощи последнего записанного сообщения касательно своей позиции, полученного в рамках реализации функции наблюдения. В этом отношении аэронавигационная спутниковая служба AMSS совместно с ADS расширят эту возможность до мирового охвата. Аварийные маяки начинают передавать сигналы сразу после аварийной ситуации, что позволяет выяснить местоположение воздушного судна, а также оказать содействие спасательной группе. Система наблюдения, известная как COSPAS-SARSAT, которая ис-

пользует спутники на низкой полярной орбите, показала высокую эффективность нахождения аварийных маяков во всех областях мира, оборудованных наземными спутниковыми станциями.

PSR обзора летного поля "Оредеж" [55] предназначена для контроля за безопасностью движения воздушных судов по ВПП и управления их движением, а также транспортных средств по территории аэропорта с автоматическим предупреждением об опасных ситуациях при интенсивном движении в сложных метеоусловиях. Такая РЛС обеспечивает автоматическое сопровождение до 100 объектов, движущихся по ВПП и рулежным дорожкам, классификацию наблюдаемых объектов по размерам, автоматическое звуковое и визуальное предупреждение оператора о возможном возникновении экстренной ситуации.

Система "Монитор ВПП", использующая радиолокационные и телевизионные сенсоры, разработана тульским НИИ "Стрела" для непрерывного контроля занятости ВПП и за территорией летного поля (при совместном использовании нескольких станций), воздушными судами, транспортными средствами и другими объектами с целью обеспечения безопасного движения воздушных судов во время взлета и посадки как в простых, так и в сложных метеоусловиях. Установку радиолокационных и телевизионных сенсоров предлагается проводить на крышах служебных и хозяйственных построек, на позициях курсовых радиомаяков. Телевизионные сенсоры призваны показывать на мониторе четкие изображения объектов, в том числе и в ночное время, на основе которых осуществляется классификация наблюдаемых объектов. В данной системе наблюдения за летным полем нашли применение свойства радиолокаторов нескольких поколений: изменяемый сектор механического сканирования, сравнительно малая мощность потребления, возможность объединения нескольких отдельных позиций в единую сеть, комплексирование с другими информационными сенсорами и системами.

Особые надежды возлагаются на создание в аэропорту сети, состоящей из нескольких небольших и дешевых радиолокационных сенсоров, работающих в миллиметровом диапазоне. Формируемая такой сетью система наблюдения позволяет обеспечить обнаружение, отображение, а также классификацию типов препятствий, движущихся и неподвижных транспортных средств на основе получения их "скелетного" изображения. Такая радарная система дает возможность наблюдать за всей площадью движения в аэропортах вплоть до перрона без ограничений по перекрытию.

PSR миллиметрового диапазона "Балтика-А" [55] предназначена для управления и контроля за движением средств воздушного и автомобильного транспорта на поле аэродрома. Эта PSR позволяет контролировать наличие и перемещение на ВПП и рулежных дорожках посторонних объектов (автомобили, люди и т.д.), что обеспечивает максимальную безопасность движения воздушных судов в зоне аэропорта. Она гарантирует повышенную информативность радиолокационного изображения, возможность оценки размеров объектов, оперативность оценки ситуации и динамики ее развития.

Теперь кратко рассмотрим те системы наблюдения, которые могут быть использованы в аэропортах в процессе обеспечения авиационной безопасности (security). Оборудование указанными системами наблюдения по понятным причинам осуществляется отнюдь не "по остаточному принципу", о котором говорилось выше, и здесь отмечается бурный рост используемых средств по количеству и номенклатуре.

Сегодня в ГА обеспечение авиационной безопасности аэропортов использует:

- наличие ограждения по периметру аэродрома, исключаящего проникновение на его территорию посторонних лиц;

- наличие современных и эффективных охранных систем территории и зданий авиапредприятий (аэропортов);

- эффективный контрольно-пропускной режим (обязательное наличие контрольно-пропускного пункта);

- охрану воздушных судов на стоянках и перроне; эффективный контроль за подъездом (отъездом) к воздушным судам аэропортовых средств механизации (средств наземного оборудования, спецмашин — заправщиков, погрузочно-разгрузочных, трапов и т.п.);

- оснащенность средствами связи и наблюдения за аэродромом и служебными помещениями;

- оперативное патрулирование аэродрома подвижными группами службы авиационной безопасности; обеспечение пожарной безопасности;

- возможности проведения и обеспечения службами аэропорта поисковых и аварийно-спасательных мероприятий в зоне аэропорта.

Организация досмотра пассажиров и грузов должна предусматривать:

- всеобъемлющий контроль-досмотр зарегистрированного багажа;

- 100 %-ный досмотр пассажиров, в том числе VIP;

отку мер безопасности, обеспечивающих попадане на борт воздушное качество досмотра пассажиров и ручной клади, усиление контроля за перевозкой электронных устройств и источников питания;

разработку и безусловное выполнение норм безопасности в отношении перевозимого груза, почты, специальных отправок и бортового питания;

обеспечение необходимой степени защиты и эффективного контроля за доступом на территорию аэропортов и, конечно же, наличие высококвалифицированного персонала авиационной безопасности;

наличие технических средств досмотра для контроля за пассажирами, членами экипажей воздушных судов, обслуживающим наземным персоналом (в том числе для досмотра всех направлений пассажиропотока — в общем потоке пассажиров, в залах VIP и официальных делегаций), на контрольно-пропускных пунктах для прохода авиаперсонала аэропорта;

оснащенность техническими средствами пунктов досмотра зарегистрированного багажа, грузов и почты, их охрану в зоне комплектования, сопровождение и контроль загрузки на борт воздушных судов.

Особое внимание должно уделяться обеспечению безопасности при перевозке опасных грузов.

В последнее время наблюдаются тенденции к объединению технических средств обеспечения авиационной безопасности в единую интегрированную систему, включающую охранную сигнализацию, управление доступом, телевизионное наблюдение, контрольные устройства и др. Интегральные системы бывают разного уровня, начиная от простого объединения в одну систему, например, охранной сигнализации и контроля доступа, до сложной системы управления зданиями.

Составными частями интегральной системы безопасности являются:

сеть датчиков, которая обеспечивает получение максимально полной информации со всего пространства, находящегося в поле зрения службы безопасности, позволяет воссоздать на центральном пункте наблюдения всестороннюю и объективную картину состояния помещений и территории объекта и работоспособности всей аппаратуры и оборудования;

исполнительные устройства, способные при необходимости действовать автоматически или по команде оператора;

пункты (или пункт) контроля и управления системой отобра-

жения информации, через которые операторы могут следить за работой всей системы в пределах своих полномочий;

центральный процессор с программирующим устройством, наглядно представляющий информацию датчиков и накапливающий ее для последующей обработки;

коммуникации, через посредство которых обеспечивается обмен информацией между элементами системы и ее операторами.

Такая структура интегрированной системы безопасности дает возможность обеспечить:

контроль за большим количеством помещений с созданием нескольких рубежей защиты;

иерархический доступ сотрудников и посетителей в помещения с четким разграничением полномочий по праву доступа в помещения и по времени суток и по дням недели;

идентификацию личности человека, пересекающего рубеж контроля доступа;

слежение за точным исполнением персоналом охраны своих служебных обязанностей;

предупреждение попадания на объект запрещенных материалов, веществ, оружия и устройств;

взаимодействие постов охраны и органов правопорядка при несении охраны и в случае локализации происшествий;

накопление документальных материалов для использования их при расследовании и анализе происшествий;

оперативный инструктаж работников системы о порядке действий в различных штатных и нештатных ситуациях путем автоматического вывода на монитор текста инструкций в нужный момент.

Кроме того, гибкое программирование функций интегрированной системы дает возможность противодействовать таким ухищрениям для проникновения на защищенные объекты как: прерывание каналов передачи тревожной информации; нейтрализация части системы людьми, имеющими доступ к ее элементам; проникновение с сигналом тревоги и последующим уничтожением информации о происшествии; использование отклонений от предписанного порядка несения службы персоналом охраны; создание нештатных ситуаций в работе системы.

В действующих системах интегрирование происходит, как правило, на двух уровнях:

центральный процессор объединяет в единую систему группу региональных подсистем (систему видеонаблюдения, контроля доступа, охранную и пожарные сигнализации, видеобазы данных пользователей и др.) и обеспечивает их взаимодействие, ка-

жда из подсистем автоматически выполняет какие-либо действия при поступлении определенного сигнала от любой другой;

местные контрольные устройства, являясь блоками, способными "принимать решения", управляют небольшой группой сигнализационных датчиков, считывателями карт, исполнительными устройствами (замками, шлагбаумами, лифтами и т. д.).

Благодаря гибкой архитектуре, интегрированная система быстро конструируется из определенного набора модулей и блоков практически для любых условий и объектов разной величины. В процессе эксплуатации легко наращивается нужное количество дополнительных объектов охраны и совершенствуются функции системы путем подключения различных типов регистрирующих и исполнительных устройств (например, ведение электронной картотеки с изображениями пользователей системы, управления лифтами и дверьми, ведение отчетности о посещаемости и т. д.). Возможно осуществление скрытой маркировки наиболее ценных предметов в помещениях для того, чтобы регистрировался факт их выноса из данного помещения. При этом, если предмет выносит человек с "правами собственности", система лишь зафиксирует факт выноса (или приноса), в противном же случае подается сигнал тревоги. При необходимости удастся использовать контрольные панели со связью по радиоканалу для подключения к системе объектов, удаленных от центрального поста или в условиях целесообразности прокладки кабельной связи. Такие панели осуществляют связь по 100 из 160 возможных радиочастот, причем конкретные радиочастоты определяются случайно для каждого сеанса, что практически исключает возможность постороннего вмешательства в работу системы.

Существующие системы наблюдения, используемые при обеспечении авиационной безопасности далеко не универсальны. Они позволяют выявить и нейтрализовать террористические и иные опасные угрозы только при определенных условиях или сценариях развития событий. Эти системы составляют группу специальных досмотрово-поисковых средств. Они достаточно многочисленны по используемым средствам, что связано с множественностью ситуаций, возникающих при оперативной работе правоохранительных органов, служб охраны, розыскной и следственной деятельности. Примеры таких ситуаций: контроль посетителей и клиентов на наличие у них оружия и взрывных устройств; контроль пассажиров в аэропортах, их ручной клади и багажа; контроль транспортных средств, зданий, почтовых поступлений и подозрительных предметов; поиски заранее установленных взрывных уст-

ройств и т.д. При этом используются: металлоискатели; рентгено-просмотровая техника; газоанализаторы и анализаторы следов взрывчатых веществ; ядерно-физические приборы, обнаружители радионуклидов; резонансно-волновые средства поиска взрывчатых веществ; криминалистическая и маркерная техника, периметровые системы охраны объектов; радиолучевые, инфракрасные, емкостные, вибрационные, проводно-волновые, радиотехнические и оптоволоконные средства обнаружения; противоподкопные средства; датчики движения и биологические и др.

Включение просмотрово-поисковых средств, используемых для обеспечения авиационной безопасности, в систему наблюдения, развертываемую в рамках системы CNS/ATM, полностью подходит под определение функции наблюдения (см. подразд. 3.2). Эти средства позволяют оценить состояние воздушного судна, которое напрямую, конечно, зависит от присутствия на его борту террористов и угонщиков, а также различных опасных грузов.

Для охраны авиапредприятий и их отдельных объектов отечественной промышленностью предлагается ряд систем радиолокационного наблюдения [55]. Переносная РЛС охраны объектов "Монитор-М" обеспечивает автоматическое обнаружение и определение координат движущихся людей, техники, низколетящих вертолетов и разрывов снарядов на фоне земной и водной поверхностей. Портативный малогабаритный радар предупреждения "Фара-1" предупреждает о вторжении людей и транспортных средств на охраняемую территорию летного поля аэродрома, склады, хранилища, электростанции и т.п. Автоматизированные радиолокационно-телевизионные системы наблюдения и контроля за охраняемыми территориями и воздушного пространства над ними "Барьер" обеспечивают автоматическое обнаружение нарушителя, вторгшегося в охраняемую зону по земле, воздуху, воде, а также объектов, скрытых лесной растительностью. Охрану аэродромов призван осуществлять радиолокационно-телевизионный комплекс охраны "Страж-СТ", который включает радиолокационные и телевизионные посты, проводные линии передачи радиолокационных данных и телевизионного сигнала, пункт управления.

Важно отметить, что для аэропортов разработаны сейчас очень смелые концепции и проекты, радикально изменяющие применяемые технологии. В рамках концепции "Высокопроизводительный аэропорт" (High Flow Airport, можно перевести и как "аэропорт высокого полета") [83] предусматривается интеграция задач по прибытию, отправлению и действий на поверх-

ности (Integrated arrival, departure and surface decision-support tools). Такая интеграция предполагает точное позиционирование и объединение (precision spacing and merging), оптимизацию действий на Земле (optimized surface operations). Кроме этого концепция предполагает новые технологии и оборудование аэропортов (New airport design and operation models), где ожидается оснащение интеллектуальными ВПП и рулежными дорожками (intelligent runways and taxiways), а также организацию одновременного взлета и отправления (simultaneous landing and departures), быструю реконфигурацию ВПП (enable rapid reconfiguration of runways), устранение брешей в потоках прибывающих и улетающих пассажиров (eliminate gaps in arrival/departure streams), знание (оценка) ситуации и выработку действий независимо от погодных условий (all-weather situational awareness and response). Это требует, в свою очередь, внедрения технологий синтетического видения (synthetic vision) и компьютерного содействия координации самолета в воздухе и на Земле (computer-assisted air and ground coordination).

Реализация всех этих новых задач предполагает разветвленную и мощную систему из разнообразных средств наблюдения, активно использующую спутниковые и сетевые технологии. Кроме того, эти задачи позволят резко увеличить пропускную способность аэропортов без их радикальных перестроек только за счет использования современных информационных интеллектуальных технологий. Это позволит заявить о появлении интеллектуального транспорта как вида транспорта. Дело в том, что сегодня применяются технологии авиационных перевозок, фактически разделяющие задачи УВД и работу с багажом и пассажирами. Увеличение пропускной способности аэропортов при удовлетворении требований авиационной безопасности все более и более сближает эти две стороны авиационной деятельности. В любой момент в напряженный график полета воздушных судов может активно вмешаться человеческий фактор именно из-за пассажиров. Здесь при возникновении поистине непредсказуемых коллизий потребуются действительно нестандартные технологии, нейтрализующие "эффекты домино" (domino effects), отображающие лавинообразную цепь катастрофических и непредсказуемых событий, и географические точки удушья (geographic choke points), в которых сложилась напряженная обстановка по трафику на земле и в воздухе. Любая из таких технологий должна базироваться на основополагающем принципе теории систем — если хочешь найти эффективную технологию для управления системой, грамотно, полно и оперативно оцени ее состояние. Все чаще в

литературе ставится задача обеспечения УВД от "трапа до траппа". Здесь очевидна роль средств наблюдения за состоянием всего аэропортового хозяйства.

3.11. Преимущества использования планируемой системы наблюдения

Переход на технологии, обеспечиваемые системой наблюдения CNS/ATM, позволяют достичь:

- уменьшения ошибок в сообщениях о местоположении воздушного судна (при предоставлении более точных данных о полете гарантируется высокоточное трехмерное определение координат местоположения и вектора скорости в реальном времени);
- обеспечения наблюдения воздушного судна в нерадиолокационном воздушном пространстве, т. е. расширения зоны наблюдения;

- экономии расходов на наблюдение, в том числе и за счет поэтапного прекращения эксплуатации различных наземных систем, снижения эксплуатационных затрат на техническое обслуживание, максимальной экономии топлива, снижения нагрузки на экипаж;

- оперативного предоставления экипажу воздушного судна более прямых и предпочтительных траекторий полета;

- эффективного реагирования диспетчера на изменения профиля полета воздушного судна;

- значительного повышения безопасности полетов;

- всеохватности наблюдения (размер рабочей зоны по поверхности земного шара неограничен);

- сокращения необходимых интервалов и эшелонов между воздушными судами, автоматизированного самолетовождения по запрограммированным оптимальным траекториям с соблюдением норм продольного, бокового и вертикального эшелонирования на всех этапах полета, включая посадку по нормам категории III ICAO;

- более гибкого управления воздушным движением, с предоставлением диспетчерам возможности лучше "видеть" окружающую обстановку в воздушном пространстве, чаще предоставлять воздушным судам предпочтительные профили полетов, что способствует экономии расходов на производство полетов;

- более точного и надежного наблюдения в высокозагруженном воздушном пространстве;

- высокой степени унификации применяемых средств наблюдения в ГА;

высокоточного и защищенного от помех наблюдения в воздушном пространстве с высокой плотностью движения, практически неограниченной пропускной способности системы.

Указанные преимущества, будучи соотнесенными с различными стадиями полета воздушного судна, сводятся к достижению следующих преимуществ.

Непосредственно в полете ЕБЛ (en route) это: возможность динамического управления на маршруте, включая процедуры его изменения;

введение более жестких стандартов по эшелонированию; увеличение производительности перевозок; беспроводное перемещение к пункту или от пункта назначения; высокая безопасность;

сокращение оборудования, требуемого для воздушного судна;

возможность включения экипажа и пассажиров воздушного судна во всемирное информационное пространство; возможность плавного включения в существующие технологии УВД и пилотирования, а также последующего наращивания соответствующего аппаратного и программного обеспечения.

При посадке (approach) — это увеличение числа посадок и производительности, снижение метеоминимума посадки. *При действиях в аэропорту (airport surface)* это: сокращение опасных вторжений на взлетно-посадочные полосы и воздушные суда; высокая авиационная безопасность; сокращение задержек рейсов воздушных судов. Таким образом, наблюдение является ключевым элементом в обеспечении безопасных, универсальных и эффективных технологий воздушных перевозок для ГА: Наблюдение особенно существенно при управлении полетом воздушного судна. По существу, с внедрением концепции CNS/ATM ГА поставлена в ситуацию, когда осуществляется переход от ОрВД (ATM), базирующейся на наземных технологиях, к использованию космических технологий.

В [81] рассмотрены основные этапы перехода на технологии наблюдения, свойственные концепции CNS/ATM. Предполагается, что переход будет включать три стадии: ближний период (XNearTferm), переходный период (Transition) и зрелое состояние (Mature State). Первый период предполагает реализацию следующих мероприятий: развертывание наблюдений ADS-B с организацией взаимодействия между воздушными судами и ситуационное с помощью CDTI (initial ADS-B A/A and situational awareness via CDTI); развертывание наблюдения ADS-B с орга-

низацией взаимодействия между Землей и воздушными судами, общие форматы данных и интеграцию информационных датчиков (initial ADS-B A/G, common data formats and multi-sensor integration); развертывание сети связи "борт — земля" для обслуживания воздушного движения (initial traffic uplink); усовершенствованное наблюдение, обеспечивающее принятие решений на маршруте полета воздушного судна (improved surveillance provided to en route decision support tools).

Соответственно, второй период сопровождается решением следующих задач:

наблюдение в национальном масштабе маршрутов воздушных судов на основе ADS-B;

интеграция информационных датчиков и сокращенные эшелоны полета воздушных судов (national en route surveillance w/ADS-B, multi-sensor integration & reduced separation);

функционирование национальной сети связи "борт — земля" для обслуживания юллушного движения (national traffic uplink, increased ADS-B equipage, initial self-separation, aircraft intent data provided to en route decision support tools);

обнаружение и разрешение авиационных конфликтных ситуаций (airborne conflict detection and resolution).

Третий этап связан с оснащением национальной авиационно-космической системы NAS (National Airspace System): NAS-wide interactive Flight Planning; получение в рамках национальной системы информации об авиационном наблюдении; общие форматы данных (NAS-wide surveillance information, common data formats); национальная служба FIS (national FIS); преимущественное использование технологий электросвязи, базирующихся на кодовом разделении каналов (full CDMA); оперативный выбор эшелона на основе информации, получаемой с помощью космических средств (NAS wide self separation).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авиационная электросвязь: Международные стандарты и рекомендуемая практика: Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации. - Т.4. Системы обзорной радиолокации и предупреждения столкновений. - ИКАО, 1998.
2. Авиационная электросвязь: Международные стандарты и рекомендуемая практика: Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации. - Т.4. Ч. 1 и 2. - ИКАО, 1999.
3. Акиншин И.С., Быстрое Р.П., Петров А.В., Радиолокационные системы обнаружения наземных объектов в миллиметровом диапазоне радиоволн на летательных аппаратах // Научный вестник МГТУА. Сер. Радиотехника и радиотехника. М., 2000. №24.
4. Анодина Т.Г., Кузнецов А.А., Маркович Е.Д. Автоматизация управления воздушным движением. — М.: Транспорт, 1992.
5. Анцев Г.В., Ещенко С.Д., Сарычев В.А. Бортовая РЛС 8-мм диапазона с электронным сканированием для мониторинга и обслуживания районов техногенных и природных катастроф // Мониторинг, 1997. №2.
6. Анцев Г.В., Сарычев В.А., Щетинин Д.Н. Необходима ли сегодня автономная посадка самолетов? Труды СПб. отд. Американского института электро-и радиоинженеров, 2001.
7. Анцев Г.В., Астанин Л.Ю., Кардо-Сысоев А.Ф; Предложения по развитию сверхширокополосной короткоимпульсной электродинамики // Проблемы транспорта, 2001. №6.
8. Анцев Г.В, Забузов С.А., Палагин Ю.И. Радары с динамическими апертурами // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Радиолокационная техника, 2001. №1.
9. Бабаскин В.В., Исаев С.А., Метов Х.Т. Сдвиг ветра в летной эксплуатации. - СПб.: АГА, 2002.
10. Бабаскин В.В., Исаев С.А., Метов Х.Т. Система предупреждения опасного влияния сдвига ветра // Полет, 2000. №8.
11. Бабаскин В.В., Чепига В.Е. Предотвращение грубых посадок. - СПб.: АГА, 1998.
12. Бабуров В.И., Олянюк П.В. Системы радиовещательного автоматического зависимого наблюдения (АЗН - Р): Сб. ВИНТИ "Проблемы безопасности полетов". 2000. №9.
13. Бакулев П.А., Сосновский А.А. Радиолокационные и радионавигационные системы - М.: Радио и связь, 1994.
14. Баранов А.М., Лещенко Г.П., Белоусова Л.Ю. Авиационная метеорология и метеорологическое обеспечение полетов — М.: Транспорт, 1993.
15. Белов В.В., Демидов Р.П., Кириллов А.Ю. Направления исследований о влиянии сдвига ветра на динамику полета самолета: Проблемы безопасности полетов. — М.: МГА, 1991. №5.
16. Берард А. Дж. мл. Причины, порождающие сдвиги ветра в атмосфере, и методы их обнаружения // Аэрокосмическая техника. Т. 1, 1983. №3.
17. Бочкарев В.В., Крыжановский Г.А., Сухих Н.Н. Автоматизированное управление движением авиационного транспорта / Под ред. Г.А. Крыжановского. — М.: Транспорт, 1999.
18. Боярский Г.Н., Белинский А.С. Установление допустимых параметров сдвига ветра при уходе самолета на второй круг в автоматическом режиме: Сб. "Методы и средства оценки уровня безопасности полетов гражданских воздушных судов". — Киев: КИИГА, 1985.
19. Быкова В.В., Чеха В.А. Автоматизированные системы пассивной радиолокации — новая альтернатива: Сб. "Проблемы организации воздушного движения: Безопасность полетов". Вып. 2. — М.: ГосНИИА; МАИ, 2000.
20. Быстров А.В., Митрофанов Д.Г. Перспективные направления технических средств опознавания воздушных целей // Зарубежная радиоэлектроника, 1996. №2.
21. Васин И.Ф. Влияние сдвига ветра на безопасность полетов воздушных судов. — М., "Итоги науки и техники. Сер. Воздушный транспорт". Т.8, 1980.
22. Верещака А.И., Олянюк П.В. Авиационное радиооборудование. — М.: Транспорт, 1996.
23. Влияние сдвига ветра на динамику полета самолета: Библиограф. Список. — М.: ЦАГИ, 1983.
24. Галкин В.Я., Кизилов М.Г, Щербаков Л.К. Проблемы внедрения CNS/ATM: Сб. трудов II Междунар. симпозиума "Аэронавигационная система России — проблемы и пути их решения" — М., 2000.
25. Горохов В.Г. Методологический анализ развития научно-технических дисциплин (на примере теоретической радиолокации): Системные исследования // Методологические проблемы: Ежегодник. 1983. — М.: Наука, 1983.
26. Громов Г.Н., Иванов Ю.В., Савельев Т.Г. Адаптивная пространственно-доплеровская обработка эхо-сигналов в РЛС управления воздушным движением. — СПб: ФГУП ВНИИРА, 2002.
27. Громов Г.Н., Шевела Г.Ф., Петрушевский В.А. Метеорологическая радиолокационная информация в системах УВД // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ОВР, 1987. Вып. 8.
28. Добролюбов Н.В., Деревянченко С.С., Сарычев В.А. Вертолетная РЛС: А.С. № 211328, 1984.
29. Ещенко С.Д., Сарычев В.А. К вопросу о включении в концепцию CNS/ATM бортовой РЛС контроля посадки, руления, разбега, послепосадочного пробега и обнаружения препятствий на взлетно-посадочной полосе // Радиопромышленность. — М, 1999. Вып. 4.
30. Ещенко С.Д., Сарычев В.А. Концепция автономной посадки с использованием бортовой РЛС с высокой разрешающей способностью и быстрым сканированием луча антенны: Актуальные проблемы транспорта России / Тр. Междунар. науч.-практич. конф. Саратов, 1999. Вып.2.
31. Ещенко С.Д., Сарычев В.А., Щетинин Д.Н. Автономная посадка с использованием бортового электронно сканирующего радара. Известия СПбГТУ "ЛЭТИ" (Сер. "Proceeding of IEEE Members"). Вып. 1/2000.
32. Задорожный А.И., Соловьев Ю.А., Гордиенко Д.Н. Анализ функционирования системы зависимого наблюдения в условиях помех: Сб. трудов II Междунар. симпозиума "Аэронавигационная система России — проблемы и пути их решения", М., 2000.
33. Збруцкий А.В., Нестеренко О.И., Лихолит Н.И. Астроинерциальная система для авиационного применения: Тр. 9-й СПб. междунар.

