

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ А.Р.БЕРУНИ
А В И А Ц И О Н Н Ы Й Ф А К У Л Ь Т Е Т
КАФЕДРА: «УПРАВЛЕНИЕ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ»**

Допустить к защите в ГЭК
Зав.кафедрой «УВД»
к.т.н., доц. Эшмурадов Д.Э.

« ____ » _____ 2015 г.

Направление : 5620200 – «Управление воздушным движением»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(п о я с н и т е л ь н а я з а п и с к а)

Тема: «Применение глобальной навигационной системы в ОВД»

Выполнил:

Ст-т. гр.132-11 «УВД»
Абсаитов Абдулла Абсаматович

Руководитель:

Зав. каф. «УВД» к.т.н., доц. Д.Э.
Эшмурадов

Рецензент:

Ташкент – 2015

Список использованных сокращений	2	
Введение	8	
ГЛАВА 1. КОНЦЕПЦИЯ ИКАО CNS/ATM		
1.2. Общие сведения о концепции.....	11	
1.3. Существующая аэронавигационная система и ее основные недостатки.....	11	
1.4. Будущая аэронавигационная система и мероприятия ИКАО по построению систем CNS/ATM.....	20	
1.4.1. Развитие подсистемы связи.....	20	
1.4.2. Развитие подсистемы навигации.....	28	
1.4.3. Развитие подсистемы наблюдения.....	32	
1.4.4. Совершенствование ОрВД.....	37	
ГЛАВА 2. ОБСЛУЖИВАНИЕ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ		
2.1. Принципы навигационных измерений с помощью ИСЗ.....	40	
2.2. Спутниковая радионавигационная система GPS.....	41	
2.3. Спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС.....	46	
2.4. Совместное использование ГЛОНАСС и GPS.....	52	
2.5. Режим автоматического зависимого наблюдения.....	54	
ГЛАВА 3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ		57
3.1. Заработная плата диспетчеров УВД	57	
3.2. Заработная плата руководителя полетов	58	
ГЛАВА 4. ОХРАНА ТРУДА		61
4.1. Требования безопасности по охране труда для специалистов УВД Ташкентского Центра АС УВД	62	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		65
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ		67

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АДП	Аэродромный диспетчерский пункт
АДЦ	Аэродромный диспетчерский центр
АИП	Сборника аэронавигационной информации
АМСГ	Авиационная метеорологическая станция (гражданская)
АМЦ	Авиационный метеорологический центр
АНЗ	Аэронавигационный запас топлива
АНИ	Аэронавигационная информация
АОН	Авиация общего назначения
АСК	Аварийно - спасательная команда
АСР	Аварийно - спасательные работы
АСС	Аварийно - спасательная станция
АС УВД	Автоматизированная система УВД
АТБ	Авиационно - техническая база
АР	Авиационные работы
АУ	Аэродромный узел
АХР	Авиационно - химические работы
АЦ УВД	Аэродромный центр УВД
БАИ	Бюро аэронавигационной информации
БПРМ	Ближняя приводная радиостанция с радиомаркером
БСПС	Бортовая система предупреждения столкновений
ВВС	Военно - воздушные силы
ВВПЗ	Высота визуального прерванного захода
ВДПП	Вспомогательный диспетчерский пункт подхода
ВЗЦ ЕС УВД	Вспомогательный зональный центр ЕС УВД
ВЗП	Визуальный заход на посадку
ВК РУз	Воздушный кодекс Республики Узбекистан
ВКК	Высшая квалификационная комиссия
ВЛЭК	Врачебно - летная экспертная комиссия
ВМДП	Вспомогательный местный диспетчерский пункт

ВМУ	Визуальные метеорологические условия
ВНГО	Высота нижней границы облаков
ВПП	Взлетно - посадочная полоса
ВПр	Высота принятия решения
ВРЛ	Вторичный радиолокатор
ВОРЛ	Вторичный обзорный радиолокатор
ВРЦ ЕС УВД	Вспомогательный районный центр ЕС УВД с правом (ВРЦ УВД) самостоятельного УВД или информации РЦ и (или) экипажей воздушных судов
ВРЦ ЕС УИВП	Вспомогательный районный центр ЕС УИВП (ВРЦ УИВП)
ВС	Воздушное судно
ВСДП	Вспомогательный стартовый диспетчерский пункт
ВС РЦ ЕС УВД	Военный сектор районного центра ЕС УВД
ВС РЦ ЕС УИВП	Военный сектор районного центра ЕС УИВП
ВТ	Воздушная трасса
ГА	Гражданская авиация
ГВПП	Грунтовая ВПП
ГДПП	Главный диспетчерский пункт подхода
ГосНИИ	ГА Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации
ГСМ	Горюче - смазочные материалы
ГС ГЦ ЕС УВД	Гражданский сектор главного центра ЕС УВД
ГС ГЦ ЕС УИВП	Гражданский сектор главного центра ЕС УИВП
ГС РЦ ЕС УВД	Гражданский сектор районного центра ЕС УВД
ГС РЦ ЕС УИВП	Гражданский сектор районного центра ЕС УИВП
ГЦ ЕС УВД	Главный центр ЕС УВД
ДПК	Диспетчерский пункт круга
ДПК МВЛ	Диспетчерский пункт круга МВЛ
ДПП	Диспетчерский пункт подхода

ДПР	Диспетчерский пункт руления
ДПРМ	Дальняя приводная радиостанция с маркером
ДПС	Диспетчерский пункт системы посадки (в аэропортах, где ПДП и ДПК совмещены)
ЕС УВД	Единая система управления воздушным движением (в СНГ)
ЕС УИВП	Единая система управления использования воздушного пространства (в Республике Узбекистан)
ЗЦ ЕС УВД	Зональный центр ЕС УВД
ИАС	Инженерно-авиационная служба
ИВП	ВПП с искусственным покрытием
ИПП	Инструкция по производству полетов в районе аэродрома (аэроузла)
КВ	Короткие волны
КДП	Командно-диспетчерский пункт
КДП МВЛ	Командно-диспетчерский пункт местных воздушных линий
КТА	Контрольная точка аэродрома
ЛМО	Летно-методический отдел
ЛИП	Летно-испытательное подразделение
ЛЭП	Линия электропередачи
МБВ	Минимальная безопасная высота
МБУ	Морская буровая установка
МВК ЕС УВД	Межведомственная комиссия ЕС УВД
МВЛ	Местная воздушная линия
МВС	Минимальная высота снижения
МДП	Местный диспетчерский
МСС	Медико-санитарная служба
МСЧ	Медико-санитарная часть
НГЭА	Нормы годности эксплуатации аэродромов
НМО ГА	Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации

НОТАМ	Извещение пилотам о состоянии аэродромов, радиотехнических средствах, системах посадки и т.д.
НТЭРАТ ГА	Наставление по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники в гражданской авиации
ОВД	Обслуживание воздушного движения
ОДВС	Организация движения воздушных судов
ОВИ	Огни высокой интенсивности
ОЛС	Очень легкий самолет
ОМИ	Огни малой интенсивности
ОПРС	Отдельная приводная радиостанция
ОСП	Оборудование системы посадки
"ПАН"	Сигнал срочности
ПВО	Противовоздушная оборона
ПВП	Правила визуальных полетов
ПДО	Производственно-диспетчерский отдел
ПДП	Пункт диспетчера посадки
ПДСП	Производственно-диспетчерская служба предприятия
ПДСА	Производственно-диспетчерская служба авиакомпании
ПОД	Пункт обязательных донесений
ППГЭА	Правила полета в гражданской и экспериментальной авиации
ППЛС	Программа подготовки летного состава
ППП	Правила полетов по приборам
ПРД	Посадочный радиолокатор
РВЦ УВД	Район вспомогательного центра УВД
РВЦ УИВП	Район вспомогательного центра УИВП
RVR	Дальность видимости на ВПП
РД	Рулежная дорожка
РДЦ	Районный диспетчерский центр
РЛЭ ВС	Руководство по летной эксплуатации воздушного судна
(MOM, FCOM)	

РМДП	Район местного диспетчерского пункта
РМС	Радиомаячная система посадки
РНТ	Радионавигационная точка
РОЛР ГА	Руководство по организации летной работы в ГА
РПА	Руководитель полетов на аэродроме
RPL	Повторяющийся план полета
РП АДЦ	Руководитель полетов аэродромного диспетчерского центра
РПИП	Руководство по производству испытательных полетов
РПР	Руководитель полетов в районе УВД
РСБН	Радиотехническая система ближней навигации
РСДН	Радиотехническая система дальней навигации
РСП	Радиолокационная система посадки
РТО	Радиотехническое оборудование
РТС	Радиотехнические средства
РУВД	Район управления воздушным движением
РЦ	Районный центр УВД
РЦ ЕС УВД	Районный центр ЕС УВД
РЦ ЕС УИВП	Районный центр ЕС УИВП
САИ	Служба аэронавигационной информации
САР	Специальные авиационные работы
СДП	Стартовый диспетчерский пункт
СВС	Сверхлегкое воздушное судно
СОПГП	Служба организации почтово-грузовых перевозок
СОПП	Служба организации пассажирских перевозок
СПУ	Самолетное переговорное устройство
ТА	Транспортная авиация
ТВГ	Точка входа в глиссаду
УВД	Управление воздушным движением
УИВП	Управление использованием воздушного пространства
УКВ	Ультракоротковолновый

УЦ	Учебный центр
УТЦ	Учебно - тренировочный центр
ЦАИ	Центраэронавигационной информации
ЦВЛЭК	Центральная врачебно-летная экспертная комиссия
ЦУАН	Центр управления аэронавигации
ЬЬ	Международный сигнал срочности
ЭРТОС	Эксплуатация радиотехнического оборудования и связи
ЭСП	Эксплуатационный справочник пилота
QNH	Атмосферное давление на аэродроме, приведенное к среднему уровню моря, выраженное в мм.рт.ст или в Мбар
QFE	Атмосферное давление на уровне аэродрома (или на уровне порога ВПП) в мм.рт.ст или в Мбар
QNE	Атмосферное давление, соответствующее уровню 760 мм.рт.ст(1013,2 Мбар)

ВВЕДЕНИЕ

Существующие и разрабатываемые средства навигации и управления воздушного движения (УВД), основанные на традиционных принципах, имеют ряд существенных ограничений. Средства наблюдения, представляющие собой первичные и вторичные радиолокационные станции (РЛС) наземного базирования, имеют дальность действия, ограниченную прямой видимостью, и, как следствие, возникают трудности создания необходимого радиолокационного поля, особенно на малых высотах. Нарастание зон обслуживания автоматизированных систем (АС) УВД сопровождается установкой дополнительных радиолокационных позиций (РЛП), что затруднительно в экономическом плане.

Средняя квадратическая погрешность измерения местоположения воздушного судна (ВС) на максимальной дальности составляет сотни метров, что не удовлетворяет современным требованиям УВД при введении новых норм эшелонирования. Помехоустойчивость РЛС к пассивным, промышленным и взаимным помехам с ростом интенсивности воздушного движения (ИВД) и увеличением числа близко расположенных РЛП падает. По этим причинам Международная организация гражданской авиации (ИКАО) сформулировала концепцию CNS/ATM (Communication, Navigation, Surveillance/AirTrafficManagement - связь, навигация, наблюдение (СНН)/организация воздушного движения (ОрВД)), которая формулирует необходимость внедрения в регулярную практику полетов гражданской авиации спутниковых систем навигации.

Применение спутниковых систем для создания поля наблюдения в значительной степени избавляет от перечисленных выше трудностей и дает следующие преимущества:

- возможность создания поля наблюдения в заданном регионе путем соответствующего выбора конфигурации орбит и количества ИСЗ;

- сведение к минимуму влияния условий распространения радиоволн на характеристики каналов наблюдения за счет использования дециметровых и сантиметровых диапазонов длин волн;

- возможность выбора организационной структуры УВД, оптимальной по заданным критериям для выполнения целевых задач;

- возможность повышения точности наблюдения практически на любых высотах полета ВС за счет использования дальномерного и разностно-дальномерного методов.

Учитывая сказанное, для решения задач гражданской авиации (Г А) всего мира широко внедряются и используются спутниковые радионавигационные системы (СРНС).

Общими качественными требованиями со стороны потребителей к СРНС являются: глобальность; независимость от гидрометеорологических условий; от подстилающей поверхности и рельефа местности; от времени года и суток; непрерывность передаваемой информации; неограниченная пропускная способность каналов передачи информации; практическая независимость от высоты размещения объекта над поверхностью Земли и от условий его движения; помехозащищенность и др.

Однако использование СРНС в целях местоопределения и навигации ВС ГА выдвигает более высокие количественные требования, вытекающие из необходимости обеспечения безопасности полетов, что, по рекомендациям ИКАО, является сегодня основной задачей ГА при выполнении полетов.

Таковыми являются требования к точностным характеристикам, например, к среднеквадратическим ошибкам (СКО) определения навигационных параметров и к показателям надежности навигационного обеспечения.

Под последними понимаются требования:

- доступности (готовности), мерой которой является вероятность работоспособности СРНС перед и в процессе выполнения той или иной задачи;

- целостности, мерой которой является вероятность выявления отказа самой системы в течение времени, равного или менее заданного;

-непрерывности обслуживания, мерой которой служит вероятность работоспособности системы в течение наиболее ответственных отрезков времени движения ВС.