- конференции по интегрированным навигационным системам. - СПб., 2002.
34. Иванов Ю.В., Савельев Т.Г. Совместная пространственно-доплеровская обработка сигналов в двухпозиционной посадочной РЛС // Радиоэлектроника и связь. - СПб., 1999, №2(16).
 35. Ильницкий Л.Я., Болбот А. А. Антенные устройства аэропортов гражданской авиации. — М.: Транспорт, 1983.
 36. Иммореев И.Я., Грохотов А.В., Еремин В.М. АНС для авиационного обслуживания морских объектов Газпрома на шельфе Баренцева и Карского морей: Сб. трудов II Междунар. симпозиума "Аэронавигационная система России - проблемы и пути их решения". - М., 2000.
 37. Козлов А.И., Сарычев В.А. Поляризация сигналов в сложных транспортных радиозлектронных комплексах / Под ред. В.А. Сарычева. - СПб: Академия транспорта, 1994.
 38. Коломенский К.Ю., Кузьмин В.В. Современные бортовые системы предупреждения столкновений воздушных судов // Зарубежная радиоэлектроника, 1989. №2.
 39. Кошевой А.А., Маранов А.В., Чигирин О.Т. Разработка разностно-дальномерной системы для поиска подвижных объектов, терпящих бедствие на море, в воздухе, на суше, по излучению их передатчиков: Тр. 9-й СПб. междунар. конференции по интегрированным навигационным системам. - СПб., 2002.
 40. Крюков С.П., Чесноков Г.И., Троицкий В.А. Опыт разработки и сертификации бесплатформенной инерциально-навигационной системы для гражданской авиации (БИНС-85) и создания на ее основе модификаций для управления движением морских, наземных и аэрокосмических объектов и задач геодезии и гравиметрии: Тр. 9-й СПб. междунар. конференции по интегрированным навигационным системам. - СПб., 2002.
 41. Кузьмин Б.И., Соколов А.И. Многофункциональные автоматизированные автономные радиотрансляторы ОВЧ диапазона // Электросвязь, 1997. №9.
 42. Лазнюк П.С. Уход самолета на второй круг в условиях сдвига ветра и нисходящих потоков: Сб. "Проблемы полета самолета гражданской авиации на посадку в сложных метеоусловиях". - Киев: КНИГА, 1984.
 43. Лапин Б.А., Максименко М.Д., Кузьмин Б.И. Подвижная служба авиационной связи на основе режимов вторичной радиолокации // Электросвязь, 2002. № 3.
 44. Липин А.В., Олянюк П.В. Бортовые системы предотвращения столкновений воздушных судов. СПб.: Академия гражданской авиации, 1999.
 45. Мельник Ю.А. Радиолокационные методы исследования Земли / Под ред. Ю.А. Мельника. - М.: Сов. радио, 1980.
 46. Микенелов А.Л., Чепига В.Е. Оптимизация летной эксплуатации. — М.: Воздушный транспорт, 1992.
 47. Мюэ Ч., Катледж Л., Драри В. Новые технические решения в радиолокационных станциях службы движения / ТИИЭР, 1974. № 6.
 48. Наджид Г. Одновременное использование близко расположенных параллельных ВПП делают возможным снижение перегруженности аэропортов / ИКАО, 1995. №2.
 49. Ноздрин В.И. Прогресс в развитии автоматических систем управления воздушным движением: Сб. "Проблемы безопасности полетов", 1995. №1.
 50. Обрубов А.Г., Грязин Е.В. Динамика полета в условиях сдвига ветра. - М.: ЦАГИ, 1983. Вып. 2163.
 51. Об утверждении концепции модернизации и развития Единой системы организации воздушного движения Российской Федерации: Постановление Правительства Российской Федерации от 22 февраля 2000 г. № 144.
 52. Оперативное средство защиты от сдвига ветра // Аэрокосмическая техника, 1987. №3.
 53. Пешехонов В.Г. Ключевые задачи современной автономной навигации // Гироскопия и навигация, 1996. №1.
 54. Проблемы сдвига ветра и безопасности полета: Тематическая подборка материалов. - Л.: ОЛАГА, 1981.
 55. Радиолокаторы: Каталог / Российское Агентство по системам управления. - М., 1999/2000, ОАО "Научно-исследовательский институт экономики и информации по радиоэлектронике".
 56. Радиотранслятор ОВЧ диапазона "ГАБИК": Реклама АОТ "РИМР" // Электросвязь. 1997. №3.
 57. Радиосистема телемеханики и телеметрии для удаленных объектов аэропортового комплекса: Реклама инженерной компании SEL. - Уфа.
 58. Сарычев В.А. Попытка характеристики очередного этапа развития радиолокационной науки и техники // Радиопромышленность, 1996. №2.
 59. Сафьян Д.А., Сафьян А.Д., Соболев Е.В. Возможности И перспективы система посадки "Аякс" // Проблемы транспорта, 2000. №4.
 60. Сдвиг ветра: Циркуляр ИКАО №186-AN/122. - Монреаль: ИКАО, 1987.
 61. Соболев Е.В., Щетинин Д.Н. Перспективы применения радиолокатора "Видимость" для захода на посадку в рамках концепции CNS/ATM // Проблемы транспорта, 2001. №6.
 62. Соболев Е.В., Щетинин Д.Н. Состояние и перспективы радиозлектронных систем посадок воздушных судов // Проблемы транспорта, 2000. №4.
 63. Солдаткин В.М. Построение каналов обнаружения, предупреждения и индикации информационно-управляющей системы безопасности полетов // Авиационная техника, 1995. №1.
 64. Степаненко В.Д. Радиолокация и метеорология. — М.: Гидрометеиздат, 1973.
 65. Стрелец И.В., Боярский Г.Н. Алгоритм расчетной оценки допустимых параметров сдвига ветра при заходе на посадку в автоматическом режиме: Прикладная аэродинамика. — Киев: КИИГА, 1997.
 66. Сушкевич Б.А. Наземные радиотехнические системы гражданской авиации. СПб.: АГА, 1999.
 67. Сухонин Е.В. К вопросу о прогнозировании потерь радиоволн в дожде // Радиотехника и электроника. 1998. №8. Т. 43.
 68. Транспондер: Реклама ОАО "Ижевский радиозавод" / Разработчики и изготовители ГОСНИИ АС, "Ижевский радиозавод". - Ижевск: Дочернее предприятие "ЦС Связькомплекс".
 69. Тучков Н.Т. Автоматизированные системы и радиозлектронные средства управления воздушным движением. - М.: Транспорт, 1994.
 70. Филатов Г.А., Пуминова Г.С., Сильвестров П.В. Безопасность полетов в возмущенной атмосфере. — М.: Транспорт, 1992.
 71. Черный М.А., Кораблин В.И. Воздушная навигация. - М.: Транспорт, 1983.
 72. Чеха В.А. Применение концепции пассивной радиолокации в автоматизированных системах УВД / Научный вестник МГТУА. Сер. Радиофизика и радиотехника. — М., 1999.
 73. Южаков В.В. Современные методы определения местоположения источников электромагнитного излучения // Зарубежная радиоэлектроника, 1987. №8.

74. Ярлыков М.С. Радиоэлектронные комплексы - современный этап развития радиотехники // Радиотехника, 1995. №4.
75. Яцков Н.А. Основы построения автоматизированных систем контроля полетов воздушных судов. - Киев: КНИГА, 1989.
76. Cummins R. Air Transportation Protocol: Still Valid? - The Middle East Aviation. Vol. 8, #7, 2002.
77. Frain S., Van Sickle G. CNS/ATM for tactical military aircraft / 9th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems - Russia, 2002.
78. Galotti .V. P. Jr. The Future Air Navigation System (FANS). - ICAO: Avebury aviation, 1997.
79. Lopez R.L., Wilson J.R. FAA moves out on solving windshear problem - Interavia, 44, #3, 1989.
80. Ryan TCAD. P/N: 32-2352. Revision 2. July 30, 2001. Ryan International Corporation.
81. Schroer R. Space: Avionics' Next Frontier: Systems Magazine. IEEE, #7 2002.
82. Stimson G.W. Introduction to airborne radar / Scitech Publishing inc.; Mendham. - New Jersey, 1998.
83. The NASA Aeronautics Blueprint - Toward a Bold New Era of Aviation/ NASA - USA, 2002.
84. Yuchnovicz D.E., Williams L.J., DiCarlo D.J. The Digital Information Facility // Systems, August, 2002.

Глава 4.

ОРГАНИЗАЦИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

4.1. Термины и определения

Воздушное движение — движение воздушных судов, находящихся в полете, и движение воздушных судов на площади маневрирования аэродрома.

Воздушное пространство — пространство, входящее в состав государственной территории и международной территории общего пользования.

Временное окно — период времени, выделяемый воздушному судну для взлета или пролета заданной расчетной точки.

Государственное воздушное судно — воздушное судно, используемое военной, таможенной и полицейской службами; считается государственным воздушным судном.

Деление воздушного пространства — установление определенных объемов (районов, зон, секторов) в целях создания благоприятных условий для выполнения полетов и ОВД.

Обслуживание воздушного движения — общий термин, означающий в соответствующих случаях полетно-информационное, консультативное или диспетчерское обслуживание (управление) воздушного движения, а также аварийное оповещение.

Организация воздушного движения — обеспечение возможности эксплуатантам воздушных судов придерживаться планируемого времени вылета и прибытия и выдерживать наиболее предпочтительные профили полета при минимальных ограничениях и без снижения установленных уровней безопасности (далее именуется ОрВД).

ОрВД включает: обслуживание (управление) воздушного движения; организацию потоков воздушного движения; организацию воздушного пространства в целях обеспечения обслуживания (управления) воздушного движения и организации потоков воздушного движения.

Организация воздушного пространства — установление оптимальной структуры воздушного пространства в целях обеспечения его эффективного использования.

Организация потоков воздушного движения — любая деятельность, связанная с организацией потоков воздушного движения таким образом, чтобы при обеспечении безопасного, упорядоченного и быстрого полета отдельных воздушных судов все движение, обслуживаемое в любой конкретной точке или в любом конкретном районе, соответствовало пропускной способности системы организации воздушного движения.

Планирование воздушного движения — деятельность по формированию планов и потоков воздушного движения по ВТ, МВЛ, районам аэродромов (аэроузлов), районам авиационных работ, а также при выполнении коммерческих полетов по маршрутам вне ВТ, осуществляемая на основе заявок эксплуатантов и других пользователей воздушного пространства в тесном взаимодействии с органами планирования использования воздушного пространства, контроля его использования, эксплуатантов и соответствующими органами государственного регулирования в области ГА и направленная на обеспечение безопасности и эффективности выполнения запланированных объемов воздушного движения при действующих (перспективных) возможностях системы обслуживания воздушного движения.

Пропускная способность — количество воздушных судов, входящих в определенный участок воздушного пространства и в определенный период времени; способность системы ОрВД или ее подсистемы или рабочего места предоставлять обслуживание воздушным судам при нормальной загрузке.

Стратегическая деятельность по организации потоков воздушного движения — меры по ОПВД, принимаемые более чем за день до дня производства полетов.

Тактическая деятельность по организации потоков воздушного движения — меры по ОПВД, принимаемые в день производства полетов.

Частота приема воздушных судов — показатель, используемый для целей тактической организации потоков воздушного движения и выражаемая количеством воздушных судов за определенный промежуток времени.

4.2. Цели системы АТМ

Термин организация воздушного движения (АТМ) используют для описания деятельности по организации воздушного пространства и движения, осуществляемой соответствующими авиационными полномочными органами путем планирования и организации эффективного использования воздушного про-

странства и потоков воздушного движения в рамках района их ответственности. АТМ состоит из [1, 10]:

- обслуживания воздушного движения (АТS);
- организации потоков воздушного движения (АТFМ);
- организации воздушного пространства (АSМ).

Общие цели АТМ заключаются в предоставлении возможности эксплуатантам воздушных судов удовлетворять свои требования к планируемому времени вылета и прибытия и придерживаться своих предпочтительных профилей полетов с минимальными ограничениями и без какого-либо компромисса в отношении согласованного уровня безопасности воздушного движения.

Цели системы АТМ:

- сохранение или повышение существующего уровня безопасности воздушного движения;
- удовлетворение требований различных типов оборудования воздушных судов;
- повышение пропускной способности системы;
- сведение к минимуму задержек путем реализации эффективного использования воздушного пространства.

Создание АТМ на глобальной основе возможно за счет использования спутниковых технологий для обеспечения глобального перекрытия системами CNS. Выигрыш от внедрения таких систем CNS увеличивается при их совместном использовании и применении в системе АТМ.

4.3. Обслуживание воздушного движения

Обслуживание воздушного движения продолжает оставаться ключевым элементом системы АТМ. Безопасность воздушного движения обеспечивается системой АТМ и другими службами ОВД.

Задачами обслуживания воздушного движения являются [6]:

- предотвращение столкновения между воздушными судами;
- предотвращение столкновения воздушных судов, находящихся на площади маневрирования, с препятствиями на этой площади;

ускорение и поддержание упорядоченного потока воздушного движения;

предоставление консультаций и информации, необходимых для обеспечения безопасного и эффективного производства полетов;

уведомление соответствующих организаций о воздушных судах, нуждающихся в помощи поисково-спасательных служб, и оказание таким организациям необходимого содействия.

Управление воздушным движением в настоящее время обеспечивается большим числом различных органов ОВД, имеющих разную степень автоматизации [6]. Навигационные возможности современных воздушных судов часто превосходят возможности органов ОВД и поэтому нельзя реализовать все преимущества современных бортовых систем. Более того, из-за различий в возможностях наземных систем невозможно оптимизировать обслуживание, предоставляемое воздушным судам в ходе полета. В будущей системе АТМ возможности бортовых и наземных систем должны быть объединены и использоваться совместно. Для объединения бортовых и наземных систем в сети используются линии передачи данных с обеспечением возможностей по обработке данных как на борту воздушных судов, так и в органах ОВД. Данная полная интеграция систем АТМ наземного базирования и бортовых средств является основной технической сложностью на пути развития системы ОВД, особенно в связи с необходимостью оптимального использования оценок человека: навыков пилотов и диспетчеров. Объединение и согласование навыков человека и автоматизированных систем посредством эффективных интерфейсов "человек—машина", вероятно, являются наиболее трудной технической задачей в детальной разработке будущих систем.

Современная система ОВД не удовлетворяет потребностям воздушного движения; она характеризуется фрагментарным воздушным пространством и различными уровнями обеспечиваемого обслуживания, включая комбинацию процедурного и тактического (на базе РЛС) ОВД. Системе присущи ограничения, обусловленные недостаточным перекрытием системами CNS и одновременным использованием ручных и специализированных автоматизированных систем с ограниченной автоматизацией передачи данных и управления. Пропускная способность будущей системы ОВД должна удовлетворять потребности воздушного движения. Организация воздушного пространства должна обеспечивать прозрачность для всех пользователей с непрерывным обеспечением ОВД для международных полетов по правилам полетов по приборам. Глобальное перекрытие системами CNS позволит осуществлять глобальное тактическое управление воздушным движением с использованием автоматического наблюдения за воздушным движением и совместимых систем ОВД, обеспечивающих возможность автоматической передачи полетных данных и управления. Речевая связь будет использоваться как резервная к установившейся практике передачи данных по линиям передачи данных "воздух—земля".

Целесообразно определить, какие именно усовершенствования системы ОВД с учетом полученных преимуществ должны быть осуществлены. Например, преимущества в отношении безопасности за счет снижения "ошибок в контуре" при ОВД можно получить в случае использования автоматизированных систем связи (линий передачи данных) и отчетливых каналов прямой речевой связи "диспетчер—пилот". Оптимальные маршруты без необходимости управления службой ОВД могут быть получены за счет улучшения навигационных характеристик на базе глобального навигационного охвата. Для выявления больших отклонений и обеспечения гибкости тактического управления требуется глобальное наблюдение с применением ADS. Повышения уровня безопасности и увеличения пропускной способности, а также снижения числа ошибок, связанных с человеческим фактором, по оценкам, можно добиться за счет использования ориентированных на человеческий фактор автоматизированных средств как для диспетчеров, так и для пилотов. Эффективность и регулярность полетов мировой гражданской авиации можно повысить путем внедрения автоматизированных интерфейсов между соседними центрами ОВД. Оптимальные профили полетов и более высокая их экономичность могут быть достигнуты путем сопряжения бортовых и наземных систем. Среди множества преимуществ, которые будут получены в результате внедрения всей системы CNS/АТМ, процесс регионального планирования должен определить конкретные целевые эксплуатационные преимущества и обеспечить заключение соглашения между поставщиками услуг и пользователями воздушного пространства относительно графика развертывания - необходимых бортовых и наземных систем. Несомненно, соответствующее внимание должно быть уделено рассмотрению критерия затраты (прибыль) при проведении планируемых усовершенствований системы [11].

Глобальный план включает инструктивный материал по развитию системы АТМ [11]. При возможных усовершенствованиях системы ОВД автоматизированное предупреждение о минимальной безопасной абсолютной высоте признается важной функцией для предотвращения столкновений исправных воздушных судов с землей. Аналогичный вклад в обеспечение безопасности полетов может внести автоматическая система оповещения о конфликтных ситуациях и рекомендации по их разрешению, которые могут предотвратить столкновения в воздухе. Автоматическая система предупреждения об отклонениях и обнаружения грубых ошибок может рассматриваться в качестве стандартной функции системы ADS для предотвращения откло-

нения воздушного судна от маршрута еще до возникновения потенциально конфликтной ситуации с другим воздушным судном. Однако указанные моменты также могут обеспечить преимущества для объединенной системы обработки полетных и радиолокационных данных. В загруженных аэропортах пропускная способность может быть повышена за счет использования независимых заходов на посадку по ППП на близко расположенные параллельные взлетно-посадочные полосы и усовершенствования системы наблюдения и управления на земле. Как указывалось ранее, существенного повышения пропускной способности в трассовом воздушном пространстве можно добиться путем сокращения минимумов эшелонирования до планируемого значения 300 м (1000 фут) для вертикального эшелонирования и (или) 55 км (30 м. миль) для бокового и продольного эшелонирования (вне зоны действия радиолокационного контроля) для каждого региона АТМ. И наконец, повышение экономичности и гибкости маршрутов может быть достигнуто за счет способности системы УВД обеспечить полеты по случайным (произвольным) маршрутам RNAV и динамичное изменение маршрутов воздушных судов. Предполагается, что приведенные примеры будут использованы региональными группами планирования и внедрения систем при определении прогрессивных усовершенствований системы, которые будут включены в региональный эволюционный план внедрения систем.

Вышеизложенное позволяет рекомендовать следующие основные направления развития системы АТМ в области обслуживания воздушного движения [1]: внедрение новых процедур и технологий, военно-гражданская координация, подготовка персонала, совершенствование взаимодействия "пилот—диспетчер".

4.4. Организация воздушного пространства

Организация воздушного пространства - важный элемент системы, который осуществляется в целях обслуживания и ОПВД. Она должна обеспечивать:

- безопасность, регулярность и экономичность полетов;
- рациональное и эффективное использование воздушного пространства;
- увеличение пропускной способности системы АТМ;
- при необходимости разделение потоков вылетающих и прилетающих воздушных судов;
- условия исключающие потенциально конфликтные ситуации в воздухе;

полеты воздушных судов по оптимальным маршрутам и профилям;

снижение воздействий полетов воздушных судов на окружающую природную среду;

упрощение и автоматизацию планирования полетов эксплуатантами.

Остаются важными решения задач, связанных с совершенствованием: структуры воздушного пространства; резервированием и совместным (гражданским и военным) использованием воздушного пространства; структуры маршрутов ОВД; секторизацией воздушного пространства.

В настоящее время существует достаточное количество методологий, методов, концепций, которые позволяют решить вышеизложенные проблемы и задачи.

К ним, например, можно отнести: требования к навигационным характеристикам воздушных судов (RNP); методы зональной навигации (RNAV); сокращенные минимумы вертикального эшелонирования (RVSM); внедрение параллельных маршрутов в системе АТМ.

Воздушное пространство, несомненно, представляет собой ресурс, используемый совместно гражданскими, военными и другими пользователями. Несмотря на то, что использование воздушного пространства мировой гражданской авиацией в идеале должно быть нелимитированным, на практике это не так. В широком смысле слова организация воздушного пространства базируется на его выделении с учетом удовлетворения требований пользователей по оптимальным профилям полетов. Концепция организации воздушного пространства включает всю инфраструктуру, выделение воздушного пространства и его организацию, классификацию (обеспечиваемые службы и требуемые возможности бортового оборудования), имеющиеся маршруты и крейсерские эшелоны полета, обеспечивающие средства и службы CNS/АТМ, а также пропускную способность с точки зрения эшелонирования воздушных судов, которые должны устанавливаться службой ОВД. Традиционно данные элементы системы организации воздушного пространства отражаются в региональных аэронавигационных планах ИКАО, включая региональные, составляющие перечень необходимых аэронавигационных средств и служб, которые государства согласились обеспечить с целью выполнения своих обязательств в рамках Конвенции о международной гражданской авиации.

Процесс регионального планирования базируется на прогнозируемых оценках спроса на воздушные перевозки и на обосновании

ванных оценках. Необходимость в данном подходе, очевидно, сохранится и далее, однако ожидается, что с ростом сложности рассматриваемых составных элементов в будущем потребуется более всесторонний аналитический инструмент. Такой инструмент в настоящее время разработан и постоянно совершенствуется группой экспертов Аэронавигационной комиссии ИКАО, известной как Группа экспертов по рассмотрению общей концепции эшелонирования (RGCSF). Необходимо отметить, что большинство из вышеуказанных методологий, методов, концепций, основано на методологии, разработанной этой Группой. Подход заключается в определении риска столкновения (CRM), в основу которого была положена модель Райха. Полученный риск столкновения сравнивается с уровнем риска, который считается приемлемым, и который называется установленным уровнем безопасности (TLS) [7, 8].

Разрабатываемый инструмент, называемый методологией планирования воздушного пространства, предназначен для определения минимумов безопасного эшелонирования на базе характеристик воздушного пространства и воздушного движения, обеспечиваемых средств и служб и требуемых возможностей бортового оборудования. Научный подход к оценке безопасности полета дает возможность принимать эксплуатационные решения, используемые для оценки минимумов эшелонирования. Однако применение методологии планирования воздушного пространства не ограничивается только данной областью; ее использование обеспечит большие преимущества, когда впервые будут определены эксплуатационные цели в отношении пропускной способности воздушного пространства, регулирования гибкости и минимумов эшелонирования. Указанная методология может также применяться для определения того, какие средства и службы CNS/ATM, а также характеристики бортового оборудования необходимы для достижения данных эксплуатационных целей.

Для обеспечения большей пропускной способности и гибкости с тем, чтобы воздушные суда более строго выдерживали оптимальную траекторию полета и крейсерский эшелон, вводятся сокращенные минимумы эшелонирования. Это достигается за счет введения минимума вертикального эшелонирования (VSM), составляющего 300 м (1000 фут) на эшелонах полета между FL290 и FL410 включительно, в рамках действующего воздушного пространства. Сокращение VSM до 600 м (1000 фут) обеспечивает дополнительно шесть крейсерских эшелонов для турбореактивных самолетов, что вдвое увеличивает пропускную способность воздушного пространства.

Будущие цели можно определить как тактическое применение минимума бокового и продольного эшелонирования 55 км (30 м. миль) на базе полученной от системы RNAV дальномерной информации для подтверждения повышения в два раза пропускной способности воздушного пространства и гибкости маршрутов (динамичное изменение маршрутов). Методология планирования воздушного пространства показывает, что выполнение этих целей может быть обеспечено за счет применения прямой связи "диспетчер—пилот" через линию передачи данных, использования системы ADS с низкой частотой обновления информации (например, каждые 5 мин), а также применения соответствующих автоматизированных средств в помощь диспетчеру, в том числе для выявления больших отклонений; при этом воздушное судно должно быть оборудовано аппаратурой для передачи данных и системой ADS без необходимости улучшения достигнутых в настоящее время навигационных характеристик. Наличие бортовой системы предупреждения столкновений служит дополнительной гарантией безопасности. Поставщикам услуг и пользователям воздушного пространства необходимо заключать соглашение по осуществлению программы, включая контрольные сроки окончательного введения сокращенных минимумов эшелонирования. В качестве отдаленной цели можно назвать определение требования по введению минимума бокового и продольного эшелонирования 18 км (10 м. миль) в океаническом воздушном пространстве. Усовершенствования системы, необходимые для реализации данного мероприятия, могут включать более высокую частоту обновления сообщений ADS (например, каждую минуту), оповещение службой ОВД об отклонении и более эффективное предупреждение о конфликтной ситуации, а также рекомендации по ее разрешению. Согласно требованиям, воздушное судно, как правило, может иметь отклонение в пределах 1,8 км (1 м. мили) от заданной линии пути (RNP1) [11], что возможно только при использовании системы GNSS и наличии усовершенствованной бортовой системы предупреждения столкновений для разрешения конфликтных ситуаций в трех измерениях.

Из приведенного примера видно, что методология планирования воздушного пространства может быть применена для преобразования эксплуатационных целей в требования к системе. Предполагается, что значимость данного процесса возрастет на этапе перехода к развертыванию всей системы CNS/ATM. Он может принять форму более официального подхода к региональному аэронавигационному планированию, включая определение "характеристики требуемой системы", для внедрения

во всех регионах АТМ. Указанные характеристики требуемой системы могут определять планируемый для обслуживания объем воздушного движения, необходимую гибкость использования воздушного пространства, заданный уровень безопасности, применяемый минимум эшелонирования, а также средства и службы, которые должны быть обеспечены, и возможности бортового оборудования, необходимые для безопасной работы системы RVSM.

Внедрение RVSM позволяет повысить пропускную способность и является основной составляющей Программы упорядочения и интеграции управления воздушным движением в Европе (ЕАТСНР). Введение RVSM позволяет применять VSM 600 м (1000 фут) между соответственно оборудованными ВС в диапазоне полетов 290-410 включительно с возможностью использования дополнительных шести эшелонов полета. Целями внедрения RVSM являются увеличение пропускной способности путем введения этих шести дополнительных эшелонов полета, снижение рабочей нагрузки диспетчеров с поддержанием или повышением существующего уровня безопасности и обеспечения сообщества пользователей воздушного пространства улучшенной эксплуатационной средой с оптимизированными профилями выполнения полетов.

Предоставление дополнительных эшелонов полета — это один из способов, который позволяет диспетчерам:

успешно работать с существующими и будущими потоками движения в своих районах ответственности;

более эффективно стратегическими методами предотвращать возникновение конфликтов в основных точках пересечения европейской сети маршрутов;

выполнять требования пилотов по предоставлению оптимальных крейсерских эшелонов.

Внедрение RVSM определяется Руководством по применению минимума вертикального эшелонирования 300 м (1000 фут) между эшелонами полета 290 и 410 включительно. Основная цель этого Руководства заключается в предоставлении группам регионального планирования (RPG) исходного материала для разработки документов, правил и программ по введению VSM 300 м (1000 фут) выше эшелона полета 290 в пределах их конкретных регионов в соответствии с критериями и требованиями, разработанными ИКАО.