Требования к навигационному обеспечению полетов ГА сформулированы в соответствующих документах ИКАО и определяются в первую очередь необходимостью обеспечения безопасности полетов ВС в условиях сложившейся структуры деления воздушного пространства. При этом рассматриваются различные этапы полета, такие как полеты по трассам и вне трасс, в аэродромной зоне, взлет, заход на посадку, посадка, пробег по ВПП (взлетно-посадочная полоса) и руление.

ГЛАВА 1. КОНЦЕПЦИЯ ИКАО CNS/АТМ

1.1. Общие сведения о концепции

В начале 1980-х годов ИКАО признала обостряющиеся ограничения существующих систем аэронавигации и необходимость их совершенствования для удовлетворения потребностей гражданской авиации в XXI веке. Образованный с этой целью специальный комитет, получивший в последующем название комитета FANS (Future Air Navigation System - перспективная аэронавигационная система) - этап I, в своей работе исходил из следующих основных положений:

- во всех регионах мира будет отмечаться увеличение потребности в воздушном движении и в ряде регионов, по истечению определенного времени интенсивность воздушного движения будет превышать уровень, который существующая система в состоянии обеспечить. Этот фактор совместно с мерами по защите окружающей среды будет накладывать все более жесткие ограничения на производство полетов и может привести к серьезным экономическим последствиям;

- решить эту проблему путем простого расширения существующей системы не представляется возможным в силу ограниченных возможностей подсистем связи, навигации и наблюдения по дальности действия, внедрению и эксплуатации в труднодоступных районах, пропускной способности и/или точности и надежности;

- практическое применение в гражданской авиации имеющихся новых средств и технологий является единственной возможностью преодолеть имеющиеся трудности и удовлетворить потребности в следующем столетии;

- внедрение новых технических средств, многие из которых являются глобальными по своему характеру, будет происходить в различных регионах мира в разное время. Поэтому необходимо проводить согласованную политику и осуществлять переход к новой системе таким образом, чтобы соответствующий уровень ОрВД гарантировался во всем мировом

воздушном пространстве, независимо от состояния внедрения в различных районах полетной информации (РПИ).

В процессе формирования новой концепции CNS/ATM комитет исходил из того, что новая система CNS должна обеспечивать:

- связь, навигацию и наблюдение в глобальном масштабе на всех высотах полета (от самых малых до самых больших) и в любых районах (включая удаленные, прибрежные и океанические);

- обмен данными по каналам цифровой связи “воздух - земля” между бортовыми и наземными комплексами в целях максимального использования преимуществ автоматизации;

- навигационное обслуживание и заходы на посадку на ВПП и другие посадочные полосы, которые практически нецелесообразно оборудовать средствами для точного захода на посадку.

В мае 1988 года комитет FANS - этап I завершил свою работу, разработав концепцию систем С№, основанную на использовании спутников, линий передачи данных и автоматических систем. Одновременно Совету ИКАО было рекомендовано в срочном порядке создать новый комитет (FANS - этап II) для подготовки рекомендаций по контролю и координации разработки, а также планированию перехода к будущей системе на рентабельной основе с учетом интересов конкретных географических районов.

В сентябре 1991 года на десятой аэронавигационной конференции государства-члены ИКАО одобрили концепцию CNS/ATM, реализация которой позволит гражданской авиации преодолеть во всемирном масштабе известные недостатки существующей системы и воспользоваться преимуществами новейших технологий для обеспечения прогнозируемого развития авиации в XXI веке.

Образованный в июле 1989 г. комитет FANS - этап II завершил свою работу в октябре 1993 г., разработав скоординированный на глобальном уровне план перехода к системам CNS/ATM. В 1996 году Совет ИКАО

принял решение пересмотреть данный план в направлении его конкретизации с учетом практического уровня готовности отдельных элементов CNS/ATM, акцентирования деятельности на внедрение в регионах, а также рассматривать глобальный план как “живой документ”, совершенствуемый и обновляемый в соответствии с установленной процедурой.

Для обеспечения внедрения систем CNS/ATM требовался план действий. Первоначальные усилия в этом направлении завершились разработкой ИКАО скоординированного на глобальном уровне плана перехода к системам CNS/ATM (Глобальный координированный план). В 1996 г. Совет ИКАО пришел к выводу, что системы CNS/ATM достигли требуемого уровня готовности, и в этой связи необходим более конкретный план, который охватывал бы все направления деятельности и возможные технические решения, делая акцент на внедрение в регионах. С учетом этого ИКАО пересмотрела Глобальный координированный план, подходя к нему как к «живому» документу, включающему технические, эксплуатационные, экономические, экологические, финансовые, правовые и организационные элементы и обеспечивающему также практические указания и рекомендации группам регионального планирования и государствам в отношении стратегий внедрения и финансирования. В результате был подготовлен пересмотренный материал, именуемый «Глобальный аэронавигационный план применительно к системам CNS/ATM» (Глобальный план, Дос 9750), который является стратегическим документом для руководства в процессе внедрения систем CNS/ATM.

За годы, прошедшие после завершения работы комитетов FANS, в ряде государств и во всех регионах ИКАО было начато осуществление программ внедрения систем ОрВД, призванных повысить эффективность деятельности авиации посредством использования технологий CNS/ATM. Однако позднее было признано, что технология не является самоцелью и что необходимо создать всеобъемлющую концепцию единой и глобальной системы ОрВД,

основанной на четко сформулированных эксплуатационных требованиях. Эта концепция, в свою очередь, послужит фундаментом для скоординированного внедрения технологий CNS/ATM на основе четко определенных требований. Разработку этой концепции поручили учрежденной Аэронавигационной комиссией ИКАО Группе экспертов по эксплуатационной концепции организации воздушного движения.

В сентябре-октябре 2003 г. состоялась одиннадцатая Аэронавигационная конференция, на которой был отмечен существенный прогресс во многих аспектах внедрения систем CNS/ATM и рассмотрены конкретные элементы обновленного подхода к организации воздушного движения с учетом развития технологии CNS.

Итогом работы конференции явилось принятие «Глобальной эксплуатационной концепции организации воздушного движения».

Эксплуатационная концепция, предназначенная для использования в качестве руководства при внедрении технологий CNS/ATM, содержит описание того, как авиационному сообществу переходить от структур управления воздушным движением, характерных для XX века, к интегрированной кооперативной системе организации воздушного движения, необходимой для удовлетворения потребностей авиации в XXI столетии. Эту работу следует рассматривать как очередной этап в процессе эволюции, началом которого стала концепция FANS, а целью является создание единой глобальной системы ОрВД.

1.2. Существующая аэронавигационная система и ее основные недостатки

Краткое описание существующей аэронавигационной системы и её основных недостатков приведем применительно к области связи, навигации и наблюдения, а также обслуживания воздушного движения.