В качестве предпосылки внедрения RVSM требуется, чтобы уровень безопасности в рамках европейского воздушного пространства с RVSM соответствовал существующему уровню безопасности или был повышен. Исследования, которые проводи-

лись рядом государств [11], в том числе государствами-членами Евроконтроля в форме моделирования в реальном масштабе времени и исследования по вопросам безопасности подтвердили, что существует возможность внедрения RVSM как с эксплуатационной, так и с технической точек зрения, с соблюдением необходимого уровня безопасности. Опыт, накопленный при применении RVSM в Северно-Атлантическом регионе ИКАО (NAT), был использован при разработке соответствующих аспектов применения RVSM в европейском воздушном пространстве. Таким образом в максимальной степени обеспечивалась непрерывность обслуживания при выполнении полета с пересечением двух зон с различной эксплуатационной средой ОВД. Более того, программа ЕАТСНР RVSM разрабатывалась в тесном сотрудничестве с Европейской группой аэронавигационного планирования (ЕАНРГ) ИКАО. Материалы, являющиеся результатом работы в рамках программы ЕАТСНР RVSM, соответствуют стандартам и рекомендуемой практике и имеют общую базу с руководящими документами ИКАО по вопросам RVSM и АТМ.

Внедрение в практику RNP, RNAV, RVSM и параллельных маршрутов в системе АТМ оказывает определенное влияние на все элементы ОВД. Поэтому эти аспекты будут рассмотрены в отдельных подразделах.

4.5. Организация потоков воздушного движения

Организация потоков воздушного движения является необходимым дополнением к обслуживанию воздушного движения. Система ОПВД ставит своими целями оптимизацию потоков воздушного движения, сокращение задержек воздушных судов в воздухе и на земле, предотвращение перегрузки системы в целях повышения безопасности.

Служба ОПВ предназначена для обеспечения оптимального потока воздушного движения в (через) те районы, где потребности воздушного движения временами превышают пропускную способность системы ОВД. Этот оптимальный поток достигается за счет поддержания службой ОПВД равновесия между потребностями воздушного движения и возможностями ОВД удовлетворять их при непрерывном взаимодействии с соответствующими органами ОВД.

Комплексная служба ОПВД должна обеспечивать¹: полное использование имеющейся пропускной способности системы

АТМ; максимальную гибкость в обслуживании потоков воздушного движения и их упорядоченность. Службу ОПВД следует создавать только в том объеме, в каком она необходима для обеспечения оптимального потока воздушного движения. При организации и внедрении этой службы особое внимание следует уделять вопросу обеспечения максимальной рентабельности.

Служба ОПВД должна строиться на основе следующих принципов.

1. Служба ОПВД должна быть обеспечена в как можно более обширном районе (так называемый "район ОПВД"), охватывающим большинство зон, где могут возникнуть проблемы потоков воздушного движения. Наличие службы ОПВД в районе ОПВД должно надлежащим образом отвечать потребностям ВС, летящих в направлении соседних с этим районом государств и обратно.

2. Органы, участвующие в обеспечении службы ОПВД, должны использовать соответствующие данные об ожидаемых потребностях в этом районе.

3. Органы, участвующие в обеспечении службы ОПВД дополнительно к информации, получаемой из общего источника данных, должны также иметь в своем распоряжении соответствующую информацию об особых потребностях движения, а также о пропускной способности системы ОВД и аэропортов в своих районах ответственности.

4. Деятельность ОПВД должна быть направлена на как можно более раннее принятие мер по предупреждению ожидаемых перегрузок системы ОВД с минимальными отрицательными последствиями для эксплуатантов.

5. Деятельность ОПВД должна быть основана на единых процедурах, которые будут применяться всеми органами, участвующими в обеспечении службы ОПВД.

6. Между органами ОПВД и органами ОВД, которые они обслуживают, должна постоянно осуществляться как можно более тесная координация.

7. Между службой ОПВД и эксплуатантами должно поддерживаться как можно более тесное сотрудничество.

8. Органы ОПВД должны быть укомплектованы соответствующим подготовленным квалифицированным персоналом.

Необходимое равновесие между потребностями воздушного движения и пропускной способностью системы ОВД должно достигаться за счет деятельности ОПВД по двум направлениям.

1. Стратегическая деятельность ОПВД (от нескольких месяцев до, приблизительно, 24 ч до начала полета): заблаговремен-

ное выявление возможных "узких мест" в системе ОВД; предложение мер по устранению недостатков (например, повышение пропускной способности, введение запасных маршрутов и т.д.).

2. Тактическая деятельность ОПВД (начиная с момента окончания стратегической деятельности ОПВД до фактического обслуживания полета службой УВД): изменение маршрута, выделение временных "окон" и др.

Для соблюдения перечисленных принципов максимально развернутая служба ОПВД должна состоять из следующих основных элементов: посты и органы ОПВД с определенными функциями, центральный банк данных с соответствующими вычислительными устройствами, соответствующие средства связи.

Для эффективной организации потоков воздушного движения особенно важной считается разработка "стандартной" службы ОПВД (рис.4.1). Чтобы приступить к упорядоченному ее внедрению, очень важно в качестве минимального требования иметь пост ОПВД во всех районных диспетчерских центрах (РДЦ), находящихся в районе ОПВД, где такой пост еще не создан. Цель поста ОПВД заключается в том, чтобы обеспечить необходимую взаимосвязь между службами ОПВД и ОВД. Существуют следующие возможности:

создание *подрегионального (межгосударственного) органа ОПВД*, если окажется, что ОПВД в двух или более сопредельных государствах может осуществляться более эффективно и экономично одним органом ОПВД с учетом конфигурации и последовательности соответствующих потоков воздушного движения;

создание *государственного органа ОПВД*, если в одном государстве несколько РДЦ участвуют в обслуживании одних и тех же основных или взаимосвязанных потоков движения и если в связи с этим свою деятельность на территории государства должны координировать два поста ОПВД или более.

"Стандартная" служба ОПВД предназначена для выполнения стратегических и тактических функций. Стратегические функции ОПВД:

собирать и обобщать данные об аэронавигационной инфраструктуре и пропускной способности системы ОВД, а также аэродромов, находящихся в пределах района ОПВД;

собирать и анализировать данные обо всех запланированных полетах в (через) район ОПВД, а также из (внутри) этого района;

определять взаимосвязанную картину ожидаемых потребностей движения и выявлять районы и периоды времени с ожида-

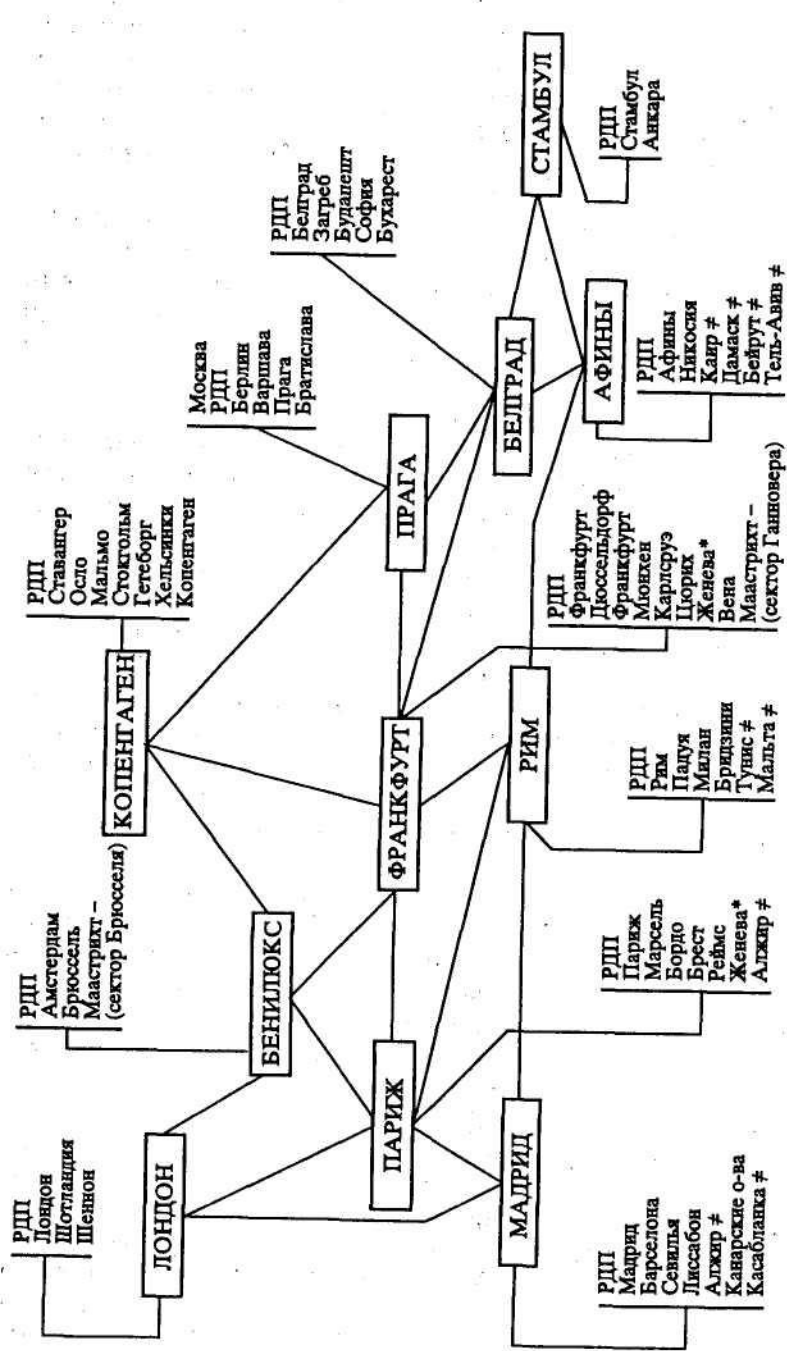


Рис. 4.1. Первоначальная инфраструктура службы ОПВД (Значок # означает частичное участие в мероприятиях АТФМ, * - полное)

емой критической интенсивностью движения (потребности приближаются к заявленной пропускной способности или превышают ее);

оповещать соответствующие органы ОВД и координировать с ними свои действия в целях принятия всевозможных мер по увеличению имеющейся пропускной способности системы ОВД там, где это необходимо;

информировать эксплуатантов о тех случаях, когда недостаток пропускной способности не может быть устранен с помощью ОПВД или ОВД, чтобы можно было принять своевременные меры.

Тактические функции ОПВД:

определять взаимосвязанную картину ожидаемых потребностей движения, включая запланированное и незапланированное движения, сравнивая их с имеющейся пропускной способностью;

информировать эксплуатантов о тех случаях, когда необходимо применение мер по организации потоков, и рекомендовать им альтернативные действия;

применять процедуру назначения временных "окон" для конкретных полетов, выполняемых по конкретным маршрутам;

в качестве крайней меры вводить ограничения потоков воздушного движения в соответствии с согласованными общими процедурами.

Должное функционирование службы ОПВД будет зависеть от своевременного наличия соответствующей достоверной и обновленной информации о аэронавигационной структуре, потребностях в авиаперевозках с учетом пропускной способности аэронавигационной системы, пропускной способности системы ОВД и аэродромов.

Для обеспечения этой информации в комплексной службе ОПВД необходим *центральный банк данных*, поскольку:

он должен стать более надежным, удобным и экономичным источником данных для стратегической деятельности ОПВД;

он должен предоставлять всем органам ОПВД совместимые и сопоставимые данные, собираемые и обрабатываемые по единой системе;

эксплуатанты должны иметь возможность направлять данные о запланированных полетах в один пункт службы ОПВД либо непосредственно в центральный банк данных или через орган ОПВД;

при возникновении обстоятельств, способных повлиять на выполнение запланированных полетов, он позволит эксплуа-

тантам получать своевременную и достоверную информацию о любом участке района ОПВД.

Обязанности постов, государственных и подрегиональных органов ОПВД в значительной степени взаимосвязаны и зависят от различных возможных ситуаций, например, наличия или отсутствия центрального банка данных или государственных органов ОПВД.

Для упорядоченного выполнения службой ОПВД различных видов деятельности, стратегическая и тактическая организация потоков воздушного движения в пределах всего района должна соответствовать согласованным *процедурам*.

Поскольку потребности воздушного движения приходится по возможности максимально удовлетворять в рамках имеющейся пропускной способности, очень важно иметь точную оценку пропускной способности секторов УВД, сложных районов или районов полетной информации.

Как правило, орган ОПВД, несущий ответственность за район, в котором потребности пока превышают пропускную способность, несмотря на принятие всех возможных мер во избежание такого положения, будет еще до вылета назначать временные "окна" воздушным судам, планирующим войти в данный район! В тех случаях, когда ограничения пропускной способности носят серьезный и продолжительный характер, а техническая инфраструктура не обеспечивает необходимой помощи для эффективного применения процедур назначения "окон", единственным выходом является распределение имеющейся пропускной способности между пунктами входа потоков воздушного движения в данный район на основе квот, т.е. на основе *частоты приема воздушных судов*. В этом случае назначение "окон" отдельным рейсам будет предоставлено на усмотрение соответствующего органа ОПВД.

Изменение маршрутов движения во многих случаях может незамедлительно сократить перегрузку в некоторых районах и тем самым снизить эксплуатационные потери. Тем не менее, в некоторых районах Европы практическое использование этой возможности значительно затруднено, поскольку ряд государств требует, чтобы воздушные суда получали дипломатическое разрешение на пролет.

Процедура назначения "окон" является методом четкой организации потоков движения путем такого руководства отдельными воздушными судами, при которых полностью используется пропускная способность или установленная частота приема воздушных судов.

Маршрутное временное "окно" определяется заданным отрезком времени, в течении которого воздушное судно должно прибыть в заданную точку, к которой применяется данное временное "окно" (контрольная точка "окна"). Это "окно" имеет определенный допуск во времени, в течении которого воздушное судно должно пройти над заданной точкой. Такой допуск составляет 20 мин (как правило, по 10 мин до и после конкретного времени "окна"). В отдельных случаях органу ОПВД целесообразнее назначать временное "окна" в зависимости от времени вылета воздушного судна, а не на маршруте.

Как правило, эксплуатантам следует запрашивать временное "окно" не раньше, чем за 2 ч и не позже чем за 30 мин до расчетного времени вылета. Они также должны немедленно сообщать о тех случаях, когда выделенное "окно" им больше не потребуется или когда они не могут уложиться в него.

Данный метод уже много лет применяется в Европейском регионе и в настоящее время внедряется в Азиатском и Ближневосточном регионах, первоначально только в западном направлении с целью смягчения остроты проблемы перегруженности в основном потоке воздушного движения между Юго-Восточной Азией и Европой.

Тактическое планирование предполагает ограничения на гибкой в реальном масштабе времени основе, а не на основе достаточно жесткой частоты приема воздушных судов и соответствующих процедур. В США данные о местоположении воздушного судна в реальном масштабе времени поступают каждые 3 мин от национальной радиолокационной сети. Система отображения воздушной обстановки с помощью современных автоматизированных средств в целях принятия решения является ключевым элементом системы ОПВД, которая базируется на вводе в реальном масштабе времени таких ограничений, как метеоусловия и допустимая частота прибытия воздушных судов, а также координации с использованием речевой связи в рамках всего региона. Система подобного типа может легко принимать данные о местоположении, полученные от системы ADS, что расширяет зону ее действия, позволяя включать несколько или все регионы ОПВД в мире.

Увеличение числа межрегиональных полетов большой протяженности требует интеграции региональных систем ОПВД и процедур. Для обеспечения глобальной совместимости региональных систем ОПВД необходима стандартизация функций на глобальной основе. Указанная стандартизация осуществляется в рамках программы технической работы ИКАО под эгидой Аэронавигационной комиссии.

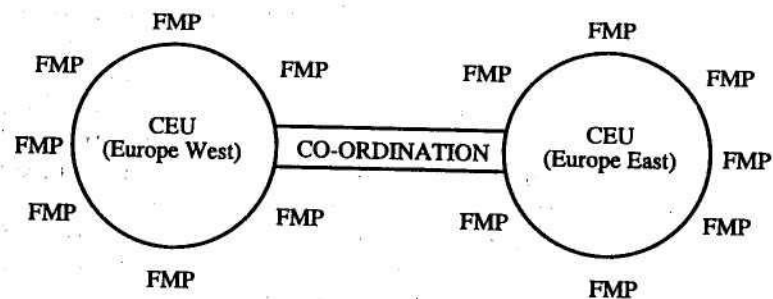


Рис. 4.2. Централизованная служба ОПВД

Что касается Европейского региона, то признано, что структура службы ОПВД с ее 12 подразделениями не отвечает потребностям в точном прогнозировании движения для принятия разумных решений [5]. На основе всех имеющихся элементов EANPG одобрила новую концепцию централизованной службы организации потоков воздушного движения (СТМО), состоящей из двух центральных исполнительных органов (CELJ), ответственных за Восточную и Западную Европу и поддерживаемых в своей работе постами организации потоков в центрах ОВД (FMP) (рис. 4.2).

4.6. Влияние зональной навигации на элементы организации воздушного движения

Стандартная система навигации в континентальном воздушном пространстве связана с VOR/DME и системой воздушных трасс, ориентированной по этим навигационным средствам, расположенным в основных точках (ПОДы, точки излома воздушных трасс и т.д.). Эта система не обладает достаточной гибкостью, в результате чего, имеющееся воздушное пространство часто используется неэффективно, так как оно полностью зависит от наземных установок. Поэтому перспективным представляется решение проблемы в разработке навигационной системы, позволяющей воздушным судам совершать полеты по заранее определенным линиям пути с соблюдением установленных норм навигационной точности и без необходимости при этом наведения по маршруту пролета воздушного судна над наземными установками.

В соответствии с концепцией RNAV считается, что существующие бортовые навигационные системы могут обеспечивать прогнозируемый уровень точности, и так же как в воздушном

пространстве, в котором применяются технические требования к минимальным навигационным характеристикам, эти навигационные возможности позволяют более эффективно использовать воздушное пространство [3, 9].

В общем случае, оборудование RNAV автоматически определяет местоположение воздушного судна на основе информации одного или нескольких различных источников — технические средства ближней и дальней навигации, инерциальная система навигации и навигационные спутники. Производится вычисление расстояний вдоль линии пути и бокового отклонения от нее для определения расчетного времени полета до выбранной точки пути, а также обеспечивается непрерывная индикация наведения по траектории, которая может быть выведена, например, на плановый индикатор обстановки (авиагоризонт). Кроме того, существующая в ряде стран практика предусматривает, что все оборудование RNAV либо связано, либо может быть связано с автопилотом. Существует также возможность получения дополнительных навигационных данных.

Использование в Европейском регионе концепции RNAV позволит достичь следующих преимуществ:

- получение более прямых ортодромических линий пути;
- увеличение гибкости системы маршрутов;
- повышение эффективности использования воздушного пространства, позволяющее в свою очередь повысить пропускную способность;

- повышение тактической гибкости;
- сокращение количества необходимых наземных установок.

В настоящее время, проблема необходимости создания в регионе маршрутов зональной навигации становится все более актуальной, так как количество воздушных судов, оснащенных системой RNAV, постоянно увеличивается. Первая фаза внедрения маршрутов RNAV в Европейском регионе ориентируется на полеты по ППП по маршруту. Маршруты RNAV следует создавать, когда позволяют обстоятельства, а также при условии, что это оправдано количеством воздушных судов, оснащенных системой зональной навигации.

Маршруты RNAV подразделяются на фиксированные, резервные и неорганизованные, т.е. произвольные.

Фиксированные маршруты являются постоянными, публикуемыми маршрутами ОВД, по которым могут планироваться полеты для воздушных судов, оснащенных системами RNAV. Маршруты такого типа, как правило, вводятся в зонах, в которых наведение по линии пути по точечному исходному аэронавигационному наведению недостаточно для того, чтобы создать такой

же маршрут для воздушных судов, не оснащенных системой RNAV.

Для выполнения полетов по фиксированным маршрутам ВС требуется иметь навигационную систему, соответствующую основной или высокой категории точности. Если размеры воздушного пространства не позволяют создать маршрут RNAV основной категории точности, это не мешает созданию маршрута высокой категории сложности.

Ограничения предоставления допуска к этим маршрутам и ограничения по эшелонам полета не исключаются, и радиолокационное обслуживание не является обязательным условием. Фиксированные маршруты начинаются и заканчиваются в существующих, опубликованных точках передачи донесений. Эти точки могут быть расположены в местах пересечения с обычными маршрутами ОВД либо на границах секторов и/или FIR/UIR.

Резервные маршруты — это публикуемые, включаемые в план полета маршруты ОВД, которые предоставляются по мере необходимости оснащенным системой RNAV воздушным судам на определенные ограниченные отрезки времени (на несколько часов, дней или сезон) в целях удовлетворения необычных, неожиданно возникающих временных возможностей. Одним характерным случаем предоставления особых маршрутов является выход из строя основного радионавигационного средства на обычном маршруте ОВД, который пришлось бы закрыть из-за недостаточного наведения по линии пути.

Создание резервных маршрутов в таких случаях позволит, должным образом оснащенным ВС, продолжать использовать этот участок маршрута. Для полетов по особым маршрутам достаточно иметь систему RNAV обычной категории точности, при этом радиолокационное обслуживание не является необходимым условием. Особые маршруты начинаются и заканчиваются в существующих, опубликованных точках передачи донесений. Наведение по основным точкам, обеспечиваемое для фиксированных маршрутов, действительно также и для резервных маршрутов.

Произвольные маршруты — это непубликуемые линии, по которым могут планироваться полеты в пределах установленных и публикуемых произвольных зон RNAV, для ВС, обладающих навигационными характеристиками RNAV.

Эти маршруты могут использоваться: в указанных FIR/UIR или районах, определенных в горизонтальной плоскости географическими координатами; в определенные периоды времени; внутри определенных диапазонов эшелонов времени.

Произвольные зоны RNAV должны располагать соответствующими средствами связи "воздух—земля" и в зависимости от интенсивности воздушного движения радиолокационным ОВД.

Воздушные суда, совершающие полеты через произвольные зоны RNAV, должны начинать и заканчивать полет в строго установленных основных точках. Эти основные точки, как и другие основные точки на маршруте внутри произвольных зон RNAV, определяемые в зависимости от обстоятельств, либо с помощью географических координат, либо кодовыми названиями, следует указывать в плане полета.

Эксплуатант (пилот) несет ответственность за то, чтобы его ВС не входило в зарезервированное воздушное пространство и оставалось внутри произвольной зоны RNAV на расстоянии минимум 4,6 км (2,5 м. миль) от ее границ (если государством не указано другое расстояние) с допуском на навигационную точность бортовой системы RNAV.

При введении маршрутов и процедур RNAV необходимо учитывать, что ОВД по этим маршрутам службой ОВД должна быть совместима с ОВД по обычным маршрутам. Предполагается, что на первом этапе в имеющейся структуре маршрутов будет добавлено лишь небольшое число маршрутов RNAV в рамках существующей пропускной способности системы ОВД. Однако, прежде чем вводить зональную навигацию во всех ее аспектах, по-видимому, потребуется пересмотреть организацию и возможности системы ОВД.

При этом целесообразно осуществить разграничения между основными фиксированными и особыми маршрутами, резервными маршрутами высокой категории точности, произвольными маршрутами.

С точки зрения ОВД основные и резервные, а также особые маршруты могут рассматриваться как обычные маршруты ОВД. Поэтому на них могут использоваться существующие методы и оборудование ОВД.

В области навигации категории высокой точности, по всей видимости, для полетов такого типа будут введены параллельные треки небольшой разнесенности, или эти маршруты будут близко подходить к зонам, которые в настоящее время отводятся для других целей. В таких случаях может потребоваться применение в той или иной форме сигнализации отклонений от линий пути или оповещение о конфликтных ситуациях.

В случае произвольных маршрутов потребуется еще более существенно изменить систему ОВД:

в зонах с небольшой плотностью воздушного движения из-

менения могут быть несущественными, однако потребуется учитывать необходимость обработки планов полетов и выявления конфликтных ситуаций;

в зонах с высокой плотностью воздушного движения ЭВМ системы ОВД должны будут принимать и обрабатывать данные планов полетов по неорганизованным трекам RNAV. Диспетчеры должны быстро изменять и обновлять соответствующую информацию планов полетов на ЭВМ. Желательно будет обеспечить на стадии планирования заблаговременное выявление и визуальное отображение ПКС. Из этого следует, что для реализации RNAV в случае неорганизованных маршрутов требуется наличие трассовой (районной) АС УВД;

диспетчерам, работающим с произвольными маршрутами с использованием радиолокационного оборудования в зонах интенсивного воздушного движения, требуются системы оповещения о ПКС, отображение произвольного маршрута, а также отображение широты и долготы точек пересечения границ секторов ОВД или FIR.

Дальнейшее расширение концепции зонального управления предполагает:

- распространение ее на нижнее воздушное пространство;
- создание близкорасположенных маршрутов, основанных на системе RNAV высокой категории точности, в верхнем воздушном пространстве;
- создание произвольных зон RNAV там, где это необходимо;
- стандартизация маршрутов прилетов и вылетов, основанных на RNAV.

При использовании методов RNAV надо иметь в виду особенности ОВД. При введении маршрутов и правил RNAV необходимо учитывать возможности службы ОВД обеспечивать управление на таких маршрутах так же, как на обычных. Следует также иметь в виду, что государства могут разрешать ВС использовать оборудование RNAV в качестве основного средства навигации в системе обычных маршрутов. В ряде регионов некоторое количество маршрутов RNAV уже включено в существующую систему маршрутов исходя из возможностей действующей системы ОВД. Однако, прежде чем вводить полеты с применением методов RNAV в полном объеме, государствам, вероятно, потребуется проанализировать организацию и возможности системы ОВД. С этой целью целесообразно провести различие между фиксированными и резервными маршрутами и произвольными маршрутами.

С точки зрения ОВД, *фиксированные или резервные маршруты* RNAV могут рассматриваться как обычные маршруты

ОВД. Поэтому считается возможным по-прежнему использовать существующие методы и оборудование ОВД. Возможно, будут введены близкорасположенные линии пути или установлены маршруты вблизи воздушного пространства, в настоящее время зарезервированного для других целей. В таких случаях, очевидно, потребуется соответствующая сигнализация об отклонениях от линии пути или возникновении конфликтной ситуации.

В случае *произвольных маршрутов* потребуется внести изменения в систему ОВД, так как:

в районах с низкой плотностью воздушного движения изменения могут быть небольшими, однако необходимо будет учитывать возможности обработки плана полета, а также обнаружения и разрешения конфликтной ситуации;

в районах с высокой плотностью воздушного движения автоматизированные системы ОВД должны будут принимать и обрабатывать данные плана полета, касающиеся произвольных маршрутов RNAV. Диспетчеры должны иметь возможность быстро изменять и корректировать соответствующую информацию плана полета в автоматизированной системе. На этапе планирования желательно обеспечить прогнозирование и воспроизведение потенциально конфликтных ситуаций;

в районах с более интенсивным движением операторам радиолокационной станции, контролирующим произвольные маршруты, также могут потребоваться средства сигнализации и разрешения конфликтных ситуаций. Им также может потребоваться индикация произвольных линий пути с помощью каких-либо избирательных методов. И, наконец, им потребуется индикация координат (широта и долгота) точек пересечения секторов ОВД или границ FIR посредством указания местоположения относительно координатной сетки или автоматического считывания широты и долготы, или воспроизведения кодового названия основных точек пересечения на расчитанной линии пути.

Порядок обслуживания воздушного движения на основных, фиксированных и резервных маршрутах RNAV не будет значительно отличаться от действующего порядка на маршрутах, определяемых техническими средствами ближней навигации. Ведение произвольных зон RNAV, вероятно, повлечет за собой значительные изменения в работе органов ОВД, что обусловит необходимость дополнительной подготовки диспетчеров в целях их ознакомления:

с особенностями более широкого географического района (за пределом своего сектора воздушного пространства);

разными методами обнаружения конфликтных ситуаций, которые могут возникнуть в какой-либо части воздушного пространства;

правилами радиотелефонной связи;

новым порядком координации полетов военных и гражданских ВС.

По мере все более широкого использования сложных функций RNAV, возможных за счет внедрения GNSS (например, возможность бокового смещения, а также стандартных маршрутов прилета и вылета, полеты в зоне ожидания и заходы на посадку с применением RNAV), их интеграция и правила ОБД требуют соответствующей подготовки диспетчеров, с тем, чтобы они могли реализовать эти усовершенствованные возможности.

4.7. Особенности организации воздушного движения при внедрении RVSM

История вопроса и предпосылки внедрения RVSM изложены в подразд. 4.1. Действительно, сокращение VSM до 300 м (1000 фут) на эшелонах между FL 290 и FL 410 обеспечивает шесть дополнительных эшелонов, что позволит значительно увеличить пропускную способность воздушного пространства. На рис. 4.3—4.5 представлены соответственно таблицы крейсерских эшелонов с применением RVSM, перехода к (от) RVSM и переход футы-метры.

Оценка с использованием модели риска столкновения (CRM) основывалась на том, что столкновения происходят исключительно из-за навигационных ошибок в вертикальной плоскости, допускаемых воздушными судами, в отношении которых правильно применяется нерадиолокационное эшелонирование. Уровень TLS определялся только применительно к данной составляющей риска столкновения; он не включал составляющие риска, обусловленные другими факторами, например аварийными снижениями и ошибочными указаниями диспетчеров УВД [7,8].

Учет нескольких источников риска в дополнение к навигационным ошибкам в вертикальной плоскости сыграл определенную роль в выборе значений TLS различными государствами при проведении ими соответствующих исследований. Для установления диапазона значений использовалось несколько подходов, включая рассмотрение всех столкновений в воздухе на маршрутах с условным периодом между ними и корректировку TLS до тех пор, пока этот период времени не станет

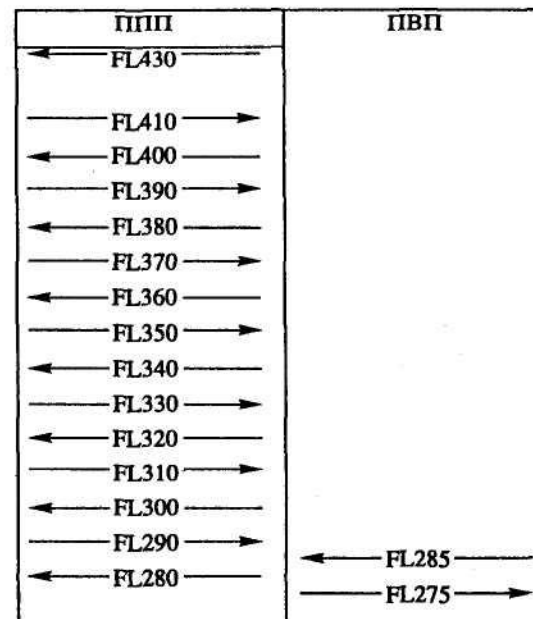


Рис. 4.3. Таблица крейсерских эшелонов (по ППП и ПВП) с применением RVSM:

→ линия пути 000-179° (или 090-269° в РПИ/ВРП Италии, Франции, Португалии и Испании);

<- то же, 180-359° (или 270-089° в РПИ/ВРП Италии, Франции, Португалии и Испании).

Примечание. Положения Приложения 2 ИКАО исключают возможность выполнения полетов по ПВП выше эшелона полета 290. Следовательно, необходимо обратить внимание на отсутствие крейсерских эшелонов полета по ПВП выше эшелона полета 410, где минимум вертикального эшелонирования составляет 2000 фут.

приемлемым. Тем не менее основной традиционный подход заключался в составлении прогноза на основе динамических рядов данных по всему миру в целях повышения безопасности полетов и распределения результирующих бюджетов риска для получения составляющей риска столкновения в вертикальной плоскости.

Для оценки технической возможности применения VSM 300 м (1000 фут) выше эшелона полета 290, а также для разработки требований к выдерживанию высоты воздушными судами при выполнении полетов в условиях RVSM 300 м (1000 фут) используется расчетное значение TLS, равное $2,5 \cdot 10^{-9}$ катастрофы на 1 ч полета воздушного судна.

Район без применения RVSM	Район применения RVSM	Район без применения RVSM
	← FL430 →	← FL430 →
— FL410 →	— FL410 →	— FL410 →
	← FL400 →	
← FL390 →	← FL390 →	← FL390 →
	← FL380 →	
— FL370 →	— FL370 →	— FL370 →
	← FL360 →	
← FL350 →	← FL350 →	← FL350 →
	← FL340 →	
— FL330 →	— FL330 →	— FL330 →
	← FL320 →	
← FL310 →	← FL310 →	← FL310 →
	← FL300 →	
— FL290 →	— FL290 →	— FL290 →
← FL280 →	← FL280 →	← FL280 →

Рис. 4.4. Переход к (от) RVSM:

D конфликт должен быть разрешен во время перехода к (от) RVSM; → линия пути 000-179° (или 090-269° в РПИ/ВРП Италии, Франции, Португалии и Испании);

4- то же 180-359° (или 270-089° в РПИ/ВРП Италии, Франции, Португалии и Испании)

Группа экспертов установила [6]: требования к характеристикам летной годности, включенные в сводные технические требования к *минимальным характеристикам бортовых систем (MASPS)*, всех воздушных судов, использующих сокращенный минимум эшелонирования; новые эксплуатационные правила; комплексный метод контроля за безопасной эксплуатацией системы.

В краткосрочном плане считалось, что сокращенный VSM можно внедрять на региональной основе в течение определенного переходного периода до некоторой согласованной даты, с которой могут быть введены глобальные стандарты. Такое региональное применение в переходный период должно основываться на TLS, не более чем $5 * 10^{-9}$ катастрофы на час полета воздушного судна.

Важно подчеркнуть, что расчетный TLS не учитывает все факторы риска столкновения в вертикальной плоскости. В этой

Район с метрической системой*	Район применения RVSM	Район с метрической системой*
← 13,100 м → (42,978 фут)	← FL430 →	← 13,100 м → (42,978 фут)
	— FL410 →	
← 12,100 м → (39,698 фут)	← FL400 →	← 12,100 м → (39,698 фут)
	— FL390 →	
← 11,600 м → (38,057 фут)	← FL380 →	← 11,600 м → (38,057 фут)
	— FL370 →	
← 11,100 м → (36,417 фут)	← FL360 →	← 11,100 м → (36,417 фут)
	— FL350 →	
← 10,600 м → (34,776 фут)	← FL340 →	← 10,600 м → (34,776 фут)
	— FL330 →	
← 10,100 м → (33,136 фут)	← FL320 →	← 10,100 м → (33,136 фут)
	— FL310 →	
← 9,600 м → (31,496 фут)	← FL300 →	← 9,600 м → (31,496 фут)
	— FL290 →	
← 9,100 м → (29,855 фут)	← FL280 →	← 9,100 м → (29,855 фут)
← 8,600 м → (28,214 фут)		← 8,600 м → (28,214 фут)

Рис. 4.5. Переход футы-метры:

*- система метрических крейсерских эшелонов, применяемая, например, в Российской Федерации;

→ линия пути 000-090° (или 090-269° в РПИ/ВРП Италии, Франции, Португалии и Испании);

← то же, 180-359° (или 270-089° в РПИ/ВРП Италии, Франции, Португалии и Испании);

■ воздушное пространство, в котором выполняются задачи перехода

связи полномочным органам регионального планирования потребуется предусмотреть меры, направленные на то, чтобы в условиях применения VSM 300 м (1000 фут) не возрастал риск, связанный с ошибочными указаниями диспетчеров УВД и аварийными процедурами. В [7] содержатся рекомендации относительно мер, которые должны приниматься полномочными органами регионального планирования, службами УВД и пилотами. Считается, что частота возникновения этих ошибок не будет зависеть от применяемых минимумов эшелонирования.

Целевым критерием безопасности полетов при глобальном внедрении RVSM является TLS, равный $2,5 * 10^{-9}$ катастрофы на 1 ч полета ВС. Данное значение TLS относится к риску столкно-

вения, связанного с навигационными характеристиками в вертикальной плоскости, которые в [7, 8] называются "характеристиками выдерживания высоты"; это значение не учитывает риск, связанной с ошибочными указаниями диспетчеров УВД или потерей вертикального эшелонирования вследствие аварийных условий полета. Региональные полномочные органы должны учитывать значение и предполагаемую сферу применимости TLS, делая окончательное заключение относительно возможного неблагоприятного влияния RVSM на общую безопасность полетов в воздушном пространстве.

Глобальные технические требования к характеристикам системы представляют собой перечень определенных параметров, используемых в качестве основы для определения совокупного ряда требований к характеристикам воздушных судов по выдерживанию высоты, бортовым системам, правилам эксплуатации воздушных судов, процедурам УВД и методам контроля и предусматриваются в целях обеспечения соответствия целевому критерию безопасности полетов. В глобальных технических требованиях к характеристикам системы определяются параметры выдерживания высоты, которые необходимы для соблюдения целевого критерия безопасности системы. Этот уровень характеристик выдерживания высоты зависит от конкретных значений основных параметров воздушного пространства, влияющих на риск столкновения в случаях потери вертикального эшелонирования. Параметр выдерживания высоты в технических требованиях к характеристикам системы выражается в виде максимального значения вероятности потери воздушным судном интервала вертикального эшелонирования, равного RVSM, т.е. в виде значения $P_z(1000)$. К основным параметрам воздушного пространства относятся частота пролетов воздушных судов с соблюдением интервала нерадиолокационного вертикального эшелонирования, равного RVSM, и без выдерживания номинального интервала горизонтального эшелонирования, а также стандартное отклонение ошибки, с которой воздушные суда выдерживают заданную линию пути в боковом измерении.

- К характеристикам системы предъявляются следующие глобальные технические требования:

частота пролетов, равная 2,5 пролета во встречных направлениях на час полета воздушного судна;

стандартное отклонение ошибки бокового выдерживания линии пути, равное 0,3 м. мили;

вероятность потери двумя воздушными судами интервала не-

радиолокационного вертикального эшелонирования, равного RVSM, т.е. $P_z(1000)$, составляющая $1,7 \cdot 10^{-8}$.

Значения частоты пролетов и стандартного отклонения ошибки бокового выдерживания линии пути были выбраны таким образом, чтобы спрогнозировать глобальные условия полетов в воздушном пространстве в будущем. Эти выбранные значения отражают намерение гарантировать выдерживание TLS даже с учетом ожидаемого увеличения общего объема воздушного движения и предполагаемых усовершенствований технических средств обеспечения навигации. Таким образом, выполнение глобальных технических требований к характеристикам системы должно гарантировать безопасное производство полетов в воздушном пространстве с RVSM по крайней мере до 2005 г. включительно.

Для обеспечения безопасного перехода между регионами глобальные технические требования к характеристикам выдерживания высоты были разработаны таким образом, что в случае их выполнения будет гарантироваться достижение значения $P_z(1000)$, предусматриваемого глобальными требованиями к характеристикам системы.

Глобальные технические требования к характеристикам выдерживания высоты применяются к совокупности ошибок выдерживания высоты отдельными воздушными судами и заключаются в одновременном выполнении следующих четырех условий:

доля ошибок выдерживания высоты, абсолютная величина которых превышает 90 м (300 фут), составляет менее $2,0 \cdot 10^{-3}$;

доля ошибок выдерживания высоты, абсолютная величина которых превышает 150 м (500 фут), составляет менее $3,5 \cdot 10^{-6}$;

доля ошибок выдерживания высоты, абсолютная величина которых превышает 200 м (650 фут), составляет менее $1,6 \cdot 10^{-7}$ и

доля ошибок выдерживания высоты, абсолютная величина которых находится в пределах 290-320 м (950-1050 фут), составляет менее $1,7 \cdot 10^{-8}$.

В стратегии внедрения RVSM, которая основана на эксплуатационной оценке и анализе риска столкновения и определяет ответственность за обеспечение приемлемого уровня безопасности системы в воздушном пространстве с RVSM, содержатся рекомендации по контролю за рабочими характеристиками системы и соответствием глобальным техническим требованиям к характеристикам системы

В деятельности службы ОБД имеются некоторые особенности процедур УВД, связанных с RVSM.

Применение RVSM требует следующего.

1. Повышенного внимания в связи с введением дополнительных эшелонов полета и изменением направления потока движения по эшелонам в отличие от условий применения VSM 600 м (2000 фут) выше эшелона полета 290 при выдаче разрешений воздушным судам и проверке того, что выданные разрешения правильно поняты и выполнены летными экипажами.

2. Принятия необходимых мер для управления воздушным движением повышенной интенсивности.

3. Информирования диспетчеров о том, что они обязаны предпринимать действия в следующих случаях:

а) известно, что воздушные суда, не имеющие соответствующего оборудования, намерены выполнять полет в воздушное пространство с RVSM;

б) имеются сведения о том, что воздушное судно не в состоянии выдерживать CFL в соответствии с требованиями RVSM;

в) в связи с возникшей необходимостью передать информацию о движении, когда это возможно, для оказания содействия пилоту в преодолении возможных трудностей визуального восприятия;

г) для обеспечения эшелонирования воздушных судов, когда от пилота поступила информация о выключении автоматического устройства выдерживания абсолютной высоты;

д) воспроизводимая на индикаторе абсолютная высота отличается от CFL на 90 м (300 фут) или более.

Ожидается, что введение правил полетов по RVSM будет осуществляться по регионам до полного охвата всего мирового воздушного пространства. На этот период потребуется разработать четкий *порядок пересечения границ* между воздушным пространством с RVSM и прилегающими районами, где еще применяется VSM 600 м (2000 фут). Следует рассмотреть, но не ограничиваясь этим, следующие вопросы:

необходимые меры по обеспечению пропускной способности смежного воздушного пространства, рассчитанной на возможное увеличение потока движения из воздушного пространства с RVSM;

выдачу разрешений только тем воздушным судам, которым разрешено выполнять полеты в воздушном пространстве с RVSM;

метод перехода. Это требует детального планирования с определением особых пунктов, в которых воздушные суда будут направляться по расходящимся маршрутам, и конкретных точек, где будет обеспечиваться достаточное боковое эшелонирование для перехода к VSM 600 м (2000 фут);

проверку с помощью моделирования разработанной методики перехода;

координацию действий всех служб ОВД с целью выработки межрегионального или при необходимости международного соглашения с распределением обязанностей.

Действия органов ОВД в непредвиденных обстоятельствах заключаются в следующем.

Помимо аварийных ситуаций, например потеря тяги или разгерметизация, когда требуется срочное снижение, необходимо информировать органы ОВД также и о менее серьезных случаях, которые не позволяют экипажу выдерживать CFL в условиях RVSM. Диспетчеры должны предпринимать необходимые действия в таких ситуациях, однако уточнить их заранее невозможно, так как они будут зависеть от изменяющейся реальной обстановки.

Диспетчеры предпринимая соответствующие действия для обеспечения эшелонирования воздушных судов в тех случаях, когда установлено, что разница между абсолютной высотой, передаваемой в автоматическом режиме, и CFL составляет более 90 м (300 фут), или когда пилот сообщил, что:

отказали или выключены автоматические средства выдерживания абсолютной высоты;

работает только одна из двух систем измерения абсолютной высоты;

отказали все приемоответчики, представляющие данные об абсолютной высоте;

наблюдается сильная турбулентность.

При получении информации о любой из вышеуказанных ситуаций диспетчер должен:

а) запросить пилота о его намерениях;

б) оценить воздушную обстановку и определить возможность обеспечения бокового или продольного эшелонирования или увеличения интервала вертикального эшелонирования и, если условия позволяют это сделать, предпринять соответствующие действия;

в) если предусмотренные в подпункте б) действия не могут быть предприняты, то убедиться в том, сможет ли воздушное судно выдерживать абсолютную высоту в соответствии с требованиями, действующими в воздушном пространстве ниже эшелона полета 290. Если сможет, и пилот подтверждает это, выдать разрешение на занятие эшелона ниже эшелона полета 290 при условии, что воздушная обстановка позволяет это сделать;

г) если предусмотренные в подпунктах б) и в) действия не мо-

гут быть предприняты, считать данное воздушное судно находящимся в аварийной ситуации и принять любые необходимые меры для увеличения интервала эшелонирования.

В случаях, когда метеорологическая служба прогнозирует метеорологические условия, вызывающие сильную турбулентность, требуются процедуры стратегического характера. Метеорологический прогноз, полученный РДЦ и указывающий на сильную турбулентность, требует, чтобы руководитель полетов РДЦ/РДЦ верхнего воздушного пространства принял решение о прекращении полетов с RVSM на определенный период времени и в конкретных районах. Если требуется применить увеличенный минимум вертикального эшелонирования, руководитель полетов будет согласовывать с соседними РДЦ/РДЦ верхнего воздушного пространства эшелоны полета, применяемые для передачи движения, за исключением тех случаев, когда официальным соглашением определена схема распределения эшелонов полета для непредвиденных обстоятельств (FLAS). Руководитель полетов должен осуществить координацию со своим органом управления потоками для определения применимой пропускной способности сектора.

Для этого создаются схемы распределения эшелонов полета в непредвиденных обстоятельствах (FLAS) в качестве дополнения к уже существующим FLAS между РДЦ/РДЦ верхнего воздушного пространства. Данные FLAS для непредвиденных обстоятельств должны входить в тексты официальных соглашений с целью их дальнейшего применения при возникновении непредвиденных обстоятельств по погодным условиям, как по прогнозируемым, так и не прогнозируемым, после необходимого согласования между центрами. Разработка подобных FLAS значительно облегчает переход к минимуму вертикального эшелонирования 2000 фут в пределах воздушного пространства с RVSM.

Процесс применения FLAS для непредвиденных обстоятельств упростится, если в рамках таких FLAS будут выделены эшелоны полета, совпадающие с РДЦ/РДЦ верхнего воздушного пространства. Должна быть рассмотрена возможность предварительного определения показателей пропускной способности с целью обеспечения быстрой координации с местным FMP для упрощения процесса согласования и определения новых показателей пропускной способности на время чрезвычайных обстоятельств, требующих возвращения к минимуму вертикального эшелонирования 2000 фут в пределах воздушного пространства с RVSM.

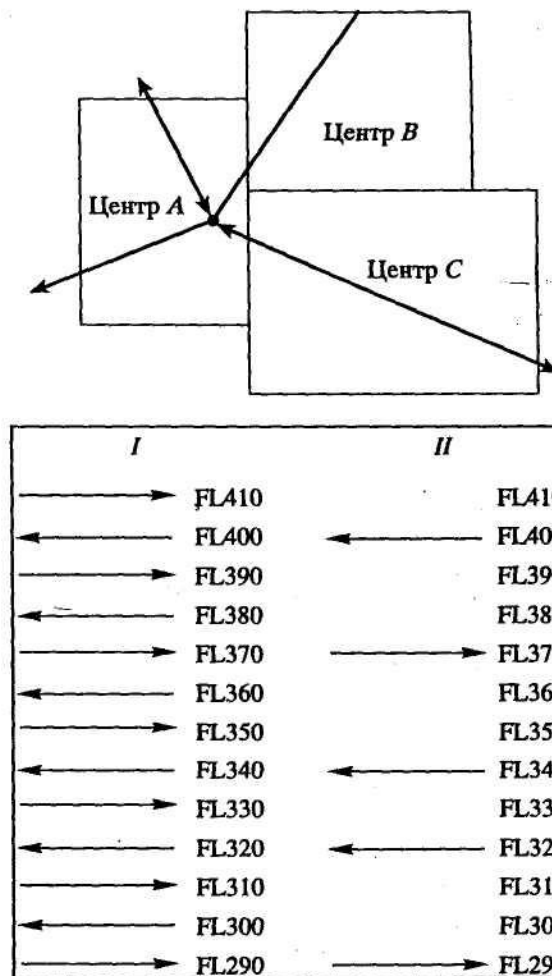


Рис. 4.6. Пример описания FLAS для непредвиденных обстоятельств:

I- FLAS при обычном RVSM; VSM=1000 фут; II- FLAS для непредвиденных обстоятельств; VSM = 2000 фут;

- <-> двустороннее движение;
- <-— одностороннее движение

Пример (рис. 4.6). После получения информации от центра А о применении FLAS для непредвиденных обстоятельств, к центру В будет обращено требование прекратить использовать эшелон полета FL360 для движения, передаваемого в центр А. При этом центру Ане потребуются вносить изменения при использовании эшелона 320. Таким образом, воздействие на центр В будет не таким сильным и, кроме того, центру В легче назначать для воздушного судна эшелоны полета в соответствии с требованиями центра А.

На государства возлагается ответственность за полеты воздушных судов государственной авиации [7]. В этой связи необходимо разработать правила полетов этих воздушных судов, не отвечающих требованиям, которые относятся к оборудованию. В этих правилах должен оговариваться порядок выполнения полетов военными самолетами в воздушном пространстве с RVSM отдельно от полетов гражданских самолетов выше эшелона полета 290 с VSM 300 м (1000 фут). В связи с этим предлагаются следующие методы:

- временное резервирование воздушного пространства;
- выделение диапазона абсолютных высот;
- введение специальных маршрутов только для полетов военных самолетов;
- введение специальных маршрутов для полетов воздушных судов с VSM 600 м (2000 фут) выше эшелона 290.

Внедрение RVSM требует от отдельных РДЦ/РДЦ верхнего воздушного пространства переоценки существующих официальных соглашений с целью оптимизации процесса передачи управления за счет определения новых оптимальных эшелонов полета путем распределения функций управления воздушными судами между РДЦ/РДЦ верхнего воздушного пространства.

РДЦ/РДЦ верхнего воздушного пространства рекомендуется рассмотреть возможность внесения в текст официальных соглашений между смежными РДЦ/РДЦ верхнего воздушного пространства описания "FLAS для непредвиденных обстоятельств", которые могут применяться на время действия метеорологических условий, требующих возврата к минимуму вертикального эшелонирования 2000 фут. Таким образом, может быть упрощен процесс согласования эшелонов между соседними РДЦ/РДЦ верхнего воздушного пространства в случаях передачи управления с применением минимума вертикального эшелонирования 600 м (2000 фут).

С целью упрощения процедур планирования с применением VSM 600 м (2000 фут) для воздушных судов, не утвержденных к полетам с RVSM и следующих в воздушное пространство, в котором применяется RVSM, некоторые РДЦ/РДЦ верхнего воздушного пространства могут рассмотреть возможность увеличения временного интервала заблаговременной передачи расчетного сообщения.

РДЦ/РДЦ верхнего воздушного пространства должны рассмотреть возможность включения в текст официальных соглашений описание точных процедур координации с РДЦ/РДЦ верхнего воздушного пространства, не получающими планы по-

лета, для обеспечения точной передачи информации о наличии разрешения на полеты с RVSM по каждому отдельно взятому полету.

Внедрение RVSM позволит оптимизировать существующие согласованные FLAS за счет определения новых эшелонов полета для отдельно взятых участков маршрутов ОБД. Стратегия разгрузки основных пунктов пересечения движения может быть упрощена за счет предоставления дополнительных эшелонов полета, входящих в состав новых согласованных FLAS. Также должны быть рассмотрены FLAS для воздушного пространства, в котором осуществляются задачи перехода, и для близлежащего воздушного пространства.

Внедрение RVSM может потребовать анализа оптимальных эшелонов полета, обозначающих вертикальные границы секторов управления РДЦ/РДЦ верхнего воздушного пространства. Должны быть оценены требования по изменению вертикальных границ для адаптации к FLAS и прогнозирования изменения вертикальных профилей основных потоков движения, ожидаемых после внедрения RVSM.

Ожидается, что оптимизация существующей сети маршрутов после внедрения RVSM будет осуществляться в большей степени за счет комбинации FLAS и секторизации, и в меньшей — за счет значительных изменений в системе транзитных трасс. Предполагается, что перераспределение движения произойдет в вертикальном плане, так как большее число полетов будет выполняться на эшелонах, близких к оптимальным. Перераспределение полетов в воздушном пространстве выше эшелона 290 может потребовать изменения границ секторов для сбалансирования рабочей нагрузки, в особенности для районов, в которых выше эшелона 290 существует несколько горизонтальных границ секторов. Также можно ожидать, что применение FLAS в зоне слияния основных трасс или для загруженных точек пересечения может положительно повлиять на пропускную способность.

Воздушные суда, набирающие крейсерский эшелон или снижающиеся до крейсерского эшелона, на маршрутах с двухсторонним движением будут пересекать большее количество эшелонов, чем при использовании VSM. Поэтому желательным является расширение по возможности системы маршрутов с односторонним движением, что позволит снизить рабочую нагрузку на диспетчера и увеличить пропускную способность. Анализ особенностей деятельности службы УВД в районах с RVSM, требует соответствующей технологии деятельности диспетчеров УВД, фразеологии, а также проведения специальной

теоретической и тренажерной подготовки. Деятельность диспетчеров УВД более сложна, когда смежным с воздушным пространством с RVSM является воздушное пространство без RVSM или когда воздушное пространство с RVSM используется для пролета воздушного судна, не допущенного для полетов по RVSM:

4.8. Организация параллельных маршрутов в системе АТМ

Одной из основных причин снижения безопасности и экономичности полетов является неравномерность распределения потоков воздушных судов в течение суток, которая приводит к перегруженности зон (районов) ОВД и, как следствие, диспетчерских пунктов. Снижение экономичности полетов вызвано тем, что количество воздушных судов, проходящих через определенные точки воздушного пространства в единицу времени, превышает их пропускную способность на экономически выгодных эшелонах. Для обеспечения безопасности воздушного движения диспетчеры УВД вынуждены назначать экономически невыгодные эшелоны, наряду с другими методами обеспечения воздушного движения. Один из возможных путей решения этой проблемы заключается в повышении качества решения задач предварительного планирования, в частности, задачи организации потоков воздушного движения, другой — в использовании организационных решений. Одним из таких решений является организация параллельных воздушных трасс, позволяющих увеличить количество экономически выгодных эшелонов, с одной стороны, и увеличить уровень безопасности полетов с другой.