Связь. В настоящее время доминирующим видом связи “воздух - земля” между экипажем ВС и диспетчером является речевая связь.

Использование приемопередатчиков в диапазоне очень высоких частот (ОВЧ) обеспечивает радиосвязь непосредственно между пилотом и органом УВД в пределах прямой видимости. Для связи в РПИ вне зоны действия ОВЧ - средств используются радиостанции, работающие в диапазоне высоких частот (ВЧ). При этом связь в этом диапазоне ведется диспетчером через оператора радиобюро. Соседние органы УВД взаимодействуют между собой по арендуемым телефонным каналам (тональной частоты), благодаря чему обеспечивается прямая речевая связь между диспетчерами в процессе согласования условий полета и осуществления процедуры приемо-передачи управления. Органы УВД, другие авиационные полномочные органы и многие авиакомпании связаны между собой сетью авиационной фиксированной электросвязи (AFTN-AeronauticalFixedTelecommunicationNetwork), обеспечивающей передачу ориентированных на знаки сообщений (телеграмм), а в некоторых случаях - линиями общей сети обмена данными ИКАО (CIDIN-Common ICAO DataInterchangeNetwork).

Основной недостаток существующей подсистемы связи “воздух - земля” заключается в том, что обмен информацией между ВС и органом УВД в основном ведется по каналам речевой связи без организации автоматизированного (автоматического) обмена данными между бортовым и наземным оборудованием. При этом пропускная способность таких каналов ограничена скоростью произношения речевых сообщений, языковыми особенностями каждого человека и необходимостью повторения сообщений в случае возникновения неблагоприятных условий прохождения сигнала или воздействия помех. По мере увеличения объема воздушного движения каналы речевой связи все больше перегружаются, что обуславливает необходимость выделения дополнительных каналов. По этой же причине в ходе полета по маршруту экипаж вынужден часто менять частоту настройки, что ведет к увеличению рабочей нагрузки по ведению связи.

Другие недостатки существующей подсистемы связаны с дальностью действия в диапазоне ОВЧ, ограниченной зоной прямой видимости. Устранение этого недостатка можно обеспечить путем использования территориально-распределенной сети ОВЧ - станций (наземных ретрансляторов), связанных с органом УВД арендованными каналами связи. Однако в результате этого значительно увеличиваются расходы на организацию и эксплуатацию такой сети связи. Кроме того, в ряде случаев установка наземных ретрансляторов может быть затруднена или невозможна. Связь в диапазоне ВЧ подвержена аномалиям распространения волн, помехам и затуханиям сигнала. Вследствие этих физических ограничений воздушная радиосвязь в этом диапазоне ведется с помощью специально подготовленных радиооператоров, что значительно снижает своевременность доведения сообщений.

В наземном сегменте подсистемы связи при использовании сети AFTN на конечном этапе доведения сообщений обеспечивается только низкоскоростная передача с использованием телетайпов. При этом некоторые центры коммутации сообщений по-прежнему работают в ручном режиме. Все это задерживает обмен авиационной информацией и приводит к снижению качества ОрВД.

Навигация. Навигация над сушей в основном осуществляется по ненаправленным радиомаякам в рамках структуры маршрутов, охваченных зоной действия всенаправленных ОВЧ-радиомаяков (VOR-VeryHighFrequencyOmnidirectionalRange) и дальномерного оборудования (DME-DistanceMeasuringEquipment), а также станций радиотехнических систем ближней навигации (РСБН) в Европейском регионе ИКАО. Дальняя навигация обеспечивается с помощью таких систем, как OMEGA, LORAN-C, или автономных навигационных систем, таких как инерциальные навигационные системы (ИНС).

При использовании всенаправленных маяков диапазона ВЧ вследствие условий распространения волн возникают такие же помехи, как и при работе

ВЧ радиосвязи. Поэтому точность навигации в этом случае и зона действия ограничены. Хотя при передаче сигналов VOR/DME и/или РСБН не возникает особых помех, тем не менее, обеспечить ближнюю навигацию во всем требуемом объеме воздушного пространства не всегда удастся по причине географических или экономических ограничений, так как эти средства работают в зоне прямой видимости.

Кроме того, сам принцип самолетовождения, основанный на маркировании определенных наземных точек и привязке воздушных трасс к местоположению навигационных средств в этих точках, ограничивает возможности выбора маршрутов движения и вызывает появление чрезмерно перегруженных областей воздушного пространства.

Наблюдение. Применение в конкретном воздушном пространстве тех или иных процедур ОВД в огромной степени зависит от методов наблюдения. Как правило, в континентальных и прибрежных районах для наблюдения применяются первичные и вторичные радиолокаторы (БРЛ), а в океанических и удаленных районах с этой целью используются донесения, передаваемые по каналам речевой связи согласно установленным правилам. Основным недостатком подсистемы наблюдения связан с ограниченной дальностью действия первичного и вторичного радиолокаторов и аналогичен вышеописанному для организации ОВЧ - связи с ВС.

Обслуживание воздушного движения (ОВД). Цель ОВД заключается в обеспечении соблюдения эксплуатантами ВС установленного графика убытия и прибытия ВС и выбора наиболее предпочтительных для них профилей полета с минимальными ограничениями при сохранении требуемого уровня безопасности полетов. Для выполнения сформулированной цели используются имеющаяся система CNS и наземные центры УВД, которые несут ответственность за управление воздушным движением и обеспечение безопасности полетов. Поэтому ограничения существующих систем ОВД находятся в прямой зависимости от недостатков элементов CNS.

Вследствие этих недостатков на некоторых участках существующих воздушных трасс иногда невозможно получить информацию о фактическом местоположении ВС в реальном масштабе времени и о прогнозируемой траектории полета в краткосрочной и долгосрочной перспективе, в результате чего приходится прибегать к процедурным методам УВД. Применение же процедурных методов УВД не позволяет выбирать наиболее эффективные профили полета и в полной мере использовать пропускную способность системы, так как в этом случае полеты, как правило, приходится планировать с увеличенными интервалами между ВС и с пролетом промежуточных контрольных точек (пунктов обязательного донесения). Это также ограничивает возможность изменения разрешенного профиля полета. В результате потенциал современных бортовых систем в полной мере не реализуется, а ОВД не всегда можно обеспечить на эффективной и рентабельной основе.

Кроме того, нехватка цифровых систем обмена данными "воздух - земля", а также отсутствие общепринятых стандартов и несогласованность действий различных органов УВД не позволяют в полной мере автоматизировать обработку связанной с ОВД информации. Вследствие такого неравномерного развития ОВД существующие системы ОрВД не позволяют добиться наиболее эффективного использования воздушного пространства. Для устранения этих недостатков необходимо в кратчайшие сроки обеспечить согласованное внедрение автоматизированного взаимодействия между бортовым и наземным оборудованием и элементами системы. В целом это позволит пользователям воздушного пространства выполнять полеты по наиболее предпочтительным для них траекториям и быть более свободными в их выборе.