Зависимость широкого внедрения параллельно расположенных воздушных трасс от успешного решения задачи уменьшения норм их бокового разделения при сохранении заданного уровня безопасности полетов настоятельно требует проведения анализа существующих методов обоснования этих норм, выявления влияющих на них факторов с целью совершенствования этих методов. Два участка маршрута считаются параллельными, когда [6]:

они имеют примерно одинаковую ориентацию, т.е. различие по углу не превышает 10° ;

они не являются пересекающимися, т.е. на определенном расстоянии от пересечения должна применяться другая форма эшелонирования;

движение по каждому маршруту является независимым от

движения по другому маршруту, т.е. оно не приводит к ограничениям по другому маршруту.

Все используемые в настоящее время методы обоснования норм бокового разделения параллельных маршрутов в системе ОВД применяются или могут быть применены при неконтролируемом воздушном движении или при контролируемом, но без использования этого контроля для целей ОВД [4, 6]. Использование этих методов основано на экспериментальных исследованиях навигационных ошибок.

Характерной для этой группы методов является методика определения эшелонирования, разработанная группой экспертов ИКАО по рассмотрению общей концепции эшелонирования [4]. Она основана на математической модели, определяющей взаимосвязь риска столкновения N^{\wedge} и норм бокового разделения параллельных маршрутов. Эта модель состоит из системы уравнений, которые показывают, каким образом риск столкновения N_{ay} зависит от объема воздушного пространства, занимаемого воздушным судном, интенсивности воздушного движения, боковых отклонений от осей параллельных маршрутов и скоростных характеристик воздушных судов. Для описания риска столкновения воздушных судов при движении по параллельным маршрутам в горизонтальной и вертикальной плоскостях, используют модель Рейха в форме Брукера. Связано это с тем, что Г. Рейх в 60-х годах принимал участие в решении проблем научного обоснования боковых и вертикальных норм эшелонирования в регионе Северной Атлантики, послуживших фундаментом научного обоснования норм эшелонирования.

При оценке норм бокового разделения параллельных маршрутов используют статистические данные, характерные для конкретной обстановки. Минимум безопасного бокового разделения может быть определен, если найдены соотношения между риском столкновения и нормами разделения и установлен уровень безопасности. Модель позволяет провести анализ столкновения вследствие нарушения бокового эшелонирования между воздушными судами, следующими по параллельным воздушным трассам.

В этом случае возникает задача обоснования бокового разделения параллельных трасс, которая зависит от навигационных характеристик воздушного судна и оборудования трасс. Расстояние между параллельными трассами должно обеспечивать полет воздушного судна по трассам при боковом эшелонировании без необходимости систематического радиолокационного контроля со стороны службы движения, за исключением случаев грубых ошибок в пилотировании или обходе грозных очагов,

иначе загруженность диспетчера возрастает и эффект увеличения пропускной способности районов ОВД за счет внедрения параллельных маршрутов получается незначительный.

Для региона Северной Атлантики, где исключен радиолокационный контроль, расстояние между смежными треками путем расчетов по модели было установлено 10 км. По данным расчетов организации Eurocontrol, при высокой степени навигационной оснащённости трасс и использовании ЛА с высокоточным бортовым навигационным комплексом можно устанавливать $S=30$ км и $S=32,5$ км соответственно для однонаправленных и встречных параллельных маршрутов без использования средств радиолокационного контроля.

Любое сокращение интервалов бокового разделения тесно связано: с интенсивностью воздушного движения; зоной действия РЛС и обработкой данных (наличием автоматической сигнализации о боковых отклонениях воздушного судна); непрерывностью слежения; рабочей нагрузкой на диспетчера сектора.

Так, снижение ИВД на 10 000 ВС за двухмесячный период позволит уменьшить расстояние между параллельными маршрутами на 0,9-1,8 км (0,5-1,0 м. миль) в зависимости от характеристик потока.

По мнению специалистов ИКАО, эти нормы являются далеко неудовлетворительными с точки зрения рационального использования воздушного пространства. Среди мер, направленных на их уменьшение, важное место занимает учет возможного вмешательства системы ОВД, направленной на ликвидацию боковых отклонений воздушного судна. Причем для минимизации нагрузок на диспетчера вмешательство предлагается только при появлении грубых ошибок, т.е. отклонений, превышающих допустимый порог. Здесь можно использовать прогнозирование местоположения допустимого бокового отклонения и выдачу сигнализации об этом диспетчеру, что возможно в современных АС УВД, за счет доработки программного обеспечения. Согласно исследованиям и принимая во внимание, что рядом государств на протяжении нескольких лет приобретен опыт в отношении систем параллельных маршрутов в условиях непрерывного радиолокационного контроля, можно предположить, что возможно сокращение интервала эшелонирования до 15,0-18,5 км или (8-10 м. миль), пока нагрузка при радиолокационном контроле не возрастет в значительной степени за счет такого сокращения. Однако необходимо отметить, что изложенное направление нуждается в дальнейшей детальной разработке и проведении экспериментальных исследований.

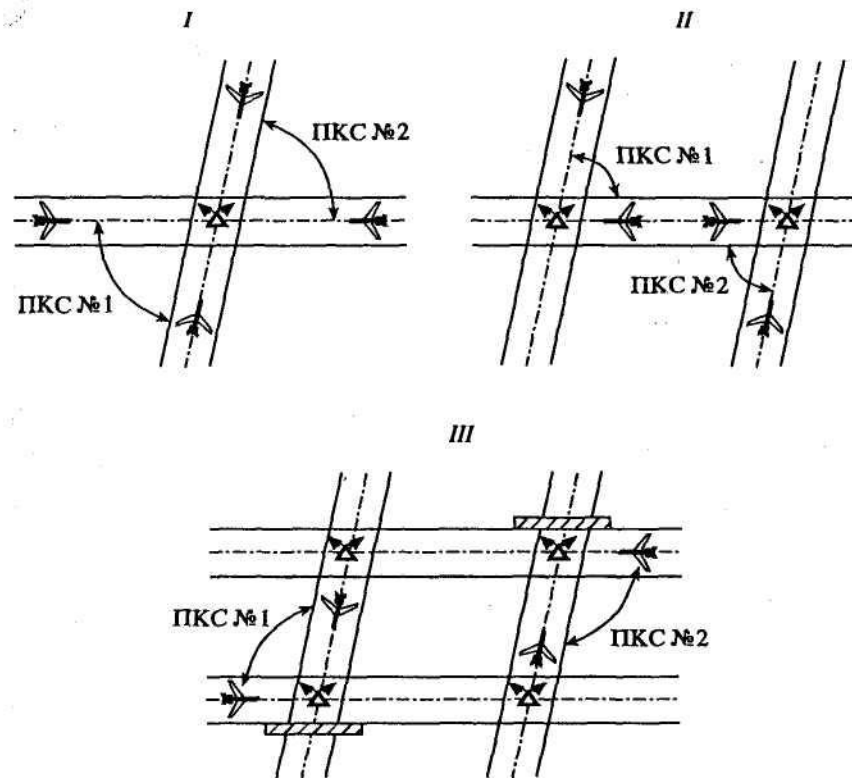


Рис. 4.7. Потенциально конфликтные ситуации при пересечении параллельных воздушных трасс:

I—III — варианты ситуаций

Данный подход может быть использован и для количественного обоснования бокового разделения смежных коридоров для прилетающих и вылетающих воздушных судов.

При организации параллельных трасс необходимо особо остановиться на вопросе их пересечения другими трассами, что неизбежно приводит к возникновению ПКС на пересекающихся маршрутах между воздушными судами, выполняющими полеты в западном и восточном направлениях [2]. В случае двух пересекающихся трасс при отсутствии переменного профиля полетов с двусторонним движением (рис. 4.7, а) имеется одна конфликтная точка с числом $N_{ПКС}$ типа "пересечение маршрута" за период t .

$$N_{ПКС}(t) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m f_{ij}(t),$$

где $f_{ij}(t)$ — частота возникновения ПКС на попутно-пересекающихся эшелонах, n, m — число используемых эшелонов при полетах соответственно в западном и восточном направлениях.

При установлении двух и четырех параллельных встречно-пересекающихся маршрутов число ПКС остается тем же, однако имеются уже две конфликтные точки, что вызывает рост загрузки диспетчера, а следовательно, снижает эффект внедрения параллельных трасс. В подобных ситуациях наиболее простое и эффективное решение лежит через установление временных встречных эшелонов полетов при пролете конфликтной точки воздушных судов, следующих по одному из пересекающихся маршрутов (рис. 4.7, б, в). При такой организации полетов воздушные суда, следующие по двум встречным параллельным трассам, временно за 30 км до границы пересекающейся трассы занимают встречные эшелоны и через 20 км после пролета точки пересечения занимают прежние эшелоны для пролета следующей, уже бесконфликтной на этих эшелонах полета точки пересечения.

В этом случае ПКС на пересекающихся маршрутах отсутствуют ($N_{ПКС} = 0$), что значительно снижает загрузку диспетчера района ОВД. Преимущество в неизменности эшелонов полета отдается той паре параллельных трасс, по которой проходят наиболее интенсивные потоки воздушных судов либо в процентном отношении большее число полетов совершают тяжелые воздушные суда (типов Ил-86, Ил-62, Ту-154).

4.9. Анализ и оценка существующей системы АТМ

Анализ и оценка существующей системы АТМ рассматриваются на основе безопасности, эффективности и рентабельности [1].

Пропускная способность существующей системы АТМ в данном регионе (рассматривается западная и восточная части Европейского региона ИКАО, включая Среднюю Азию) в целом удовлетворяет спросу пользователей. Большинство государств усовершенствовали свои системы УВД и сети маршрутов ОВД, а также использование воздушного пространства, обеспечив при этом хорошие результаты. Однако, в некоторых частях региона система не обладает достаточной гибкостью к сезонным, недельным и суточным изменениям воздушного движения; не способна она и к быстрому увеличению своей пропускной способности для удовлетворения ожидаемого роста воздушных перевозок.

Существующая структура воздушного пространства и сетей воздушных трасс в некоторых частях региона не в полной мере

отвечает потребностям эксплуатантов выполнять полеты по оптимальным маршрутам. Причины этого следующие:

отсутствие гибкости, связанное с действующей фиксированной структурой маршрутов, препятствует эффективному использованию воздушного пространства и наиболее экономичному производству полетов;

выделение значительной части воздушного пространства для военных целей в определенной степени ограничивает возможность для полетов гражданских ВС по оптимальным маршрутам;

недостаточное использование навигационных возможностей ВС путем создания маршрутов зональной навигации;

секторизация воздушного пространства не в полной мере отвечает эксплуатационным требованиям.

Обслуживание воздушного движения в государствах осуществляется районными и аэродромными центрами. Уровень безопасности полетов при ОВД достаточно высокий.

Некоторые процедуры и правила, применяемые при ОВД в регионе, имеют отличия от Стандартов и рекомендуемой практики ИКАО. Эти отличия публикуются в сборниках аэронавигационной информации государств. Для обеспечения радиолокационного эшелонирования, кроме ВОРЛ, обязательно использование первичного радиолокатора, что влечет дополнительные расходы государств. Большинство ВОРЛ не работают в режимах согласно стандартам ИКАО. В отдельных государствах радиолокационное наблюдение за полетами в узловых диспетчерских районах не применяется.

Организацию потоков воздушного движения можно охарактеризовать следующим образом. Из-за невысоких интенсивности воздушного движения и пропускной способности системы АТМ объединенная служба АФТМ в восточной части Европейского региона ИКАО, включая Среднюю Азию, не создана в настоящее время, как это предусмотрено документами ИКАО. Однако, функционируют несколько национальных органов АФТМ, часть из которых объединена в субрегиональные органы АФТМ.

Военно-гражданская координация такова. В восточной части Европейского региона, включая Среднюю Азию, применяются различные методы военно-гражданской координации. Но в целом ни один из них не дает возможности гибкого использования воздушного пространства и в не полной мере отвечает современным требованиям. Процедуры военно-гражданской координации и сотрудничества нуждаются в совершенствовании.

С точки зрения человеческого фактора одним из недостатков, отмечающихся в регионе в настоящее время, является нехватка квалифицированного персонала в органах ОВД. В этих условиях сопряжение оператора с машиной стало проблемой, главным образом, вследствие возрастания объема информации, а также увеличения количества и сложности манипуляций для ее получения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Документ по стратегическому планированию АТМ: ИКАО EUR Doc. 008. 1-е изд. 1999.
2. Крыжановский Г.А. Организация управления воздушным движением. — М.: Транспорт, 1988.
3. Липин А.В. Попов К.С. Выполнение международных полетов: Обслуживание воздушного движения. - СПб.: Академия ГА; АО "Центр авиационного обучения", 1997.
4. Методика определения минимумов эшелонирования, применяемых для разделения параллельных линий пути в структурах маршрутов ОВД: Циркуляр ИКАО 120-AN189/2, 1986.
5. Перегруженность воздушного движения в Европе: Инициативы ИКАО в целях исправления положения // Бюллетень ИКАО. 1989. №1.
6. Приложение 11: Обслуживание воздушного движения. — 10-е изд. — Монреаль: ИКАО, 1994.
7. Руководство для УВД по применению Сокращенного Минимума Вертикального эшелонирования (RVSM) в Европе / Евроконтроль. 1999.
8. Руководство по применению вертикального эшелонирования в 300 м (1000 фут) между эшелонами полета 290 и 410 включительно: Doc. 9574-FN/934. - 1-е изд., 1992.
9. Руководство по производству полетов с применением методов зональной навигации (RNAV): Doc. 9573-AN/953. - 2-е изд., 1999.
10. Стратегия ввода в действие будущей системы организации воздушного движения в Европейском регионе / ИКАО, 1990.
11. Стратегия реализации концепции CNS/АТМ предусматривает эволюционный процесс перехода к будущей системе // Журнал ИКАО, 1994. №2.

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМ CNS/ATM

5.1. Аспекты и факты внедрения

Генеральной целью будущей системы организации воздушного движения ATM является обеспечение свободы эксплуатантам воздушных судов следовать по предпочитаемому профилю полета в полной динамике, с минимумом препятствий, соблюдая при этом требуемый уровень безопасности полетов [8].

Следует учесть, что как видно из названия главы, речь идет о системах CNS/ATM. Данное обстоятельство объясняется тем, что, как известно, исходный термин "FANS" комитета FANS ИКАО, замененный затем терминологическим сочетанием "Концепция CNS/ATM", в последующем был заменен на "Системы CNS/ATM". Такая замена вполне логична, так как она является необходимым продолжением задуманного теоретического преобразования существующей системы средств обеспечения полетов через новую концепцию, к конкретным системам новой технологии аэронавигации. Уместно заметить, что имелись и другие попытки дальнейшей трансформации словосочетания "Системы CNS/ATM" (в том числе предлагавшиеся ИАТА), но они не получили поддержки. В данной книге понятие "Система CNS/ATM" используется для обозначения комбинации "системных элементов" CNS/ATM.

Внедрение систем CNS/ATM подразумевает решение комплекса вопросов:

- эксплуатационных (различные типы RNP и нормы эшелонирования);

- технических (различные системные характеристики средств связи, навигации и наблюдения, включая линии передачи данных и системы дополнения GNSS);

- организационных (глобальные, региональные, субрегиональные и национальные поставщики аэронавигационных услуг, делегирование услуг, обучение персонала);

- требующих взаимодействия и координации (различные уровни внедрения, этапность внедрения, выверка системных

- решений на практике и оперативный обмен опытом, коррекция и доводка новых систем);

- экономических (различные методы финансирования и возмещения вложений);

- юридических (сертификация, авиационное право) и других.

Для обеспечения безопасных и эффективных перевозок в условиях перехода на новые системы CNS/ATM отрасль гражданской авиации нуждается в кооперации на мировом уровне. Необходимость во взаимодействии на мировом уровне в отрасли воздушного транспорта была осознана в самом начале становления регулярных полетов авиаторов разных стран. В силу такой потребности возникла Международная организация гражданской авиации — ИКАО. За многие годы работы ИКАО успешно справлялась с возложенной миссией высшего органа мировой гражданской авиации. Вместе с тем, сам факт принятия новой концепции CNS/ATM свидетельствует, что объединяющей роли ИКАО зачастую оказывается недостаточно. Многие региональные аэронавигационные планы остаются исполненными не в полном объеме. Во многом популярность концепции CNS/ATM придала коллективная надежда на то, что внедрить такую глобальную систему будет проще, в силу того, что сама система является глобальной, например, глобальная навигационная спутниковая система - GNSS. Тем не менее, отрасли необходимо согласие для достижения этой глобальной цели.

Основой в решении задачи внедрения новых систем CNS/ATM является достижение согласия в разработке стандартов этих новых средств и процедур их использования, при обеспечении требуемого уровня безопасности полетов. Второй основой является построение требуемой инфраструктуры в соответствии со ст. 28 Чикагской конвенции. Каждое государство несет ответственность за предоставление своих собственных средств и инфраструктуры служб в полном соответствии с Аэронавигационным планом ИКАО. Третьей основой является обеспечение соответствия изготавливаемых новых систем CNS/ATM разработанным и одобренным в ИКАО стандартам и рекомендуемой практике (SARPs) на "системные элементы" CNS/ATM.

Президент Совета ИКАО подчеркнул необходимость соблюдения SARPs и принятия всех усилий для принятия Программы внедрения CNS/ATM. "Если SARPs приняты и не внедрены, они выбрасываются в архив. Это подрывает основной смысл ИКАО и принижает ценность Организации, к которой каждое государство присоединилось добровольно" (Flight International, 4-9 August, 1999).

Разработка SARPs и процедур аэронавигационного обслуживания (PANS), относящихся к новым системам и их эксплуатации, является фундаментальным процессом ИКАО. Эта деятельность призвана гарантировать соблюдение требований стандартов и взаимодействие систем. На сегодняшний день уже разработаны SARPs на несколько элементов системы CNS/ATM, а разработку других ИКАО продолжает. Однако, по-прежнему отсутствует четкое видение того, как наилучшим образом интегрировать эти элементы в однородную систему ATM. Очевидно, что сами по себе технические системы не могут разрешить вопросы пропускной способности, а должны дополняться технологическими изменениями, чтобы достичь желаемых выгод. Кроме того, даже при самом благоприятном раскладе всех составляющих в долгом процессе принятия SARPs на какой-либо системный элемент CNS/ATM, когда достигнуто полное согласие на стандарт, процедуры и принятие на оснащение, остается проблема, о которой на данном этапе мало говорят. Это однако не означает, что проблему можно не принимать во внимание. Любой международный стандарт имеет (и всегда будет иметь) множество прикладных реализаций, что зачастую приводит к несовместимости аппаратно-программных средств разных производителей. Международные организации неоднократно пытались решить эту проблему. Конкретный пример: аппаратура канала передачи данных VDL режима 4 разрабатывается, по крайней мере, двумя российскими национальными изготовителями оборудования на основе требований SARPs ИКАО и независимо друг от друга и от основателя этой технологии в Швеции. Для полной совместимости систем, т.е. для обеспечения возможности оборудованным отечественной бортовой аппаратурой воздушным судам вести обмен данных через зарубежные наземные станции, и соответственно, оборудованным своей национальной бортовой аппаратурой иностранным воздушным судам (например, авиакомпании SAS) обмениваться данными через российские наземные станции, необходима полная прозрачность систем. Для этого, помимо непрерывного технического взаимодействия и организационной координации, необходима политическая воля главных участников (пользователей, изготовителей и организаций, предоставляющих обслуживание).

Работы над эксплуатационной концепцией будущей ATM ведутся в нескольких национальных и международных организациях, включая ИКАО, Европейский Союз (EU) и Евроконтроль [18, 19]. В рамках этих работ должно быть достигнуто общее согласие по нескольким разрабатываемым элементам концепции

(таким, например, как положение, что прикладные задачи строятся на основе улучшенной осведомленности пилота об окружающей обстановке посредством ADS-B и использования бортового дисплея) [9]. На Группу экспертов ИКАО по эксплуатационной концепции регулирования воздушного движения (ATMCP) возложена задача разработать эксплуатационную концепцию ATM "от выруливания до заруливания", определить и изучить возможность различных элементов концепции, включая те, которые относятся к повышенной автономии воздушного судна. Согласованная эксплуатационная концепция ATM, элементы концепции и процессы ATM затем должны быть прописаны в PANS. Вполне вероятно, что Группа ATMCP возьмет на вооружение многие из тех выводов, которые сделаны в рамках работ, выполненных организациями Евроконтроль, FAA, RTCA/Eurocae и EU [4].

В центре внимания ATM стоит безопасность, поэтому внедрение изменений в любую новую систему должно жестко контролироваться. До ввода изменений к ATM должен обязательно выдерживаться определенный продолжительный отрезок времени, не только для того, чтобы убедиться в жизнеспособности изменений и тщательно их испытать до ввода в эксплуатацию, но также, чтобы амортизировать те затраты, которые были сделаны в существующее оборудование и персонал с учетом большой и разнообразной международной группы эксплуатируемых воздушных судов.

Элементы будущей системы CNS/ATM будут внедряться в эволюционной манере, чтобы избежать серьезных переходных проблем. Они должны давать возможность проводить внедрение с различными уровнями сложности, чтобы можно было внедрять рентабельные службы в привязке к различным регионам и группам пользователей, от крупных коммерческих авиалайнеров до авиации общего назначения. Они должны обеспечивать все этапы полета, от начала рейса до заруливания на стоянку [17]. Как сказано в стратегии ECAC, "общие стандарты должны быть составлены таким образом, чтобы можно было получать различные уровни сложности [чтобы их можно было приспособлять] к конкретным требованиям и возможностям наращивания в районах с различной интенсивностью полетов (т.е. не внедрять слишком сложную систему там, где не требуется или там, где пока нет подходящей инфраструктуры)". Вместе с тем, при вводе системных элементов CNS/ATM, необходимо соблюдать принцип непрерывности и однородности внедряемой технологии на всём протяжении основных потоков воздушного движения, так как при наличии

"разрывов" в применении конкретных технологий возникают уже знакомые узкие места, которые сводят на нет усилия многих участников. Этот принцип важно соблюдать при обсуждении внедрения новых систем в регионе СНГ, где характеристики воздушного пространства и плотности движения отличаются не только от других регионов, но и между индивидуальными государствами СНГ.

Существующие системы УВД характеризуются рядом особенностей, препятствующих достижению стратегической цели. Специфика построения систем УВД в отдельных странах, их автономность, недостаточность схожих функций приводит к изолированным решениям и отсутствию взаимоувязанности систем УВД. Именно по этим причинам необходимость гармонизации существующих аэронавигационных систем является чрезвычайно актуальной задачей.

Круг участников процесса гармонизации аэронавигационных систем охватывает всех заинтересованных в конечном результате партнеров — как государства в лице поставщиков аэронавигационных услуг, так и субрегиональные и региональные группы, а также пользователей воздушного пространства. В рамках ИКАО в настоящее время действует 7 региональных групп планирования (PIRG) по внедрению аэронавигационных систем, охватывающих различные регионы по всему земному шару:

APANPIRG — Азия и Тихий океан;

APIRG — Африка и Индийский океан;

ЕANPG - Европа;

GREPECAS — Южная Америка и Карибские острова;

MIDANPIRG - Ближний Восток;

NATSPG — Северо-Атлантический регион;

NAMPG — Североамериканская группа планирования.

Работает также группа ALLPIRG, объединяющая усилия всех региональных подгрупп.

При рассмотрении вопросов внедрения систем CNS/ATM необходимы объективные оценки состояния дел по аэронавигационному обслуживанию авиатранспорта в масштабах крупных однородных регионов и согласованные действия государств по внедрению конкретных элементов систем CNS/ATM в течение определенных отрезков времени. Далее представлен обзор деятельности ИКАО в этой области по разработке SARPs, PANS и инструктивного материала по состоянию на февраль 2002 г. (составлен на основе доклада Совету ИКАО председателя Аэронавигационной комиссии, 166-я сессия Совета) [8].

Последние разработки касаются следующих направлений. }
Связь:

завершена работа по апробации подробных технических требований к ОБЧ линии цифровой связи (VDL) режимов 3 и 4, а также службам управления системами и защиты сети авиационной электросвязи (ATN);

группа экспертов по авиационной подвижной связи (AMCP) приступила к оценке необходимости разработки SARPs в отношении приемопередатчика универсального доступа (UAT) для использования в качестве радиочастотной (РЧ) линии в целях обеспечения автоматического зависимого наблюдения в режиме радиовещания (ADS-B) и VDL режима 4 для использования в качестве линии связи;

начата работа по перенесению подробных технических требований к авиационной, подвижной спутниковой службе (AMSS) в техническое руководство;

завершена разработка критериев присвоения частот в отношении VDL режима 2. Навигация:

ряд государств и международных организаций продолжали разработку и внедрение глобальных навигационных спутниковых систем (GNSS). Еще в нескольких государствах глобальная система определения местоположения (GPS) утверждена в качестве дополнительного или основного средства обеспечения полетов в определенных районах воздушного пространства;

первый пакет SARPs для GNSS был включен в том I "Радионавигационные средства" Приложения 10 "Авиационная электросвязь" в качестве поправки 76, которая начала применяться в ноябре 2001 г. Пакет содержит общие положения и технические требования к глобальной системе определения местоположения (GPS), глобальной навигационной спутниковой системе (ГЛОНАСС), бортовой системе функционального дополнения (ABAS), спутниковой системе функционального дополнения (SBAS) и наземной системе функционального дополнения (GBAS). В период после принятия вышеуказанных SARPs были разработаны некоторые усовершенствования системы, включая функцию позиционирования GBAS, которые вошли в поправку 77 к Приложению 10;

продолжалась разработка SBAS. Предполагается, что такие системы функционального дополнения будут содействовать использованию GNSS на всех этапах полета, включая заход на посадку с вертикальным наведением (APV), и в будущем, точный заход на посадку по категории I. Продолжается также разработка и испытание нескольких вариантов GBAS для обеспечения

точных заходов на посадку. Последний тип системы функционального дополнения может использоваться рядом государств в качестве альтернативы для обеспечения полетов по категории I. Наблюдение:

поправки, касающиеся режима S вторичного обзорного радиолокатора (ВОРЛ) и бортовой системы предупреждения столкновений (БСПС), были приняты в 2002 г. для включения в Приложение 10 в качестве поправки 77. Кроме того, продолжалась работа по разработке инструктивного материала по бортовой системе обеспечения эшелонирования (ASAS) для оказания содействия в разработке требований. Были разработаны начальные концепции для содействия в выработке определения требуемых характеристик наблюдения (RSP).

Региональное планирование людских ресурсов и потребности в подготовке кадров для внедрения систем CNS/ATM: в 2001 г. завершилась работа над разработкой первого проекта руководства по планированию людских ресурсов. Цель руководства - укрепить возможности отдельных государств в этой области. Чтобы это руководство полностью отвечало требованиям государств и (или) поставщиков аэронавигационного обслуживания и было достаточно удобным в пользовании, требуется провести предварительное испытание руководства на практике (испытание "бета"). Это будет сделано в непосредственном контакте с государствами и поставщиками аэронавигационного обслуживания в ходе регионального семинара по планированию людских ресурсов, намеченного к проведению в регионах бассейна Карибского моря и Южной Америки (CAR/SAM). Как только руководство будет утверждено, Секретариат планирует организовать регулярные семинары по планированию людских ресурсов для содействия государствам в разработке и внедрении их планов по подготовке и набору кадров; разработка руководства по планированию людских ресурсов является важнейшим элементом общей стратегии, призванной обеспечить подготовку кадров, необходимых для внедрения новых и перспективных аэронавигационных систем. Другим ключевым элементом является внедрение регионального процесса планирования в области подготовки кадров. Цель этого процесса заключается в том, чтобы обеспечить такое положение, при котором подготовка, требуемая для реализации региональных аэронавигационных планов, была доступной и недорогой во всех регионах ИКАО. Секретариатом были разработаны конкретные меры и процедуры, которые могут быть положены в основу регионального процесса планирования в области подготовки кадров. Чтобы этот процесс планирования отвечал по-

378

требностям региона, необходимо, чтобы соответствующие PIRG периодически рассматривали его и корректировали с учетом местных условий. Регионы CAR/SAM первыми рассмотрят возможность внедрения этого процесса.

Деятельность в ближайшем будущем (до 2004 г.) направлена на совершенствование и развитие в следующих направлениях.

Связь:

группа экспертов АМСР рассмотрит результаты сравнительного анализа возможных линий передачи данных для ADS-B. Группа также завершит разработку критериев присвоения частот для VDL режимов 3 и 4;

группа экспертов по сети авиационной электросвязи (ATNP) будет разрабатывать положения для использования сетей связи, применяющих протокол Интернет (IP), и факультативного использования функций защиты конфиденциальности (для кодирования сообщений) в рамках существующих мер обеспечения защиты авиационной информации (как отражено в ATN SARPs), содержащихся в Приложении 10.

Навигация:

усовершенствованные SARPs для GNSS на ближайшую перспективу (отражены в поправке 77 к Приложению 10) используются на практике при проектировании системы. Это позволит улучшить системные характеристики и расширить обслуживание, обеспечиваемое SBAS и GBAS. Будет продолжена разработка эксплуатационных требований и SARPs, касающихся более критических видов применения GNSS (например, точный заход на посадку по категориям П/Ш) и новых элементов GNSS (например "Галилео");

в регионах ИКАО будет продолжено внедрение GNSS (в основном GPS), основанное на использовании некатегорированных заходов на посадку (NPA). Эта деятельность будет подкрепляться разработкой правил и критериев заходов на посадку с вертикальным наведением (IPV) и операций по категории I на основе SBAS и GBAS.

Наблюдение:

группа экспертов по системам наблюдения и разрешения конфликтных ситуаций (SCRSP) продолжит оценку совместимости ADS-B и БСПС. Группа также продолжит отслеживание всемирного внедрения БСПС и глубже изучит схемы полетов гражданских воздушных судов с использованием БСПС в случае перехвата военными самолетами.

Организация воздушного движения:

продолжается разработка процедур ADS и связи "пилот—диспетчер" по линии передачи данных (CPDLC) [21], а

также деятельность в области дальнейшего сокращения минимума эшелонирования с целью повышения пропускной способности воздушного пространства с сохранением или повышением действующих в настоящее время уровней безопасности полетов. Первая версия документа, касающегося эксплуатационной концепции ОрВД, которая была подготовлена на первом совещании Группы экспертов по эксплуатационной концепции АТМСР в марте 2002 г., будет доработана на основе замечаний, полученных от государств, и результатов рассмотрения Комиссией. Эта концепция, как ожидается, послужит для государств и PIRG руководством при внедрении комплексной системы ОрВД.

Программа по безопасности полетов и человеческому фактору:

на 2003 г. запланирован пересмотр Руководства по подготовке в области человеческого фактора (Doc. 9683), а именно: гл. 3 (Вопросы человеческого фактора при разработке и внедрении систем CNS/ATM) и гл. 5 (Вопросы человеческого фактора при управлении воздушным движением), части 1. Цели пересмотра — привести документ в соответствие с руководством Основные принципы учета человеческого фактора в системах организации воздушного движения (ОрВД) (Doc. 9758), а также отразить последние изменения, появившиеся после выпуска документа Doc. 9683. Будет продолжено постоянное наблюдение за событиями в отрасли с целью принятия, если потребуется, необходимых действий. Глобальный план:

после принятия Советом в 1998 г. первого издания Глобального аэронавигационного плана для систем CNS/ATM (Doc. 9750) Секретариат, Комитет по охране окружающей среды от воздействия авиации (CAEP), несколько групп экспертов Аэронавигационной комиссии и PIRG признали растущую полезность Глобального плана применительно к их работе и его важное место в общей структуре документации ИКАО, посвященной CNS/ATM. Была также признана необходимость в обновлении этого документа. С учетом вышеизложенного Секретариатом была разработана всеобъемлющая поправка к документу, которая была принята Советом в июне 2001 г.;

была разработана новая гл. 16 (Экологические выгоды, связанные с инициативами по внедрению CNS/ATM) на основе результатов работы CAEP в связи с просьбой, поступившей от третьего совещания Консультативной группы ALLPIRG. Глава 16 содержит методику оценки экологических преимуществ, связанных с внедрением систем CNS/ATM. Положения по охране

окружающей среды были также включены в некоторые другие разделы документа;

в апреле 2002 г. было опубликовано второе издание документа, включающее поправки, принятые Советом;

глобальный план и связанная с ним методика планирования и таблицы в томе II в настоящее время находятся в процессе официальной интеграции в деятельность групп PIRG.

Информация о других основных мероприятиях, связанных с внедрением, заключается в следующем.

Высокочастотная линия передачи данных (HFDDL):

по инициативе корпорации ARINC уже создано 13 наземных станций в различных географических точках земного шара. В 2002 г. ожидается завершение создания полной сети, состоящей из 16 наземных станций. Первоначально это обслуживание предназначено для осуществления авиационного оперативного контроля (АОС), однако рядом провайдеров ОВД и летно-эксплуатационных агентств ведутся работы по проведению предэксплуатационных испытаний линии передачи данных в качестве подсети АТН для обеспечения связи в целях обслуживания воздушного движения.

Интересно отметить, что наряду с новой технологией (передача данных в диапазоне коротких волн) авиакомпании осознают ценность применения традиционной технологии речевой связи в этом диапазоне. Причем эта осознанность идет уже с учетом возможностей новой технологии.

Согласно информационному бюллетеню АРИНК от 13 мая 2002 г. эта организация проводит установку коротковолновой радиостанции в пункте Барроу (Аляска), которая должна вступить в строй в июне 2002 г. Эта станция будет дополнять уже установленную в этом пункте коротковолновую станцию, работающую в режиме передачи данных.

Установка этой станции проводится в ответ на просьбы заказчиков, в число которых входят авиакомпании Continental Airlines, United Airlines. Как и многие другие авиакомпании, они часто летают по кроссполярному маршруту, экономя до 45 мин летного времени. При этом достигается значительная общая экономия по выполнению рейса [6].

Новая станция в Барроу будет дистанционно управляться из радицентра АРИНК в Сан-Франциско. Такой проект направлен на расширение зоны действия международной речевой подвижной службы АРИНК.

VDL режима 2:

в рамках Международного общества авиационной электро-связи (SITA) уже развернуты 10 наземных станций для обеспе-

чения функционирования VDL режима 2 и бортовых систем связи, адресации и передачи данных (ACARS) в Европе, и в течение 2002 г. планируется развернуть еще 25 станций. Эти наземные станции VDL режима 2 будут содействовать внедрению связи с помощью линии передачи данных "пилот—диспетчер" (CPDLC) в Европе, хотя они также будут использоваться для обмена сообщениями бортовой системы связи, адресации и передачи данных (ACARS) (состоящих из данных АОС и некоторых сообщений ОБД, таких как разрешения на вылет);

к настоящему времени организацией ARINC создано 55 наземных станций в континентальной части США (CONUS). Общее количество станций в пределах CONUS (для обеспечения зоны действия, охватывающей все движение на маршруте) планируется довести до 175. Эти станции также будут обеспечивать функции CPDLC и ACARS;

в целом наземные станции, развертываемые в Европе и Соединенных Штатах Америки, обеспечивают необходимую инфраструктуру для постепенного внедрения CPDLC (как функции ATN) на обоих континентах в период 2003—2007 гг.

VDL режима 3:

в рамках программы разработки системы связи "воздух—земля" следующего поколения (NEXCOM) в США был заключен контракт на разработку наземных систем. Реализация первых эксплуатационных возможностей ожидается в IV квартале 2002 г.

VDL режима 4:

началось осуществление программ по внедрению наземных станций VDL режима 4 в Швеции и других государствах Западной Европы, а также некоторых районах Российской Федерации и странах СНГ для обеспечения ADS-B.

Совершенствование использования ОБЧ-спектра:

в центральной части Европы при полетах выше эшелона ЭП245 внедрена сетка частот речевой ОБЧ-связи с интервалом 8,33 кГц. Это привело к появлению значительного количества новых частот, готовых для эксплуатационного использования. Многие воздушные суда уже оснащены ОБЧ-средствами радиосвязи, совместимыми с использованием сетки частот с интервалом 8,33 кГц. В ближайшем будущем ожидается внедрение этого оборудования многими другими европейскими государствами.

Опыт внедрения канала передачи данных CPDLC [14]:

проводимые организацией Евроконтроль исследования показывают, что почти 50 % рабочей нагрузки в секторе Управления воздушным движением, состоящем из 2—3 чел., приходится на рутинную связь по обеспечению управления движением воздушного судна в секторе. Вся эта нагрузка ложится на диспет-

чера, обеспечивающего адекватное эшелонирование воздушного судна в выделенном под его ответственность объеме воздушного пространства, которое имеет тенденцию к заполнению все большим числом одновременно находящихся в нем самолетов. На протяжении нескольких лет Евроконтроль проводит проект Petal, в рамках которого ведутся испытания канала CPDLC. К каким заключениям уже пришли участники проекта? Выводы очень разные по своему характеру и значимости. Неординарность приведенных далее выводов объясняется отчасти той особенностью коллектива специалистов проекта, что все они - из разных стран, не только Европы, но и Америки. Это поистине международный коллектив. Кроме того, получается, что результаты испытаний заставляют специалистов конкретных областей УВД осмысливать проблемы, лежащие в смежных областях более обширных понятий взаимодействия человек—машина.

Первый вывод очень простой. Он заключается в том, что по существу CPDLC — это простой перенос установившихся речевых фраз в пакеты данных или письменную форму. Говоря другими словами, это другая форма связи. Поэтому, некоторые критики считают, что внедрение CPDLC — слишком маленький шаг в деле автоматизации процесса. Вместе с тем, существуют и следующие результаты испытаний CPDLC, означающие возможность более интенсивного использования методов передачи данных в деле УВД в недалеком будущем.

CPDLC несет с собой новые рабочие методы для диспетчеров УВД и летчиков. Некоторые энтузиасты—участники испытаний CPDLC, сравнивают эту технологию с внедрением радиолокации в процесс УВД, хотя такая оценка — явное преувеличение возможностей CPDLC.

Неожиданно для разработчиков технологии CPDLC возникают новые аспекты в области более плодотворного использования преимуществ этой формы связи. Теперь у инженеров встает вопрос различного толкования маршрута полета воздушного судна. Экипажи и диспетчеры без труда управлялись с небольшим расхождением в деле отображения маршрута следования на земле и в воздухе. С внедрением автоматической поддержки CPDLC перед конструкторами бортовых и наземных систем встает вопрос разрешения этих различий. Если необходимо передать с наземной системы на бортовую изменение маршрута, которое экипаж мог бы загрузить в компьютер управления полетом (FMS), необходимо, чтобы наземная система учитывала различия в базах данных и нюансы обработки этой информации. Первопроходцы этой технологии сталкиваются с новыми недоработками совсем в другой плоскости, чем вопросы переда-

чи данных, о которых раньше никто не говорил, но с которыми теперь приходится работать.

Канал передачи данных "пилот—диспетчер" позволяет применять автоматизацию частых рутинных операций. Диспетчеры уже сейчас начинают заявлять, чтобы те задачи, которые они выполняли на протяжении многих лет, возлагались на автоматику, но при сохранении за ними контроля по выполнению этих операций.

Для примера упомянутого различия можно указать, что построение бортовых и наземных баз данных отличается друг от друга. Если в наземных системах приводные радиостанции рассматриваются как средства навигации, то в бортовых системах они принимаются просто за наименования геоточек. Если этот фактор не принять во внимание, то даже такое малейшее расхождение может на практике отражаться в увеличении нагрузки на экипаж, так как переданное с земли на борт сообщение по каналу CPDLC не будет загружаться корректно, и может даже вызывать рассогласования. Это потребует дополнительного вмешательства экипажа для выполнения корректировок.

Ключом к получению ощутимой выгоды в обеспечении воздушного движения является высокий уровень оснащенности на земле и в воздухе. Без регулярного использования этой технологии экипажи воздушных судов и диспетчеры забывают последовательность ввода данных и имеющиеся функции, отсюда их прохладное отношение к использованию CPDLC. Диспетчеры уже поняли, что для сохранения навыков использования CPDLC необходимо, чтобы через сектор проходил хотя бы один оборудованный каналом передачи данных авиалайнер. У экипажей воздушных судов — та же проблема. К счастью, ситуация улучшается: все быстрее и больше появляется воздушных судов, оснащенных системами FANS- I/A, в составе которых имеется оборудование CPDLC первого поколения.

Помимо начального применения технологии CPDLC в океаническом воздушном пространстве, этот вид связи начинают испытывать и в воздушном пространстве с высокой плотностью движения. В Европе эта технология находится в опытной эксплуатации в рамках проектов Петал-II, и Линк2000+, проводимых и планируемых к проведению организацией Евроконтроль. В рамках Петал-II функцией CPDLC оснащены воздушные суда с бортовым оборудованием FANS-1/A, а также VDL-4 CPDLC. Бортовое оборудование FANS-1 установлено уже более чем на 500 воздушных судах типа Боинг-747 и Боинг-777 и продолжает устанавливаться на других популярных типах пассажирских авиалайнеров.

Однако даже если все 100 % дальнемагистральных воздушных судов будут оборудованы технологией CPDLC, то это будет лишь 15 % всех самолетов, которыми руководят диспетчеры Европы. Чтобы выгоды от CPDLC материализовались в воздушном пространстве с высокой плотностью движения, необходимо оборудовать воздушные суда ближнего радиуса действия. Для самолетов этого типа труднее изыскать дополнительное финансирование на установку CPDLC, чем для дальнемагистральных воздушных судов.

В соответствии с текущей эксплуатационной концепцией применение CPDLC фокусируется на связи в интересах УВД стратегического характера. Диалог CPDLC такого рода не требует мгновенного ответа независимо от того, в каком типе воздушного пространства происходит обмен данными — в периферийном с малой интенсивностью либо в зоне с высокой интенсивностью. На нижних эшелонах (в терминальной зоне) экипаж и диспетчеры становятся более загруженными, требуются более динамичные ответы на запросы по связи воздух-земля в силу быстротечности смены воздушной обстановки, поэтому и экипаж, и диспетчер не могут отрывать взгляд от непосредственной визуальной обстановки движения и опускать глаза на органы управления и дисплей CPDLC. Это особенно касается экипажа воздушного судна, так как в соответствии с большинством процедур взаимодействия экипажа по использованию канала передачи данных оба летчика должны вместе прочесть и подтвердить инструкцию, и в этот момент обе головы летчиков опущены вниз. Даже если пересмотреть процедуру взаимодействия экипажа в части использования CPDLC, это будет лишь частичное решение проблемы.

Необходимо изменить сопряжение выходного устройства CPDLC с экипажем воздушного судна, например, путем размещения дисплея на верхнем козырьке приборной доски. Однако для более радикального решения проблемы эффективного использования CPDLC на этапе полета в терминальной зоне необходимо в целом продумать и подтвердить применимость этой технологии в терминальной зоне. Так же как и концепции, сами сообщения для океанического и загруженного воздушного пространства отличаются между собой, могут потребоваться подстройки концепции и для терминальной зоны.

Наибольшие выгоды от применения CPDLC появятся, когда автоматизация на земле и борту воздушного судна будет использоваться для ускорения перехода с речевой связи на передачу данных в интересах УВД. Такие функции, как информация об изменении кодов вторичной радиолокации и инструкции по передаче

управления, сразу же могут быть автоматизированы при условии сохранения у диспетчера визуального контроля за выполнением этих функций. Кроме того, как частный случай непосредственного исполнения операций CPDLC, следует предусмотреть установку кнопки "быстрого ответа" в удобном для летчика месте, например, на верхнем козырьке приборной доски, чтобы не было необходимости опускать взгляд для поиска кнопки. В процессе испытаний подано предложение доработать визуальную индикацию дисплея CPDLC, отражающую совпадение запрошенного изменения с разрешенным с помощью изменения цвета дисплея. Необходимо предусмотреть внедрение автоматизированной загрузки длинных типовых сообщений (таких, как разрешение по маршруту) с возможностью их последующей корректировки и окончательной загрузки в меню для передачи после проверки и подтверждения. Наличие такой функции автоматизированной загрузки данных позволит избежать грубых навигационных ошибок при вводе данных. Поскольку бортовые и наземные системы создаются для разных назначений, построение данных и их использование на борту и на земле имеет отличия, которые должны быть учтены в обработке окончательных вариантов систем. Данные вопросы составляют суть проекта Petal-II, которым занимаются специалисты Евроконтроля.

В табл. 5.1 собраны фактические статистические данные об использовании сообщений CPDLC четырьмя органами УВД (районными центрами - РЦ) в воздушном пространстве Тихого океана 19 марта 2002 г. Приведена выборка 12 наиболее используемых элементов сообщений CPDLC. Данный пример характерен для использования типовых сообщений пилотом и диспетчером в условиях реального океанического воздушного пространства.

Испытания канала CPDLC в Европе намного упрощают задачу внедрения этой технологии в США, где существует программа FAA, предусматривающая установку комплекта Билд-1 в центре управления полетов по трассам Майами (Miami Air Route Traffic Control Center - ARTCC). GNSS:

программа полномасштабной разработки и апробации системы "Галилео" Европейским союзом (ЕС) и Европейским космическим агентством (ЕКА) в качестве еще одного основного созвездия спутников для GNSS недавно была утверждена и обеспечена финансированием по первому этапу развертывания системы [2]. В США также продолжается осуществление программы модернизации GPS. В России имеется план пополнения системы и обновления спутников ГЛОНАСС.

Таблица 5.1

Элемент сообщения "Земля-борт"	Порядковый номер сообщения	РЦ1	РЦ2	РЦ3	РЦ4	Всего
CLIMB_TO_AND_MAINTAIN_level Набирайте и следуйте на эшелоне	20	10090	3197	89946	527	103760
REPORT_REACHING_level_ Доложите о занятии эшелона	175	4017	1201	96729	587	102534
Icao_designator_tr4_table_4_ Буквенный указатель местоположения	163	53590	29245	0	1492	86327
Free_text Свободный текст	169	21687	12366	27981	346	62380
END_SERVICE Конец обслуживания	161	38420	12675	286	1265	52646
NEXT_DATA_AUTHORITY_icao_designator_ Следующий орган УВД - Индекс ИКАО	160	26677	8018	698	716	36109
REQUEST_POSITION_REPORT Сообщите место	147	9782	5213	11890	9	26894
AT_position_CONTACT_unit_frequency В геоточке_ СВЯЖИТЕСЬ С_ индекс РЦ НА частоте_	118	19899	3868	149	696	24612
UNABLE - не имею возможности	0	2695	606	20664	26	23991
CLEARED_TO_DEVIATE_UP_TO_distance_direction_OF_ROUTE РАЗРЕШАЮ ОТКЛОНИТЬСЯ ОТ ТРАССЫ НА_ расстояние, курс	82	5093	1097	13742	577	20509
CONTACT_unit_frequency_ СВЯЖИТЕСЬ С индекс РЦ НА частоте	117	12021	5752	381	3	18157
REPORT_BACK_ON_ROUTE_ ДОЛОЖИТЕ О ЗАНЯТИИ ТРАССЫ	127	1592	655	13957	579	16783

Усовершенствования в области ATM:

во всех регионах достигнут значительный прогресс в повышении эффективности и пропускной способности, основанный на использовании более точных аэронавигационных систем. В регионе Тихого океана, а также в южноатлантическом коридоре, соединяющем Европу и Южную Америку, использование RNP было положено в основу уменьшения продольного и бокового эшелонирования до 50 м. миль. Продолжаются подготовительные мероприятия для внедрения аналогичного уменьшения в Карибском, Ближневосточном и Южноамериканском регионах. В некоторых частях региона MID обеспечено внедрение RNP5. RNP5 и RNAV позволили государствам и эксплуатантам воздушных судов региона EUR использовать преимущества бортовых возможностей RNAV в пределах зоны действия существующих систем, основанных на использовании VOR. RVSM успешно внедрен в регионе EUR, южноатлантическом коридоре и в некоторых районах Тихоокеанского региона.

Аэронавигационная комиссия ИКАО в своем докладе о глобальных и региональных разработках в области модернизации аэронавигационных систем сделала следующие выводы и замечания:

все компоненты систем CNS/ATM стандартизованы в той степени, которая необходима для ускорения их внедрения. Текущая работа по стандартизации касается вновь появившихся концепций (технологий) и уточнения существующих положений;

включение SARPs в конкретные планы внедрения происходит постепенно, последовательно и по нарастающей с учетом индивидуальных потребностей государств, субрегионов и регионов;

в целом темпы внедрения систем CNS/ATM по понятным причинам отстают от тех, которые ожидалось вначале (в качестве базовой линии используются планы достижения целей реализации, приведенные в Глобальном плане);

деятельность всех групп PIRG, связанная с планированием, основана на однородных районах ОрВД и характеристиках основных потоков воздушного движения; ожидается, что к 2004 г. все регионы внедрят RVSM, используемый на некоторых основных потоках движения;

ускоренное внедрение некоторых линий передачи данных "воздух—земля" (бортовых и наземных), т. е. авиационной подвижной спутниковой службы (AMSS), VDL режима 2 и HFDFL, было главным образом обусловлено необходимостью усовершенствования возможностей связи в целях АО К. Постепенно

линии передачи данных будут внедряться для связи по мере уточнения региональных сценариев ОрВД;

группы PIRG постоянно стремятся содействовать "бесшовной стыковке" сопредельных регионов посредством использования механизма межрегиональной координации. Однако во многих случаях необходимо, чтобы планы внедрения в большей степени опирались на прочные эксплуатационные и экономические обоснования.

Как показывает накопленный международный опыт внедрения систем CNS/ATM, достижение генеральной цели будущей системы ATM — обеспечение свободы эксплуатантам воздушных судов следовать по предпочитаемому профилю полета в полной динамике с минимумом препятствий и соблюдением при этом требуемого уровня безопасности полетов — является вызовом всей мировой гражданской авиации. Несомненно, курс изменений инфраструктуры средств и систем обеспечения безопасности полетов выбран правильный, но он по-прежнему сложен для внедрения в глобальном масштабе. Существование глобальных систем навигации и связи не отменило необходимости внедрять конкретные местные дополнения к таким системам как в государствах, где уровень оснащенности обычными системами был достаточным, так и в государствах с неадекватным уровнем оснащения.

В своей работе по внедрению систем CNS/ATM администрации гражданской авиации продолжают руководствоваться стандартами и рекомендациями ИКАО, которые сохраняют свой статус общепризнанных ориентиров в меняющемся мире технологий. Вместе с тем, по-прежнему остается много узких мест в этой программе, сохраняется риск региональных нестыковок, "проталкивания" непопулярных решений, навязанных промышленными супергигантами, заинтересованными в сохранении своих ниш. Наземные системы и бортовые комплексы аэронавигации продолжают усложняться и "утяжелиться", особенно в переходный период. Продолжение наращивания систем пока что не дает свободы полета, однако остается надежда, что со временем найдутся все необходимые средства.

5.2. Внедрение систем в России

Роль России в мировой индустрии гражданской авиации общепризнана. Россия — постоянный член Совета Международной организации гражданской авиации ИКАО. Она входит в первую группу государств, определяющих развитие мировой

гражданской авиации. Российские конструкторы авиационной техники задавали тон в мировой авиатранспортной индустрии по многим аспектам разработки и производства планера, двигателей, бортовых и наземных систем самолетовождения.

Российские эксперты подключились к работе Комитета FANS с момента его организации. В первой половине 80-х годов шел активный поиск эффективных решений по коренному обновлению и улучшению средств и методов обеспечения коллективной безопасности и эффективности полетов гражданской авиации в мировом масштабе.

В России принят стратегический курс на внедрение систем CNS/ATM. Об этом Российские делегации информировали международное авиационное сообщество в рамках многих специализированных совещаний ИКАО и других многосторонних встреч представителей администраций гражданской авиации, состоявшихся в России и за рубежом. В частности, детальную концепцию внедрения систем CNS/ATM в России и, конкретно, службу наблюдения ADS-B на основе VDL Mode 4 представил по поручению ГСГА Минтранса России представитель ГосНИИ "Аэронавигация" в ходе совещания-демонстрации в рамках проводившегося для девяти стран СНГ и Монголии международного проекта ЕС "Воздушные трассы Южного Кольца, Фаза II" в Тбилиси в марте 2001 г. [15].

В международном сотрудничестве по вопросам внедрения систем CNS/ATM необходимо отметить наметившуюся тенденцию попыток Европейского сообщества сформировать и укрепить свое влияние в области новой авиационной технологии в странах так называемого Южного Кольца (бывшие республики Советского Союза, кроме России, Украины, Белоруссии и стран Балтии; в странах Балтии европейское влияние распространяется с помощью целевых проектов для этого региона). Переплетение различных европейских интересов и распространение своего влияния на этот регион ярко прослеживается в рамках проектов, финансируемых из бюджета ЕС. Не секрет, что основная доля этого бюджета оседает в странах ЕС, посредством выплат зарплат и командировочных расходов европейским авиационным экспертам, оплаты заказов по изготовлению европейскими фирмами системных элементов CNS/ATM, которые частично передаются в страны Южного Кольца и по завершению проектов, в лучшем случае, используются для выполнения дополнительных испытаний технологии. Осознавая важность поддержки таких проектов и Российской Федерацией, европейские авиационные "технологии" умело используют стратегические инициативы России по внедрению систем CNS/ATM для аргу-

ментирования необходимости проведения в странах СНГ своих Европейских проектов, не включая Россию в число стран, куда непосредственно направляются фонды этих проектов. Такими приемами российское влияние постепенно заменяется европейским.