Исходя из изложенного, основные недостатки существующей аэронавигационной системы (ANS-AeronauticalSystem) ИКАО формулирует следующим образом:

-нарушения расписания полетов по причине недостаточной пропускной способности системы УВД, не позволяющей удовлетворять потребности воздушного движения в отдельные периоды пиковых нагрузок;

-различия в эксплуатационных принципах и процедурах, недостаточная координация действий между регионами и РПИ вызывают увеличение рабочей нагрузки, как диспетчеров УВД, так и членов летного экипажа;

-подсистема организации потоков воздушного движения (ОПВД) не обеспечивает баланс между имеющейся пропускной способностью и потребностями в ней по всему маршруту полета, поэтому ВС зачастую вынуждены подолгу летать в зоне ожидания в тех районах, где существуют наиболее жесткие ограничения пропускной способности;

-негибкость систем с фиксированной структурой маршрутов препятствует наиболее эффективному использованию воздушного пространства и осуществлению полетов наиболее рентабельным образом;

-отсутствие возможности расширять систему на эволюционной основе в целях учета новых потребностей, обусловленных ростом объема воздушного движения;

-неспособность в полной мере использовать возможности такого современного бортового оборудования, как новые системы управления полетом;

-рост эксплуатационных расходов, связанных с работой существующей системы ОрВД и необходимостью увеличения ее пропускной способности, которая без внедрения автоматизации достигается только путем уменьшения размеров существующих диспетчерских районов и увеличения количества диспетчеров.

Если существующая аэронавигационная система не будет улучшена, то международная авиация столкнется с новыми проблемами в связи с постоянным увеличением перегрузки аэропортов и воздушного пространства, которые по мере роста объема воздушного движения будут

обостряться. В результате может начаться рост эксплуатационных расходов и снижение активности рынка авиатранспортных услуг.

1.3. Будущая аэронавигационная система и мероприятия ИКАО по построению систем CNS/ATM

Главная задача будущей CNS заключается в обеспечении выполнения основной цели перспективной концепции ATM, заключающейся в удовлетворении потребностей пользователей в наиболее предпочтительных траекториях полета. В этой системе, основанной на идее высокоточного определения местоположения ВС и организации эффективного автоматизированного и автоматического 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 минимуму. 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.

1.3.1. Развитие подсистемы связи

По взглядам экспертов ИКАО при реализации концепции CNS/ATM требуемый уровень эффективности, пропускной способности и гибкости будущей системы ANS может быть достигнут только при использовании цифровых средств передачи данных. Поэтому для новой подсистемы связи будет характерна усовершенствованная передача данных и глобальная зона действия.

Хотя потребность в речевой связи сохранится, тем не менее, возможности передачи данных между всеми абонентами подвижной и фиксированной служб связи в сочетании с использованием межсетевого обмена, шлюзов или трассировщиков позволят создать однородную сеть

передачи данных в условиях применения различных технических и административных решений, обеспечивающую решение большинства задач по взаимодействию. Инфраструктурой для обеспечения такого информационного обмена гражданской авиации в глобальном масштабе станет сеть авиационной электросвязи (ATN-AeronauticalTelecommunicationsNetwork), которая включает прикладные объекты и службы связи, обеспечивающие взаимодействие наземных сетей передачи данных, подсетей передачи данных “воздух-земля” и бортовых сетей передачи данных путем принятия общих интерфейсных служб и протоколов, основанных на эталонной модели взаимосвязи открытых систем Международной организации по стандартизации (ИСО). Структура сети ATN показана на рис. 1, а ее концептуальная модель - на рис. 2.

Речевая воздушная связь. Речевая связь диапазона ОВЧ будет оставаться основным видом связи с ВС еще достаточно длительный срок. Однако использование цифровых каналов обмена данными будет расширяться и применяться для передачи большинства рутинных сообщений “воздух - земля” в зависимости от операционных требований. При этом речевая связь будет по-прежнему доступна для передачи нерутинных и аварийных сообщений.

Спутниковая речевая связь будет, по всей видимости, ограничиваться теми областями, где отсутствует поле связи диапазона ОВЧ, но она не заменит ОВЧ речевую связь до тех пор, пока не будут достигнуты существенные преимущества по соотношению производительности и стоимости. Спутниковая речевая связь может использоваться для передачи нерутинных и чрезвычайных сообщений или дублирования там, где канал передачи данных является основным средством связи.

Радиосвязь в диапазоне ВЧ по-видимому будет сохранена, в первую очередь для обеспечения связи над полярными районами, которые не охвачены действием геостационарных спутников. Более того, применение современных технических средств позволит устранить большую часть

недостатков, связанных с непредсказуемым характером прохождения волн в диапазоне ВЧ.