Воздушный транспорт в России в настоящее время характеризуется более нехваткой адекватной инфраструктуры, а не недостаточной пропускной способностью [1]. Лишь в Московской зоне объем воздушного движения изредка приводит к задержкам по причине УВД. Однако нехватка адекватной инфраструктуры регулирования воздушного движения на больших площадях России вызывает недостаточную пропускную способность и заторы для международного воздушного движения, которому нужны новые более короткие трассы через Россию.

Воздушное пространство Российской Федерации включает в себя 25 млн. км², из которых 17 млн. км² является континентальным воздушным пространством, включающим обширные незаселенные площади, где установка и обслуживание инфраструктуры регулирования воздушного движения ограничены. Остальная часть воздушного пространства является океанической. Зона действия, а следовательно, применимость традиционной радиосвязи, радиолокационного наблюдения и радионавигационных систем недостаточны для обеспечения растущей сети авиатрасс. В то же время потенциальные экономические выгоды от улучшения системы регулирования воздушного движения для авиакомпаний, выполняющих рейсы через Россию, и для самой России огромны. Россия предприняла комплекс мер для улучшения своей инфраструктуры ATM в ближайшем будущем.

В соответствии с федеральной целевой программой "Модернизация транспортной системы России" (2002—2010 гг.) — подпрограмма "Единая система организации воздушного движения"¹, - предусматривается внедрение перспективных средств и технологий, которые отражены в глобальном плане² внедрения перспективных систем связи, навигации и наблюдения организации воздушного движения (CNS/ATM), принятом ИКАО.

Особенности внедрения систем CNS/ATM в России состоят в следующем:

наличие отраслевой науки (крупные специализированные

¹ Основание для разработки подпрограммы - распоряжение Правительства Российской Федерации от 16.02.2001 г., № 232.

² Необходимо учитывать также региональные планы (Европейский региональный план).

научно-исследовательские институты по аспектам деятельности гражданской авиации; аналогов таких учреждений за рубежом очень мало даже в развитых европейских странах);

тщательный анализ планируемых нововведений в установившуюся практику авиационной деятельности, для обоснования необходимости или нецелесообразности внедрения;

ориентация на использование систем национального изготовителя по всем крупным системам и другим изделиям, требующим значительных затрат;

предпочтение менее дорогостоящих вариантов из спектра однотипных систем (изделий);

более грамотный инженерно-технический персонал систем обеспечения полетов, зачастую вынужденный изучать новую технику самостоятельно, без формальных курсов на предприятии-изготовителе или с помощью его инструкторов;

недооценка инженерного труда при разработке и доработке новых систем и других средств аппаратно-программного комплекса;

ориентированность промышленности на большие масштабы производства и продолжительные сроки изготовления установленного типового изделия;

неумение и нежелание промышленности работать в рыночных условиях, требующих высокой оперативности в оценке спроса-предложения и участия в конкурсах (тендерах); недостаточная ориентировка в вопросах ценообразования на изделия и методах их трансформирования в процессе выполнения заказов;

большая инертность в переходе на новый тип техники или технологический процесс;

повышенные требования к условиям эксплуатации (климатические характеристики, механические воздействия, защита от несанкционированного доступа, экологические ограничения);

за исключением отдельных случаев, малоактивное поведение российских экспертов в международных группах, связанных с разработкой требований и стандартов для новых систем CNS/ATM и планированием их внедрения, что в основном объясняется языковым барьером и, отчасти, национальным наследием.

В подтверждение к последнему пункту вышеуказанного списка можно привести пример неудачного отстаивания российских интересов при решении вопроса о принятии системы ПЗ-90 в качестве опорной для глобальной навигационной спутниковой системы. К сожалению, несмотря на попытки утвердить указанную систему, была принята система WGS-84, что негативно сказывается на дальнейшем применении систем. К еще

большому сожалению можно констатировать, что малоактивная позиция российских экспертов в других международных комитетах объясняется еще и нечеткостью или отсутствием позиций по рассматриваемым вопросам.

Конкретно в России проводились и проводятся проектные испытания и внедрение систем CNS/ATM в соответствии с концепцией ИКАО и глобальными и региональными планами внедрения систем CNS/ATM. После тщательного и всестороннего анализа в России было принято стратегическое решение — внедрить следующие системные элементы CNS/ATM:

сеть авиационной электросвязи ATN, в соответствии с планами Европейской группы EANPG [7];

продолжить развитие и модернизацию спутниковой системы навигации ГЛОНАСС для обеспечения навигации на разных этапах полета, включая этапы взлета и захода на посадку, с использованием наземных систем дополнения (дифференциальных поправок) [5];

систему наблюдения ADS-B на основе технологии канала передачи данных VDL режима 4.

В связи с намеченным внедрением системы наблюдения ADS-B в Российском воздушном пространстве к 1 октября 2005 г., а также для лучшего понимания возможностей и ограничений в рабочих характеристиках этого типа канала передачи данных в России выполнены экспериментальные работы и демонстрационные полеты; при этом, отдельные из них были частью более крупных Европейских полетов. В результате этих работ был накоплен достаточный опыт, подтверждающий выгоды перехода к новой системе CNS/ATM, и более конкретно, выгоды использования ADS-B.

Политика сокращения расходов стала политикой выживания в текущей экономической ситуации многих секторов деятельности в России, включая отрасль авиационного транспорта. Несмотря на нехватку ресурсов на развитие национальной инфраструктуры, график работ по разработке и внедрению системы ADS-B в гражданской авиации России неуклонно продвигается.

Основные вехи создания сети ATN в России следующие.

Существующая сеть. В соответствии с планами ИКАО по созданию в Европейском регионе общей сети обмена данными ИКАО (CIDIN), а также в соответствии с совместным решением Департамента воздушного транспорта и Росаэронавигации Минтранса России "О сохранении телеграфной сети связи и интегрирования ее в международную сеть ИКАО CIDIN" от 01.06.93 г., завершены работы по внедрению в Ростове-на-Дону, Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, Новосибирске, Иркутске и

Хабаровске центров коммутации сообщений и передачи данных (АЭРОНЕТ-1) первого (верхнего) уровня Авиационной наземной сети передачи данных и телеграфной связи (АНС ПД и ТС). Центры представляют собой ядро федерального уровня сети АНС ПД и ТС и способны обеспечить всю передачу полетной и коммерческой информации в интересах гражданской авиации с необходимой достоверностью и скоростью между крупнейшими регионами России. Кроме того, центры АЭРОНЕТ-1 обеспечивают сопряжение сети передачи данных гражданской авиации России с Европейской сетью передачи данных ИКАО (CIDIN), а также с центрами АФТН Европы и Азии.

Эксперимент по созданию фрагмента сети АТН в РФ. С 2001 г. НПП "Полет" совместно с авиакомпанией "Lufthansa" проводит эксперимент по созданию фрагмента Российской сети для доставки сообщений между воздушными судами и наземными службами. Целью этой работы является проверка соответствия математического обеспечения НКПД "Рубин" международным требованиям. На основе результатов эксперимента разрабатывается техническое задание на создание сети передачи данных ГА в рамках концепции CNS/ATM и реализации фрагмента сети АТН. Эксперимент позволит отработать алгоритмы взаимодействия с воздушными судами и проверки сопряжения: с радиосредствами связи метрового диапазона для организации канала "воздух—земля"; наземной системой обработки данных для систем ACARS, FANS-1/A; диспетчерскими рабочими местами УВД; наземными национальными сетями передачи данных; наземными международными сетями передачи данных.

Дня проведения эксперимента развернут стенд, включающий:

- комплексы "Рубин" в аэропортах городов Нижний Новгород, Самара, Казань, Пермь и Екатеринбург;
- действующий макет Центра мониторинга, коммутации и тарификации трафика передачи данных;
- сопряжение с линиями связи некоторых существующих национальных наземных сетей;
- сопряжение с сетью SITA для доставки сообщений за пределы России.

При вхождении воздушного судна в зону эксперимента происходит переключение бортовых радиостанций на специально выделенную частоту обмена данными в микроволновом диапазоне — 131,725 МГц. НКПД "Рубин" постоянно осуществляет ширококовечание своих параметров на этой частоте (SQ-сообщения). Воздушное судно получает такое сообщение и определяет наличие канала передачи данных между авионикой и наземным

оборудованием. Работа ведется в соответствии с протоколами ARINC 618, 622, 623. В настоящее время разработана и представлена на согласование в АР МАК России первая версия квалификационных требований КТ 618 для российской аппаратуры связи. По установленному каналу передаются сообщения в интересах авиакомпаний и служб УВД. Первоначально приложения УВД планировалось передавать по бит-ориентированному каналу (VDL режима 2). Однако в настоящее время почти весь парк оснащен аппаратурой ACARS (более 6000 воздушных судов). Смена каналаобразующей аппаратуры является достаточно дорогим мероприятием. Многие авиакомпании не могут осуществить подобный переход в ближайшее время. Поэтому были разработаны документы ARINC 622, 623, которые определяют процедуру передачи информации УВД-приложений (автоматически зависимое наблюдение, связь пилот—диспетчер) по существующему ACARS каналу.

Передача данных между НКПД "Рубин" и потребителями информации по наземным каналам сети связи осуществляется через центр мониторинга по протоколам X.25 и X.28. Доставка сообщений до авиакомпании будет осуществлена через точку сопряжения с сетью SITA.

Центр мониторинга. Одним из элементов фрагмента сети АТН является Центр мониторинга, коммутации и тарификации трафика передачи данных в Центр обработки данных (ЦОД), выполняющий следующие функции:

- маршрутизация сообщений по воздушным и наземным подсетям;
- ведение динамически изменяемой маршрутной базы;
- представление воздушной обстановки для каждой зоны в реальном масштабе времени;
- преобразование форматов сообщений в соответствии с особенностями подсетей;
- контроль и управление удаленными наземными станциями;
- поддержка функции извещений о доставке сообщений;
- ведение архивов сообщений, проходящих через Центр обработки данных;
- получение отчетов из архива по различным параметрам;
- тарификация услуг;
- ведение очередей с учетом категории срочности.

Результаты эксперимента позволят проверить и сертифицировать наземный комплекс передачи данных "Рубин", а также организовать реально действующий фрагмент авиационной сети передачи данных — основу для построения сети АТН, которая позволит передавать байт- и бит-ориентированную информа-

цию при наращивании только каналообразующей аппаратуры (VDL режима 2, VDL режима 4).

В отличие от других стран Западной Европы, система ОрВД в России не может развиваться на основе традиционных средств в силу, во-первых, недостаточного ресурсного обеспечения и, во-вторых, размеров территории и физико-географических условий, в силу чего сохраняется большая доля ее неосвоенности. Поэтому концепция развития ОрВД в России, включая создание и развитие перспективной сети авиационной электросвязи (АТН), должна предусматривать переход к перспективной системе с учетом национальных условий, максимального использования существующих ресурсов различных традиционных видов электросвязи, развития спутниковых систем связи как наиболее перспективного направления развития авиационной электросвязи [7].

Наличие существующих различий в стандартах на используемую в настоящее время технику и технологию приводит к необходимости решения вопросов совместимости системы ОрВД России с другими системами ОрВД приграничных с Россией государств Европы, Америки и Азии. В условиях России создание сети авиационной электросвязи столь высокой интеграции потребует создания жесткой кооперации пользователей сети и централизации ее управления при создании, развитии и эксплуатации.

Основным принципом построения сети АТН России является эволюционный процесс преобразования существующих сетей АФТН/СИДИН в сеть АТН и использование модернизированной сети СИДИН в качестве базовой подсети АТН.

Этапы эволюционного преобразования сетей АФТН/СИДИН в сеть АТН:

полный отказ от низкоскоростного терминального оборудования и низкоскоростных центров коммутации сообщений (ЦКС) сети АФТН и связанная с этим замена терминального оборудования на современные персональные ЭВМ с замыканием локального трафика в рамках локальной вычислительной сети (ЛВС);

создание шлюза для подключения к сети СИДИН новых конечных систем на базе ЛВС (неразрывно связано с первым этапом);

совершенствование и расширение сети путем внедрения новых систем коммутации и передачи данных;

повышение качества функционирования базовой подсети за счет использования альтернативных подсетей, подключаемых через соответствующие маршрутизаторы;

включение звена "воздух-земля" в общую архитектуру авиационной электросвязи, внедрение маршрутизаторов "воздух—земля" элементов АТН бортового базирования;

реализация центров технического и технологического управления, обеспечивающих поддержание качества функционирования отдельных компонентов АТН и сети в целом.

Существенным для АТН является использование в качестве физических сред передачи данных независимых подсетей, ориентированных на предварительное установление соединений и отсутствие требования на их установление [9].

По крайней мере, одна из таких подсетей должна быть ведомственной, созданной специально для организации и управления воздушным движением. В России такой подсетью является сеть АФТН и прежде всего ее верхний уровень - СИДИН. Отличительной особенностью сети АФТН в России является возможность ее работы как с кириллицей — в пределах национальной территории, так и с латинским алфавитом, при этом кириллица может использоваться и для адресации сообщений.

Российские эксперты принимают активное участие в работе групп Авиационных фиксированных служб (AFSG) Европейского региона. В число рассматриваемых вопросов входят вопросы планирования поэтапного внедрения требований АТН, а также модернизация существующих сетей АФТН/СИДИН региона. В частности, в июне 2002 г. в Москве прошло первое совещание CIDIN/AFTN Operations Group (ICAO/AFSG/COG), на котором обсуждались вопросы дальнейшей разработки Центра управления сетью СИДИН (CIDIN Management Centre - СМС), взаимодействия в мероприятиях по внедрению Европейской аэронавигационной базы данных (European Aeronautical Data base — EAD) и др. Эксперты с удовлетворением упоминали, например, такой факт: нынешнее состояние Московского и Франкфуртского центров СИДИН позволяет проводить реконфигурацию сети без остановки работы центров. Еще несколько лет назад центр СИДИН во Франкфурте при проведении реконфигурации сети должен был прерывать работу центра.

Необходимы дальнейшее усовершенствование АНС ПД и ТС, проведение переадресации в соответствии с требованиями SAPRs для АТН, а также сопряжение с маршрутизаторами "воздух-земля" и шлюзами СИДИН/АТН, которые впоследствии будут заменены на полнофункциональные маршрутизаторы "земля—земля". Кроме того, необходимо предусмотреть использование альтернативных подсетей в общей концептуальной модели АТН.

В этом плане специалисты Центра радиотехнического оборудования и связи Гражданской авиации России - организации,

обеспечивающей эксплуатацию и развитие сети АФТН/СИ-ДИН, активно изучают передовой зарубежный опыт поэтапного внедрения АТН. Не осталась незамеченной, в частности, активная деятельность администрации Аэропортов и Аэронавигации Испании — АЕНА, позволившая внедрить в эксплуатацию новую АМНS. Эта система отвечает требованиям руководства ИКАО по АТН и другим международным стандартам связи и является хорошим дополнением к существующей национальной сети REDAN, обеспечивающей нужды Аэронавигационной службы Испании.

Создание сети авиационной электросвязи представляет собой проблему государственной важности в связи с тем, что передача технологической информации позволит обеспечить безопасность полетов авиации всех ведомств и обеспечить авиационную связь в особый период и во время кризисных ситуаций. В то же время сеть АТН может использоваться в коммерческих целях, в частности, для передачи информации в интересах пассажиров, авиакомпаний и других пользователей.

Для повышения эффективности создания и дальнейшей эксплуатации сети АТН необходимо комплексное решение в рамках одного хозяйственного механизма следующих основных задач:

- создание единого оператора сети АТН услуг авиационной связи;

- наращивание, развитие и поддержание в эксплуатационной готовности сети АТН;

- привлечение инвестиций для развития сети АТН;

- взаимодействие с операторами и производителями оборудования для сетей авиационной электросвязи за рубежом.

Основные принципы внедрения АЗН заключаются в следующем.

Программа поэтапного внедрения автоматического зависящего наблюдения в Российской Федерации разрабатывалась с целью определения рационального пути перехода от существующих традиционных средств наблюдения к более эффективным новым технологиям. При этом учитывались опыт и особенности процесса внедрения перспективных методов наблюдения за воздушной обстановкой за рубежом. В процессе разработки настоящей Программы были отработаны критерии приоритета и основные принципы внедрения АЗН в России.

Существующая в России система наблюдения за полетами ВС нуждается в существенном повышении технического уровня и информативности. В первую очередь, в этом нуждаются районные центры УВД, в воздушном пространстве которых прохо-

дят международные воздушные трассы. К ним относятся РЦ в районах Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока России — где проходят МВТ из Европы и Северной Америки в Азию. В этих районах на отдельных участках МВТ поле наблюдения за полетами не имеет непрерывного характера (разрывы в радиолокационном поле достигают 500 км и более), а также отсутствуют ВОРЛ, т.е. средства получения дополнительной и полетной информации с борта воздушного судна.

Состояние технических средств УВД России является стимулирующим фактором к ускорению внедрения АЗН-В в гражданской авиации Российской Федерации. По результатам анализа, полученного в ходе демонстраций, испытаний и апробации этих технологий опыта, 15 января 1998 г. было принято совместное решение ФАС России, Госкорпорации по ОВД, ГосНИИ "Аэронавигация" и ГосНИИ АС, в котором было признано, что ОВЧ-линия передачи данных (ЛПД) режима 4 обеспечивает один из наиболее рациональных путей перехода к перспективной системе ОпВД России и "необходимо провести экспериментальные работы по разработке УКВ-канала передачи данных (режим 4) в интересах ведения наблюдения (АЗН-В) и решения других прикладных задач УВД". В развитие этого решения был выпущен приказ ФСВТ России № 80 от 14 октября 1999 г. "О создании и внедрении системы радиовещательного автоматического зависящего наблюдения (АЗН-В) в гражданской авиации России". Для реализации этого приказа привлечены отраслевые научно-исследовательские институты и промышленные предприятия.

При разработке стратегии внедрения АЗН в России учитываются следующие критерии приоритета:

- государственные интересы;

- интересы (потребности или возможности) отечественных авиакомпаний;

- потребности зарубежных авиакомпаний;

- состояние традиционных систем связи, навигации, наблюдения;

- возможности расширения поля наблюдения на области воздушного пространства, где оно в настоящее время отсутствует;

- привлекательная особенность системы ADS-B/VDL режима 4, позволяющая обеспечивать выгоды оборудованным воздушным судам уже на раннем этапе перехода от традиционного УВД к АТМ за счет применения службы информирования экипажа о воздушной обстановке — TIS-B;

- охват обслуживанием АЗН максимально возможного количества воздушных судов;

возможности комплексного использования технологии АЗН-В в целях наблюдения, навигации и связи;

готовность аэропортов и служб УВД к установке, эксплуатации и использованию оборудования АЗН;

возможность участия региональных администраций в процессе реализации АЗН;

наличие региональных программ поддержания эксплуатационной готовности традиционных средств связи, навигации, наблюдения;

участие отечественной промышленности в разработке и производстве оборудования АЗН.

Базовым навигационным датчиком в системе АЗН-В является спутниковый навигационный приемник [16]. В соответствии с Федеральной целевой программой "Глобальная навигационная система", касающейся использования глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС в интересах гражданских потребителей, и с учетом настоящего состояния данной системы, в качестве навигационного датчика в разрабатываемой в Российской Федерации системе АЗН будут использоваться спутниковые навигационные приемники GPS/ГЛОНАСС.

В настоящее время для целей реализации АЗН-В в России интенсивно идет процесс освоения европейской технологии VDL режима 4 (ОВЧ ЛПД режима 4) и осуществляется разработка элементов системы АЗН-В предприятиями российской промышленности. Предполагается, что именно отечественные предприятия будут основными поставщиками системы АЗН-В на российском рынке.

Океанические полеты составляют лишь небольшую долю полетов российских авиакомпаний, и завершение работы над эксплуатационной концепцией АТМ в ИКАО (АТМСР) откроет пути использования более эффективных альтернативных технологий, в частности АЗН-В. Поэтому при организации воздушного движения, в том числе, в прибрежных районах океанического воздушного пространства, и близком к нему по условиям континентальном воздушном пространстве, отечественные авиакомпании не будут широко внедрять дорогу в использовании технологию контрактного АЗН (в основе которой используются бортовые комплекты FANS-1/A и CNS/ATM Package 1 и 2). Вместе с тем, такой подход не исключает возможность предоставления обслуживания с использованием контрактного АЗН уже оснащенным такой технологией воздушным судам (как это делается, например, в воздушном пространстве РЦ Магадана).

Возможное оснащение соответствующим оборудованием ограниченного числа осуществляющих управление воздушным

движением в океаническом воздушном пространстве центров УВД России будет нацелено на обслуживание транзитных потоков оборудованных комплектами FANS-1/A воздушных судов. В дальнейшем должны использоваться комплекты CNS/ATM Package 1 и 2, совместимые с требованиями ATN SARPс ИКАО.

Приоритет во внедрении отдается радиовещательному АЗН как универсальному методу наблюдения в целях ОрВД на земле и на борту воздушного судна. АЗН-В на основе ОВЧ ЛПД режима 4 обеспечит наиболее рациональный путь эволюционного перехода от традиционных средств связи, навигации, наблюдения к перспективной системе CNS/ATM России. Реализация этого метода достаточно проста, эффективна и географически не ограничена. Разработка АЗН-В возможна на базе отечественной промышленности, цена оборудования доступна российским авиакомпаниям. Оборудование, на основе которого будет реализовываться АЗН-В в России (ОВЧ ЛПД режима 4), наряду с широковещательными службами, позволяет также обеспечить гармоничную реализацию контрактных видов применения линии передачи данных, как например CPDLC и АОС.

Оснащение оборудованием АЗН воздушных судов отечественных авиакомпаний и аэропортов страны должно быть четко скоординированным во времени. Для проведения в соответствии с приказом ФСБТ России № 80 от 14.10.99 г. на базе РГП "Тюменьаэроконтроль" всесторонних испытаний системы радиовещательного АЗН и одновременно создания авиакомпаниям весомого стимула к оснащению своих воздушных судов оборудованием АЗН-В на начальном этапе внедрения этой технологии в ГА РФ в Тюменском регионе будет установлено пять наземных станций АЗН-В. Учитывая большую инерционность процесса оснащения парка ВС, этот процесс должен начаться на этапе проведения опытной эксплуатации системы АЗН-В, максимально интенсифицируясь к моменту внедрения системы в штатную эксплуатацию. Затем начнется второй этап оснащения аэропортов, охватывающий полем АЗН-В международные воздушные трассы с максимальной плотностью движения. К этому времени должно быть оснащено примерно 30 % отечественного парка воздушных судов, что обеспечит заметные преимущества для авиакомпаний и системы ОрВД России, побуждая авиакомпании к дальнейшему оснащению своих воздушных судов.

В соответствии с принятой концепцией, в России предусматривается подключение к АМСС на основе наземных станций системы Инмарсат, а в дальнейшем — отечественной системы мобильной спутниковой связи. В дальнейшем при экс-

плуатации АМСС спутниковые ЛПД будут использоваться для передачи данных как АЗН, так и для управления воздушным движением.

При общей правильности постановки стратегического курса на интеграцию системы организации воздушного движения Российской Федерации в европейскую аэронавигационную систему на основе внедрения концепции CNS/АТМ ИКАО необходимо все же более взвешенно подходить к выбору конкретных компонентов систем CSN/АТМ для применения в воздушном пространстве РФ. Необходимо учесть накопленный в западных странах опыт, свидетельствующий о том, что даже в условиях наличия большого количества оснащенных бортовыми комплексами АМСС воздушных судов, ее применение для ОВД практически отсутствует. После многих лет, потребовавшихся авиакомпаниям запада на оснащение и дооснащение своих магистральных воздушных судов, доля использования АМСС в интересах ОВД ничтожно мала. Несмотря на отчаянные маркетинговые усилия организации Инмарсат, являющейся эксплуатантом спутникового сегмента, обеспечивающего авиационную подвижную спутниковую связь, многие авиакомпании не спешат тратить свои ресурсы на установку бортовых комплексов АМСС.

У российских эксплуатантов воздушных судов бортовыми комплексами АМСС оборудованы полтора десятка самолетов. Фактически, решения о необходимости массового оснащения воздушных судов системами подвижной спутниковой связи в РФ не принимались. Но уже сейчас до постановки труднейшей задачи оснащения новых и дооснащения существующих ВС станциями АМСС, используя "чужой" опыт, логично задуматься над вопросом: почему, после столь долгого и трудного периода наращивания парка воздушных судов, оснащенных бортовыми системами АМСС, не происходит реального использования этих систем для ОВД?

Опыт внедрения новой технологии CNS/АТМ в эксплуатацию (например, Авиационной мобильной спутниковой связи, комплектов FANS-1 и т.д.) позволяет сделать следующий вывод: из двух существующих вариантов установки оборудования на воздушное судно — путем так называемого "дооснащения" (в английском языке применяется термин "retrofitting") существующего парка воздушных судов и путем органичного вписывания новой технологии во вновь изготавливаемые воздушные суда — наиболее предпочтительным является второй. При этом второй вариант в свою очередь подразделяется на два подварианта: комплексное конструктивно-технологическое вписыва-

ние новой системы в уже разработанное бортовое оборудование существующего типа воздушного судна в процессе его сборки на авиационном заводе; более детальное и органичное конструирование новой системы в составе бортового оборудования нового, перспективного типа ВС.

Основной причиной затруднений является невозможность приостановки полета самолета на продолжительный срок: самолет должен летать и приносить авиакомпании доход. Конечно, можно совместить установку новых систем CNS/АТМ с проведением плановых тяжелых форм регламентного обслуживания, но и в таком случае установка затягивается. Некоторые системы CNS/АТМ (например, оборудование AMS) могут быть установлены только в специализированных центрах установки на новых воздушных судах, которые требуют перегона самолета. Кроме того, возникает масса более мелких — технических проблем, требующих дополнительного инженерного решения. Например, для установки оборудования АМСС на воздушном судне необходимо иметь цифровые бортовые навигационные системы, которые на ВС более раннего поколения отсутствуют. Другой пример: кабина экипажа Як-40 не имеет реального дополнительного пространства, куда можно было бы встроить бортовой дисплей воздушной обстановки, являющийся ключевым элементом функции ADS-B.