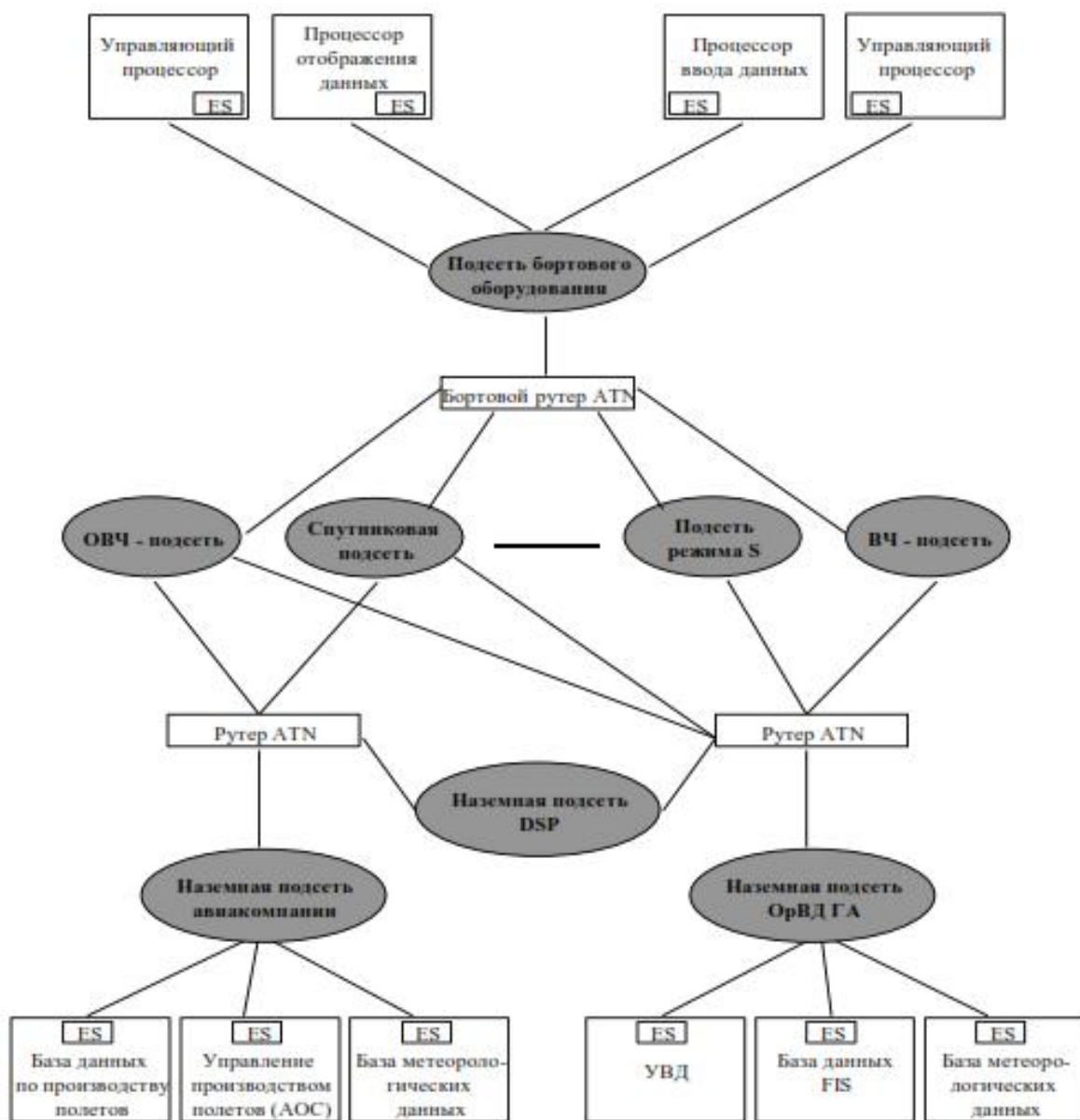


Рис.1. Структура сети ATN

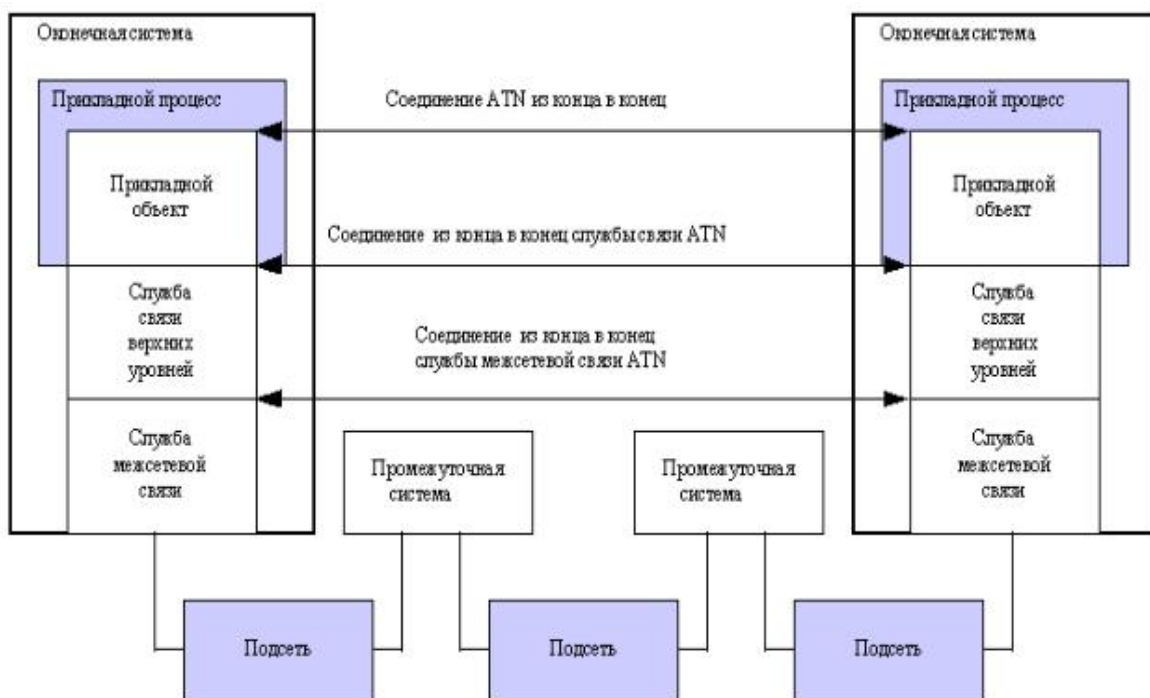


Рис. 2. Концептуальная модель АТН

Для преодоления дефицита ОВЧ - радиочастот в перегруженном верхнем воздушном пространстве Европы ИКАО приняло решение об обязательном наличии на борту ВС радиооборудования, способного работать в диапазоне ОВЧ на частотных каналах с шагом сетки частот 8,33 кГц, при выполнении полетов в воздушном пространстве Австрии, Бельгии, Германии, Люксембурга, Нидерландов, Швейцарии и Великобритании с эшелона выше 8000 м, а также с эшелона выше 5700 м в воздушном пространстве Франции.

ВС государственной авиации, не отвечающие требованию по работе на частотных каналах с шагом 8,33 кГц, будут допускаться к выполнению полетов в указанном воздушном пространстве Европейского региона ИКАО, если возможности органов УВД, публикуемые в национальных сборниках аэронавигационной информации, и бортовое оборудование ВС позволяют вести радиосвязь в диапазоне ВЧ. Использование в Европе 8,33 кГц

разделения каналов в диапазоне ОВЧ волн лишь временно облегчит решение проблемы загруженности. Долговременным решением этой проблемы, одобренным ИКАО, является использование цифровой радиосвязи, такой как связь в диапазоне ОВЧ с использованием многостанционного доступа с временным разделением каналов (TDMA-TimeDivisionMultipleAccess).

Несмотря на это, считается, что использование 8,33 кГц разделения каналов обеспечит основную часть Европы достаточным количеством дополнительных частот для того, чтобы справиться с растущим воздушным движением. Однако цифровой TDMA будет применяться во многих регионах, в частности в США, без промежуточного внедрения 8,33 кГц разделения каналов. Таким образом, некоторые страны, включая США, изучают вопрос использования 8,33 кГц и TDMA совместимого радиооборудования.

Речевая наземная связь. Несмотря на то, что все возрастающий объем информации будет передаваться по каналам передачи данных, речевая связь будет использоваться, возможно, и далее, особенно для передачи нерутинных и чрезвычайных сообщений.

Передача данных “воздух-земля”. Обмен данными с ВС предполагается осуществлять с использованием следующих мобильных подсетей ATN:

- ОВЧ - линии цифровой связи (VDL-Very High Frequency Digital Link);
- линии передачи данных режима S (Selective-Адресный);
- линии передачи данных авиационной подвижной спутниковой службы (AMSS-Aeronautical Mobile Satellite Service);
- ВЧ - линии передачи данных.

В настоящее время известны четыре версии VDL (режимов 1 - 4). VDL режима 1 представляет собой линию передачи данных широко распространенной системы связи для адресации и передачи сообщений ACARS (Airborne Communication Addressing and Reporting System), разработанной и введенной в эксплуатацию в конце 1970-х годов фирмой ARINC (Aeronautical Radio Incorporated) для обеспечения обмена данными

между ВС и их эксплуатационными агентствами (авиакомпаниями). Особенности данной линии обусловлены использованием существующего аналогового радиооборудования ОБЧ - связи для передачи данных в байтоориентированном формате и заключаются в применении двухступенчатой модуляции с амплитудной модуляцией несущей и минимальной частотной манипуляции на поднесущей (AM-MSK-MinimalShiftKeying), а также многостанционного доступа с контролем несущей (CSMA-CarrierSelectingMultipleAccess). Скорость передачи данных в VDL режима 1 составляет 2400 бит/с.

VDL режима 2 стандартизована ИКАО и предусматривает использование методов цифровой радиосвязи с набором протоколов для различных эксплуатационных прикладных процессов. Применение модема с 8- позиционной относительной фазовой модуляцией (D8PSK-Differential 8 PhaseShiftKeying) обеспечивает номинальную скорость передачи данных в 31,5 кбит/с. Однако применение CSMA по-прежнему приводит к появлению недетерминированной задержки доведения сообщений.

VDL режима 3 строится на использовании TDMA и будет представлять собой комплексную систему цифровой речевой связи и передачи данных, улучшающую использование ОБЧ - спектра радиочастот за счет обеспечения четырех отдельных радиоканалов на одной несущей.

VDL режима 4 обобщила в себе основные преимущества предыдущих версий. Однако в отличие от VDL режима 3, в которой для обеспечения канальной синхронизации и доступа к каналу требуется наличие наземных станций, VDL режима 4 является самосинхронизирующейся, что обеспечивает возможность ее применения и для автономной организации передачи данных между ВС. VDL версии 4 является наиболее эффективной цифровой линией передачи данных для использования в сети ATN, поддерживающей все известные приложения OpВД:

- автоматическое зависимое наблюдение в режиме радиовещания (ADS-B-AutomaticDependentSurveillance-Broadcasting);

- связь между диспетчером и экипажем ВС по цифровой линии (CPDLC- ControllerPilotDigitalLinkCommunication), управляемая пилотом;

- передача на борт ВС данных полетно-информационного обслуживания (FIS-FlightInformationService), службы информации о воздушном движении (TIS-TrafficInformationService), метеоданных и другой радиовещательной информации;

- ответ на частоте запроса глобальных навигационных спутниковых систем (GNSS-GlobalNavigationSatelliteSystem), содержащий информацию о качестве сигналов GNSS и данных, подлежащих уточнению;

- система наблюдения за наземной обстановкой и управления трафиком ВС и наземных транспортных средств в аэропортах (SMGCS-SurveillanceMovingGroundControlSystem).

В настоящее время группа экспертов ИКАО по авиационной подвижной связи завершила разработку SARPS для VDL режима 4. Проводимые в различных регионах ИКАО интенсивные испытания линий передачи данных направлены на обеспечение их применения в соответствии с требованиями ATN.

Линии передачи данных режима S предполагается использовать в первую очередь для обеспечения расширенного наблюдения, поэтому более подробно они рассмотрены ниже. Линии передачи данных режима S нашли уже применение в воздушном пространстве стран Европейской конференции гражданской авиации (ЕКГА). Последующее развитие в направлении более широкого применения зависит от сравнительного анализа со спутниковыми и ОВЧ - каналами связи по критерию стоимость / производительность.

Линии передачи данных AMSS уже находят применение в ряде регионов в ходе работ по внедрению автоматического зависимого наблюдения. Однако на начальных этапах из-за высокой стоимости спутникового оборудования, услуг связи и увеличения времени задержки передачи сообщений использование AMSS будет, по всей видимости, ограничиваться только межконтинентальными ВС, совершающими полеты в океанических РПИ и

зонах с низкой интенсивностью воздушного движения, а также в зонах, где отсутствует поле связи VDL или режима S.

Как отмечалось выше, ВЧ - линии передачи данных будут сохранены для обеспечения дальней связи, особенно в полярных районах, где спутниковая связь может быть недоступна. Из мероприятий по совершенствованию ВЧ - связи отметим интернациональный проект (с участием России) по созданию распределенных по континентальной части поверхности земли сети приемо-передающих радиоцентров диапазона ВЧ, сопрягающейся с наземными подсетями ATN, направленной на обеспечение глобальной достаточно надежной адаптивной связи в диапазоне ВЧ между наземными, а также между наземными и воздушными абонентами.

Передача данных «земля - земля». Передача данных между наземными абонентами будет организовываться с помощью наземных подсетей ATN, основанных на сетях следующего типа:

- сети интегрированной связи ОрВД;
- сети АФСС (Авиационная фиксированная сеть связи);
- сети CIDIN (Common ICAO Data Interchange Network - СИДИН - сеть обмена данными ИКАО);
- сети передачи данных авиакомпаний и аэропортов (ADNS - Aeronautical Data Network System);
- сети передачи ARINC;
- сети передачи данных SITA (Society International of Telecommunications in Aeronautics - сеть коммутацией пакетов Международного общества связи для авиации);
- сети передачи данных общего пользования (при условии заключения соответствующих договоров об уровне обслуживания).

ADNS является главным средством предоставления ARINC связанного обслуживания и состоит из 13 узловых пунктов, расположенных в крупных городах США и в Лондоне. Кроме того, к этим узлам сети подсоединены

оконечные станции и процессоры многих других стран мира. Сеть обеспечивает коммутационный интерфейс между сетями авиакомпаний, AFTN, центрами управления воздушным движением на маршрутах и службами погоды. ADNS используются для пересылки сообщений системы ACARS. Отмечается, что ежедневно по сети ADNS передается более 6 миллионов сообщений, связанных с деятельностью воздушного транспорта. В настоящее время членами компании SITA являются более 530 организаций. Сеть охватывает более 146000 терминалов в 1850 городах более чем 210 стран посредством арендуемых среднескоростных и высокоскоростных каналов, включая так называемые каналы T1 для межконтинентальных связей. Суммарная пропускная способность системы превышает 20 МГбит/с, а коммутационная пропускная способность превышает 150 миллионов операций с данными и сообщениями в день. Сеть передачи данных (СПД) компании SITA состоит из 30 центров коммутации. С введением в 1991 году новой мегасети пересылки данных (МПД), функции СПД перешли к МПД.