Указанные и многие другие организационные и технические проблемы, связанные с попытками дооснащения существующего самолетного парка, переориентировали заинтересованные стороны на Западе на более фундаментальный подход к внедрению новых систем CNS/АТМ на новые воздушные суда, в процессе их сборки на предприятиях-изготовителях. Характерно, что именно такой подход принимается во внимание, например, в комитетах АЕЕС, проводимых под эгидой корпорации ARINC. Здесь на ранних этапах разработки требований к АЗН стали рассматривать их под углом зрения — нужно ли рассматривать систему АЗН как еще один черный ящик на борту воздушного судна, или можно "расписать" функции АЗН уже существующим бортовым системам, например, системам FMS, блоку управления CMU и др. Вопрос отображения информации АЗН также стал рассматриваться в плоскости — нужен ли свой целевой индикатор или такую информацию можно вывести на многофункциональный дисплей? Конечно, при этом возникает масса других вопросов из области эргономики (сколько всего должно быть многофункциональных и других дисплеев, каковы оптимальные размеры дисплеев), взаимодействия "человек — машина" и др. В итоге внедрение систем задерживается, но

по вполне объективным обстоятельствам. Вопросы "законного" характера лучше обсуждать на начальном этапе. Именно здесь можно вовремя принять нужное решение, которое впоследствии может сэкономить много ресурсов взаимодействующим отраслям авиации и воздушного транспорта.

Дата 01.10.2005 г. определяется упомянутым приказом № 80 как дата начала использования в гражданской авиации радиовещательного АЗН в качестве средства контроля за воздушным движением. На момент подготовки приказа предполагалось, что объявление срока начала действия ограничений на полеты в воздушном пространстве России необорудованных системой АЗН-В воздушных судов позволит оснастить к этому сроку практически весь парк гражданских воздушных судов отечественных авиакомпаний. Воздушные суда зарубежных авиакомпаний, осуществляющие полеты в российском воздушном пространстве, также должны будут полностью оснащены оборудованием, соответствующим VDL режима 4JSARPs.

К этому же сроку должен завершиться третий этап оснащения земли оборудованием АЗН-В — создание сплошного поля АЗН-В, эквивалентного или превышающего существующее радиолокационное. Все воздушные суда нового поколения с цифровым бортом оснащаются интегрированным оборудованием АЗН-В. Примером такого оборудования является отечественный комплекс "Брик". Он разрабатывался без привязки к конкретному самолету. Спецвычислитель комплекса "Брик" построен на процессоре Risk 3000 фирмы "Mips" по магистральному принципу на шине VME и имеет: систему команд Risk 3000; емкость оперативного ЗУ - 2 Мбайт; емкость энергонезависимого ЗУ — 2 Мбайт; тактовую частоту процессора — 25 МГц.

Алгоритм функционирования комплекса реализован программно.

Комплекс "Брик" осуществляет обмен данными по каналу "воздух—земля" в протоколе "ACARS" и может быть адаптирован к конкретному объекту (самолету или вертолету) в зависимости от взаимодействующих с ним бортовых систем. При необходимости к нему может быть подключена каналобразующая аппаратура Д КМ В-диапазона и спутниковая станция связи, при условии реализации в них функции обмена данными.

В настоящее время НПП "Полет" (Нижний Новгород) ведет разработку бортовой аппаратуры обмена данными для самолета Ту-324 — "Брик-324". Аппаратура "Брик-324" отличается от комплекса "Брик" конструктивным исполнением. В аппаратуре "Брик-324" вместо блока обмена данными применен модуль обмена данными и модуль модема МЧМ, размещаемые в крей-

те разработки предприятия НИИ АО. Модуль обмена данными представляет собой универсальный вычислительный модуль (УВМ) разработки НИИ АО с собственной операционной системой, ядро которой сертифицировано. УВМ построен по 1-процессорной схеме на основе процессора Intel 486 Dx-4-100 с возможностью замены на разъемосовместимый процессор более высокого класса. Объем памяти оперативного ЗУ — 4 Мбайт, объем памяти энергонезависимого ЗУ — 4 Мбайт, язык программирования — Ada.

Аппаратура "Брик-324" взаимодействует со следующими бортовыми системами:

- двумя вычислительными системами самолетовождения (типа ВСС-95);

- двумя пультами (ВСС-95);

- многоканальной системой сбора и регистрации параметров (МСРП);

- модулем технического обслуживания (МТО);

- бортовым печатающим устройством;

- радиостанцией микроволнового диапазона "Орлан-85";

- спутниковой станцией связи ДМВ-диапазона, работающей в системе Инмарсат (по согласованному протоколу информационного обмена с учетом ARINC-741);

- аппаратурой автоматизированного обмена данными ДКМВ-диапазона;

- комплексным пультом радиотехнических средств КПРТС-95М-1.

Управление аппаратурой "Брик-324" обеспечивается от одного из двух информационных пультов ВСС, сопряженной с бортовыми системами, файловым обменом и ширококвещанием по ARINC 429.

Аппаратура "Брик-324" позволяет реализовать приложение УВД "Связь пилот—диспетчер по линии передачи данных" (CPDLC) и передавать эти сообщения по каналу МВ-диапазона в соответствии с рекомендациями DO-219 и ARINC 622.

Приложение УВД "Автоматическое зависимое наблюдение" на самолете Ту-324 реализуется в ВСС, а аппаратура "Брик-324" осуществляет доставку сообщений АЗН по каналу "воздух—земля" до наземного комплекса.

Применение УВМ позволяет унифицировать устанавливаемые на борту вычислительные средства. На этом же УВМ строятся и ВСС, МТО и ряд других бортовых систем, что дает определенные преимущества. В типовой УВМ записывается соответствующее программное обеспечение и он становится принадлежностью конкретной системы.

Для решения различных организационно-технических вопросов по использованию системы ГЛОНАСС гражданскими потребителями был образован Координационный совет по использованию системы ГЛОНАСС отечественными и зарубежными гражданскими потребителями. Мероприятия, необходимые для внедрения и применения системы ГЛОНАСС в народном хозяйстве определяются и финансируются в рамках Федеральной целевой программы по использованию глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС в интересах гражданских потребителей. Координатором Программы является Минтранс России. В настоящее время в рамках данной Программы разрабатывается нормативная, техническая и эксплуатационная документация, необходимая для использования ГЛОНАСС в гражданской авиации, ведется разработка аппаратуры для гражданских потребителей и др.

Среднеорбитальные глобальные навигационные спутниковые системы ГЛОНАСС (Россия) и GPS (США) разрабатывались с середины 70-х годов как национальные системы двойного (военного и гражданского) применения. Эти системы были предложены международному сообществу правительствами стран-владельцев для использования на безвозмездной основе и в настоящее время являются базой создаваемой под эгидой ИКАО Глобальной навигационной спутниковой системы (GNSS). На данный момент GNSS включает в себя системы GPS и ГЛОНАСС, а также бортовые (ABAS), наземные (GBAS) и космические (SBAS) функциональные дополнения.

Первый запуск навигационного ИСЗ системы ГЛОНАСС был осуществлен в октябре 1982 г. В сентябре 1993 г. система ГЛОНАСС была принята в эксплуатацию в неполном составе. В конце 1995 г. состоялся запуск трех ИСЗ системы ГЛОНАСС, практически завершивший развертывание орбитальной группировки системы. В это время на орбитах находилось 25 навигационных ИСЗ — 24 рабочих и один работающий резервный. Реальные характеристики системы в полной конфигурации оказались даже лучше ожидаемых и по ряду параметров, в частности по точности навигационных определений, система ГЛОНАСС превзошла американскую систему GPS. Однако в течение 1996-1997 гг. в связи с многочисленными отказами спутников и отсутствием финансирования для восполнения орбитальной группировки, произошла резкая деградация спутникового созвездия системы ГЛОНАСС. Одной из причин этого была недостаточная надежность навигационных спутников системы, гарантийный срок которых составлял три года. Очередной запуск трех спутников для восполнения орбитальной группировки си-

стемы ГЛОНАСС состоялся лишь в декабре 1998 г. Предпоследний запуск состоялся в ноябре 2000 г. Все три спутника, выведенные на орбиту, работоспособны и имеют значительный запас по назначенному ресурсу. Очередной запуск состоялся в декабре 2001 г. Он состоял из двух спутников ГЛОНАСС с трехлетним ресурсом и одного спутника ГЛОНАСС с продленным ресурсом до 5 лет. Два обычных спутника ГЛОНАСС уже введены в эксплуатацию, в то время как спутник с продленным ресурсом находится в стадии летных испытаний. План ввода его в эксплуатацию — VI квартал 2002 г.

В настоящее время орбитальная группировка системы ГЛОНАСС включает восемь навигационных спутников. Правительством Российской Федерации утверждена целевая программа по поддержанию и дальнейшему развитию системы. В соответствии с данной программой с 2003 г. начнется запуск модернизированных спутников ГЛОНАСС-М, имеющих гарантийный срок существования 5—7 лет и улучшенные характеристики. До 2004 г. планируются три запуска с помощью ракеты-носителя "Протон". В ходе каждого запуска на орбиту будут выводиться по три спутника, в том числе по одному аппарату ГЛОНАСС-М.

С 2004 г. предполагается начать летные испытания малогабаритного спутника ГЛОНАСС-Ксо сроком активного существования не менее 10 лет. В течение двух лет планируется выполнить четыре запуска с использованием ракет-носителей "Протон" и "Союз-2". "Протон" сможет выводить на орбиту по шесть спутников ГЛОНАСС-К, а "Союз-2" — по два таких аппарата.

Предполагается, что в период 2002—2003 гг. орбитальная группировка системы будет состоять из 11—12 навигационных спутников, в период 2003-2005 г. — 18-20 спутников. Восстановление космической группировки системы ГЛОНАСС в полном составе (24 ИСЗ) ожидается в период 2005—2007 гг.

Использование ГЛОНАСС для навигационных определений в настоящее время невозможно. Самостоятельное применение ГЛОНАСС возможно, если орбитальная группировка будет включать в себя не менее 18 космических аппаратов, при условии комплексирования бортового спутникового приемника с баровысотомером. Предположительно такое использование будет возможно в 2008 г.

График запусков планируется с учетом объемов финансирования на Федеральную целевую программу "Глобальная навигационная сеть". На запуски и поддержание наземной инфраструктуры в течение 2002—2011 гг. предусматривается выделить примерно 9,5 млрд руб.

В ходе проведения международного совещания ВАКР—2000 в мае-июне 2000 г. в г. Стамбуле (Турция) российская сторона добилась сохранения в полном объеме частотного диапазона системы ГЛОНАСС, а также выделения дополнительной частоты для создания третьего навигационного сигнала в системе ГЛОНАСС. Данный сигнал планируется использовать для повышения надежности и точности навигационных определений.

С ноября 2001 г. действует первоначальный пакет Стандартов и рекомендуемой практики (SARPs), разработанный Группой экспертов ИКАО по GNSS, в который включены необходимые данные по аппаратуре потребителей и системе ГЛОНАСС. В настоящее время продолжается работа по подготовке второго пакета SARPs.

Стратегическим направлением применения спутниковой навигации гражданской авиацией России является совместное использование систем ГЛОНАСС и GPS на всех этапах полета и применение локальной DGNSS при полетах в районе аэродрома и посадке воздушного судна, а также для контроля целостности системы GNSS. Эти разработки ведутся в соответствии с имеющимися и разрабатываемыми международными стандартами и рекомендациями ИКАО.

Отечественной промышленностью разработаны, испытаны, сертифицированы и производятся несколько типов комбинированных приемников ГЛОНАСС/GPS, которые устанавливаются на воздушных судах различных типов. В качестве примера можно привести приемоиндикатор ASN-21P, разработанный Российским институтом радионавигации и времени, а также бортовую навигационную аппаратуру, разработанную Российским научно-исследовательским институтом космического приборостроения (Москва), КБ "Навис" и другими российскими организациями.

Проведены все виды испытаний некоторых изделий, разработанных отечественной промышленностью. В результате получены сертификаты годности Авиарегистра МАК на бортовое оборудование российских производителей — СНС-2 (производства МИЭА), НСИ-2000 (производства ЗАО "Лазекс"), СН-3301 (КБ "Навис"), Абрис (ЗАО "Транзас"). Ожидается, что в течение 2002 г. будут получены сертификаты годности еще на 2—3 изделия (СНС-3 производства МИЭА, "Интер-А" и "Интер-А1" производства МКБ "Компас").

Проведены испытания и сертификация опытных образцов наземных контрольно-корректирующих станций систем ГЛОНАСС и GPS, разработанных в России, в частности, станции Локальной контрольно-корректирующей станции ЛККС-А-2000 изготовления фирмы "Спектр".

Стратегия ИКАО по переходу на новые технологии захода на посадку определяется следующим: продлевается срок службы ИЛС на неопределенное время; исключается срок обязательного перехода на МЛС; признается в качестве перспективного средства захода на посадку использование информации от спутниковых систем навигации с расширением, обеспечиваемым наземными средствами GBAS [20]. Такое решение иногда также именуют DGNSS [12]. С учетом таких тезисов, государства-члены ИКАО должны сами определить стратегию перехода на новые средства захода на посадку, руководствуясь в том числе и соображениями экономической целесообразности [24].

В своем большинстве страны поддержали такую концепцию перехода от традиционных средств захода на посадку по ИЛС непосредственно к DGNSS, хотя некоторые страны Западной Европы заявили о необходимости внедрения МЛС в некоторых аэропортах [13]. Такое решение обусловлено тем, что в этих аэропортах использование ИЛС не обеспечивает посадку по II/III категории, а необходимость понижения минимума назрела.

Различные стратегии перехода к новым системам CNS/ATM в аэродромной зоне приведут к необходимости выполнения захода на посадку с использованием различных систем, особенно в переходный период, который может быть продолжительным [14,16].

Согласно принятой концепции RNP для зоны аэродрома определена необходимая точность самолетовождения, которая состоит из точности средств навигации и точности техники пилотирования, при этом вторая составляющая включает в себя допуск, определяемый изготовителем воздушного судна и непосредственно параметр точности, вносимый экипажем.

В Российской Федерации предполагается решать вопросы внедрения заданного RNP для зоны аэродрома совместным использованием спутниковых систем навигации GPS/ГЛОНАСС и локальных станций дифференциальных поправок (принята терминология GBAS; основное назначение GBAS — это категоризованная посадка). Использование таких систем должно обеспечить необходимую точность самолетовождения на этапе захода на посадку. При этом возможны экономически эффективные решения ввода в эксплуатацию спутниковых систем посадки (ССП). Помимо преимуществ чисто экономического характера, такие системы обладают большими потенциалами обеспечения надежных схем подхода и захода на посадку на аэродромах со сложными условиями окружающего ландшафта и

при наличии летных препятствий в непосредственной близости к аэродромной зоне [3].

Спутниковые системы посадки обеспечивают рентабельный подход к проблемам перегрузки по плотности движения в районе аэропорта, шумам воздушного движения и задержкам по метеоусловиям. Выходной сигнал ССП обеспечивает воздушное судно точными навигационными данными для выполнения заходов на посадку по приборам по принципу традиционных инструментальных систем посадки. В то же время ССП позволяют выполнять заходы на посадку по траекториям более сложным, чем обычная предпосадочная прямая. В результате улучшается равномерность потока движения, что способствует повышению безопасности полетов. ССП позволяет сокращать время нахождения воздушного судна на посадочной прямой, что уменьшает шум в районах, прилегающих к траектории захода на посадку.

По своим рабочим характеристикам ССП дают возможность обеспечить поправки к опорным точкам взлетно-посадочных полос в пределах радиуса 20—30 м. миль. Это позволяет осуществлять инструментальный заход на посадку даже на те взлетно-посадочные полосы, где такие процедуры подхода и вылета в настоящее время недоступны в силу того, что по тем или иным причинам они не могут быть оборудованы традиционными системами посадки (ILS/СП). Процедуры подходов с использованием ССП разработаны по типу существующих процедур для аэродромной зоны и захода на посадку по системам ILS/MLS Категории I.

В условиях ППП заход на посадку по процедурам Категории I с использованием ССП привлекателен тем, что он позволяет оборудованным воздушным судам заходить на посадку по более низким минимумам, чем при использовании сигналов только от GPS с вертикальным наведением, но без системы дополнения. В целом, использование ССП с дифференциальными поправками не только повышает производительность аэропорта, их использование способствует повышению безопасности полетов.

В России проводились практические работы по проведению комплексных исследований системы GNSS с целью обеспечения некатегорированных заходов на посадку (NPA) с использованием спутниковой навигационной аппаратуры в аэропорту г. Самара. Для этого были определены требования к бортовой аппаратуре авиационных потребителей при выполнении предпосадочного маневрирования и некатегорированного захода на посадку, разработаны схемы некатегорированного захода на посадку. Экспериментальные полеты проводились с участием авиакомпаний "Люфтганза" и "Самарские авиалинии". Прове-

дена опытная эксплуатация воздушных судов Ту-154М авиакомпании "Самарские авиалинии" при выполнении некатегорированного захода на посадку по бортовой системе GNSS в аэропорту г. Самара и разработаны предложения по внедрению схем захода на посадку по данному методу на международных аэродромах России. На основании проведенных работ издано распоряжение Минтранса России от 25.01.2002 г. № НА-36-р "О введении в действие технических требований по обеспечению и выполнению процедур некатегорированного захода на посадку методом зональной навигации по спутниковой навигационной системе".

В продолжение этой работы проводятся исследования критериев построения схем некатегорированного захода на посадку по бортовой системе GNSS с использованием барометрической вертикальной навигации.

Летные испытания Локальной контрольно-корректирующей станции ЛККС-А—2000 проводились в Летно-исследовательском институте им. М.М. Громова, в районе одного из подмосковных аэродромов, на самолетах-лабораториях Як-18Т и Ил-76МД, оборудованных бортовым экспериментальным комплексом самолетовождения на базе спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/GPS. Цель испытаний — проверка соответствия ЛККС-А-2000 Сертификационным требованиям выполнения захода на посадку по I категории ИКАО (RNP 0.02/40) и оценка в целом точностных характеристик режима захода на посадку по информации спутниковых навигационных систем с использованием наземной контрольно-корректирующей станции ЛККС-А-2000.

Для обеспечения летных испытаний ЛККС-А—2000 на летающих лабораториях было установлено следующее оборудование:

- приемник СНС с авиационной антенной;

- бортовой спецвычислитель;

- ЖКИ-экран';

- цифровая линия передачи данных в составе модема, радиостанции "Л" ОВЧ(УКВ) диапазона и антенно-фидерного устройства;

- устройство регистрации выходных данных приемника СНС (дифференциальных координат и "сырой" информации) и параметров движения самолета.

ЛККС-А-2000 была установлена в лабораторном корпусе,

Производство фирмы "Sharp".

при этом антенны станции устанавливались на крыше корпуса в точках, координаты которых известны с высокой геодезической точностью. В процессе испытаний выполнялись заходы на посадку до высоты 50 м при пилотировании по планкам положения и в директорном режиме по индикации, сформированной с помощью специального программного обеспечения и отображаемой на ЖКИ -экране.

Постановление Правительства РФ (№ 683 от 24.09.2001 г.) одобрило согласованную с Министерством обороны РФ инициативу Минтранса России об организации применения в порядке опытной эксплуатации сокращенных минимумов вертикального эшелонирования (RVSM) в воздушном пространстве РФ, в соответствии с требованиями Международной организации гражданской авиации — ИКАО. Согласно разработанному плану, новое вертикальное эшелонирование с интервалом 300 м вводится в диапазоне высот 8100—12 100 м (т.е. 290—410 эшелонов) в порядке опытной эксплуатации на международных воздушных трассах в Калининградском районе и над акваторией Черного моря Ростовской зоны Единой системы организации ВД. Результаты опытной эксплуатации должны определить возможности внедрения указанных интервалов в воздушном пространстве РФ. Внедрение такой технологии повысит эффективность использования ВП РФ.

Наличие мощной отраслевой науки в России накладывает повышенную ответственность на деятельность по внедрению систем CNS/ATM. Задача продолжения стратегии развития гражданской авиации актуальна еще и в силу того, что в России выдерживается принципиальный курс на сохранение национального воздушного флота, традиционных методов управления воздушным движением и специфики национального развития сопутствующих отраслей в инфраструктуре связи и транспорта. Курс на интеграцию России в международное сообщество в отрасли гражданской авиации начат давно, он не должен означать полный отказ от хороших решений, найденных и проверенных на практике в гражданской авиации России. Положительные национальные решения могли бы стать международной нормой в определенных аспектах деятельности гражданской авиации.

1. Автоматическое зависимое наблюдение - радиовещательное на базе УКВ линии передачи данных режима 4: Информ. док., Версия 2.0. М., 1998. - Пс.
2. ЕС решило судьбу Галилео // Воздушный Флот. 2002. № 11 (33).
3. Оценка эффективности внедрения RNP на этапах захода на посадку и вылета: Отчет о НИР "Разработка методов повышения эффективности полетов по DGNSS на базе RNP для зоны аэродрома". — М., 1996.
4. Руководство по применению линий передачи данных в цепях обслуживания воздушного движения: Doc/ 9694-AN/995. - Монреаль, 1999.10 с.
5. Сегодня - AFTN, завтра - ATN / Е.Л. Кожухарь, О.Г. Кротов, В.Н. Докучаев и др.//Мир связи. 1998. № 2.
6. Технико-экономическое исследование открытия кроссполярных маршрутов: Итоговый отчет ГосНИИ "Аэронавигация". — ЖТА, Nav Canada; p М., 2000.13 с.
7. ATC simulation delegated airborne separation: Report / OPL/NKP-WGA-IP/L-Berlin, 2000. 14 с.
8. Boeing concerns Regarding ATN SARPS: letter to ICAO. - Montreal, 1996. 12 с.
9. Comparative Analysis of Regional Developments in Air Navigation Systems: Joint International Oceanic and Global Navcom Conference & Exhibition - Banff, Canada, 15-17 MAY 2002.
10. Definition of operational case studies: Eurocontrol ADS Programme. - Brussels, 2000. - 9 p.
11. Eurocontrol ADS Workshop. - Spain, 8-10 November 1999. 5 p.
12. Investment and training needs among key challenges facing developing countries, by Dr. Assad Kotaite // ICAO Journal. Vol. 48, № 2.
13. NVP application: A-SMGCS Paris Charles de Gaulle / SOF NUP WP2-04-0.2. - Paris, 2000. 8 p.
14. RTCA/DO-217 Minimum Aviation System Performance Standards DGNSS Instrument Approach System: Special Category I (SCAT-I) / RTCA, April 1995 with Change II of November 15, 1996.
15. Silent running, by Rob Mead / Flight Deck International, February 2001.
16. The Development of VDL Mode 4 Aircraft architecture. - London, 1999. 2 P-
17. The European project on radio navigation by satellite, European Commission Directorate-General Energy and Transport: Information note, 26 March 2002.
18. The North European automatic dependent surveillance-broadcast (ADS-B) Network project (NEAN) / ADSP/5-WP/14. - Montreal. 1999.3 p.
19. The North European CNS/ATM application project (NEAP) / ADSP/5-WP/15. - Montreal, 1999. 4 p.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список использованных сокращений	3
От авторов.....	21
Предисловие	22
<i>Глава 1. Связь</i>	
1. Термины и определения	31
2. Место авиационной электросвязи в развертывании системы CSN/ATM	66
3. Недостатки существующей системы авиационной электросвязи	89
4. Системы авиационной подвижной электросвязи	94
5. Особенности организации спутниковой радиосвязи в системе CNS/ATM	104
1.6. Глобальная сеть авиационной цифровой электросвязи ATN	116
1.7. Технические аспекты реализации сети ATN	128
1.8. Роль, состояние и направления развития авиационной электро связи в современных условиях организации воздушного движения	134
1.9. Преимущества от внедрения электросвязного фрагмента системы CNS/ATM.....	142
Список использованной литературы	143
<i>Глава 2. Навигация</i>	
2.1. Термины и определения	148
2.2. Общие сведения	155
2.3. Сведения о спутниковых навигационных системах	156
2.4. Основные принципы определения навигационных параметров воздушного судна с помощью спутниковых навигационных систем.....	162
2.5. Эксплуатационные характеристики GNSS.....	169
2.6. Функциональные дополнения GNSS.....	175
2.7. Концепция метода зональной навигации и применение требуемых навигационных характеристик	187
2.8. Производство полетов в условиях требуемых навигационных характеристик по маршруту	195
Список использованной литературы	218
<i>Глава 3. Наблюдение</i>	
3.1. Термины и определения	220
3.2. Роль наблюдения в системе CNS/ATM.....	221
3.3. Недостатки существующей системы наблюдения	234
3.4. Характеристика функции наблюдения, реализуемой в системе CNS/ATM	243

3.5. Наблюдение с помощью вторичного обзорного радиолокатора с режимом S	255
3.6. Автоматическое зависимое наблюдение	265
3.7. Широковещательное ADC типа ADS-B	275
3.8. Системы наблюдения, предупреждающие возникновение опасных ситуаций	283
3.9. Системы наблюдения, участвующие в обеспечении посадки воздушного судна.....	301
3.10. Системы наблюдения за действиями в аэропортах	312
3.11. Преимущества использования планируемой системы наблюдения	321
Список использованной литературы	324

Глава 4. Организация воздушного движения

4.1. Термины и определения	329
4.2. Цели системы ATM	330
4.3. Обслуживание воздушного движения	331
4.4. Организация воздушного пространства	334
4.5. Организация потоков воздушного движения	339
4.6. Влияние зональной навигации на элементы организации воздушного движения	346
4.7. Особенности организации воздушного движения при внедрении RVSM.....	352
4.8. Организация параллельных маршрутов в системе ATM	364
4.9. Анализ и оценка существующей системы ATM	368
Список использованной литературы	371

Глава 5. Внедрение систем CNS/ATM

5.1. Аспекты и факты внедрения	372
5.2. Внедрение систем в России.....	389
Список использованной литературы	413

Производственно-практическое издание

**Концепция и системы CNS/ATM в
гражданской авиации**

Бочкарев Виктор Васильевич, Кравцов
Валерий Федорович Крыжановский
Георгий Алексеевич, Кузьмин Борис
Иванович, Липин Анатолий
Владимирович, Лобачев Евгений
Николаевич, Сарычев Валентин
Александрович, Сухих Николай
Николаевич

Редактор *Н. В. Пичуж* Художник *А. С. Скороход*
Дизайн обложки *О.Ю. Ильина* Технический
редактор *А.Л. Шелученко* Компьютерный дизайн
и верстка *С.Н. Баронина* Корректор *В. Т. Агеева*

ИД №04284 от 15.03.2001

Подписано в печать 08.05.2003. Формат 60 x 90"/6
Гарнитура NewtonС. Печать офсетная. Усл. печ. л. 26,0
Тираж 1000 экз. Тип. зак. 3286.

Международная академическая издательская
компания «Наука/Интерпериодика»

Издательско-книготорговый центр «Академкнига»
117997, ГМП-7, Москва, Профсоюзная ул., 90 E-mail:
bookman@maik.ru, web-site: <http://www.maik.ru>

По вопросам поставок обращаться в отдел
реализации ИКЦ «Академкнига» Тел./факс:
(095) 334-73-18 E-mail: bookreal@maik.ru.

ОАО «Ивановская областная типография».
153008, г. Иваново, ул. Типографская, 6. E-
mail: 091-018@adminet.ivanovo.ru

ISBN 5-94628-087-2



9 785946 280877