1.3.2. Развитие подсистемы навигации

Центральным звеном в навигационной концепции ИКАО является использование системы GNSS, которая в настоящее время в состоянии обеспечивать потребности навигации на маршрутах и неточных заходов на посадку, а со временем в сочетании с функциональными дополнениями локального применения будет удовлетворять всем требованиям точных заходов на посадку.

Действующими спутниковыми навигационными системами в настоящее время являются глобальная система определения местоположения (GPS-GlobalPositioningSystem) США и глобальная орбитальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС - Глобальная Навигационная Спутниковая Система) России. ИКАО предложено использовать обе системы для поэтапного создания GNSS на основе

соответствующих обращений США и России в отношении применения своих спутниковых навигационных систем. Космический сегмент Глобальной системы определения местонахождения (GPS) состоит из 24 функционирующих спутников. Соединенные Штаты Америки разработали план модернизации GPS. Одной из основных целей модернизации является предоставление дополнительных закодированных гражданских сигналов. Второй гражданский сигнал, известный как L2C, будет передаваться на частоте 1227,6 МГц, а третий гражданский сигнал, известный как L5, будет на частоте 1176,45 МГц. Третий гражданский сигнал (L5) предназначен для авиации и других служб, связанных с обеспечением безопасности жизни.

Космический сегмент системы ГЛОНАСС включает 14 спутников, 12 из которых функционируют без ограничений. В августе 2001 года правительство Российской Федерации приняло рассчитанную на 10 лет федеральную целевую программу поддержания и дальнейшего развития ГЛОНАСС. Программа включала создание спутников нового поколения ГЛОНАСС-М, первый из которых был запущен вместе с двумя спутниками ГЛОНАСС в четвертом квартале 2003 года. В дальнейшем планировалась разработка усовершенствованного спутника ГЛОНАСС-К со сроком службы 10-12 лет, улучшенными точностными характеристиками, который значительно легче существующих модификаций, что позволяет в несколько раз снизить затраты на развертывание и поддержание орбитального сегмента системы.

Постепенный перевод работы системы в нижнюю часть занимаемых в настоящее время диапазонов будет продолжаться в соответствии с существующими договоренностями по обеспечению электромагнитной совместимости со средствами радиоастрономии и подвижной спутниковой службой.

Европейские государства, признавая стратегическое значение спутниковой навигации, потенциальные виды ее применения и существующие недостатки GNSS, приняли решение создать европейскую

структуру GNSS на основе двухэтапного подхода путем внедрения SBAS, известной как Европейская геостационарная навигационная оверлейная служба (EGNOS - European Geostationary Navigation Overlay Service), для удовлетворения кратко- и среднесрочных потребностей, а так же созвездие навигационных спутников (ГАЛИЛЕО) для обеспечения мультимодальных потребностей пользователей на более длительную перспективу. Программа ГАЛИЛЕО предусматривает развертывание под гражданским контролем полномасштабного европейского созвездия спутников, которое повысит надежность спутниковой навигации, снимет ряд организационных вопросов и будет дополнительно содействовать полному переходу на спутниковую навигацию.

В настоящее время для обеспечения навигации на этапе захода на посадку и посадки рассматривается возможность использования дифференциальной GNSS (DGNSS).

DGNSS является дальнейшим развитием системы GNSS и ее назначение заключается в определении ошибок местоположения ВС в зоне действия контрольно - корректирующей станции (ККС). В настоящее время активно ведутся работы по испытанию DGNSS и проводятся демонстрации использования дифференциального режима при заходах на посадку и посадке, основным результатом которых состоит в том, что данный режим позволяет определить местоположение ВС с высоким уровнем точности, обеспечивающим заход на посадку по категории I. Авиационной радиотехнической комиссией США (RTCA-Radio Technical Commission for Aeronautical) разработаны стандарты (DO-217) по минимальным характеристикам к DGNSS при заходе на посадку по категории I.

Зональная навигация (RNAV-Area Navigation) представляет собой такой метод навигации, который позволяет воздушным судам выполнять полет по любой желаемой траектории в зоне действия навигационных средств или в пределах возможностей автономных навигационных средств, а также в

условиях применения обоих типов навигационных средств. При внедрении RNAV полет может выполняться в любом воздушном пространстве в пределах установленных допусков по точности выдерживания заданной траектории без необходимости в непосредственной привязке к наземным навигационным средствам. Это, в свою очередь, позволит государствам - пользователям RNAV отказаться от традиционного наземного навигационного обеспечения и снять с эксплуатации соответствующее оборудование.

В рамках концепции RNP зональная навигация применяется только для навигации в горизонтальной плоскости, хотя есть возможность применять RNAV и для навигации в вертикальной плоскости. По точности соблюдения RNAV подразделяется на базовую и точную:

- базовая RNAV (B-RNAV) характеризуется как соблюдение трековой точности лучшей или равной ± 5 морским милям (RNP-5) для 95% полетного времени. Такой уровень навигационной точности аналогичен тому, который достигнут в настоящее время для ВС, с традиционным навигационным оборудованием, полеты которых на маршрутах обслуживаются существующим наземным оборудованием VOR, когда радиомаяки разнесены друг от друга менее, чем на 100 морских миль;

- точная RNAV (P-RNAV) характеризуется соблюдением трековой точности лучшей или равной ± 1 морской миле (RNP-1) для 95% полетного времени. В настоящее время единственным средством, с помощью которого может быть достигнут такой уровень точности, является двухканальный или многоканальный DME.

В 20-30-е гг. самолёты летали без помощи диспетчера, выбирая трассу произвольно. Далее стали вводиться трассы, коридоры, эшелоны. Теперь всё воздушное пространство в мире расписано однозначно по эшелонам и коридорам. В конце 90-х гг. стало понятно, что жёсткое расположение трасс тормозит увеличение пропускной способности в мире.

Выходом из положения может стать возвращение к ситуации 20-30-х гг., но на более высоком уровне. Экипаж выбирает трассу, как лететь, но, располагает данными с КА о своём местоположении, получает полную информацию о всех судах в регионе. Возникает другая дисциплина связи с диспетчером - вопрос о выборе маршрута последним решает пилот, хотя есть команды диспетчера, обязательные для пилота (предпосылки к конфликтным ситуациям).

1.3.3. Развитие подсистемы наблюдения

Для целей наблюдения, согласно разработанной ИКАО концепции CNS/ATM, предусматривается применение радиолокационного метода с использованием ВРЛ в режимах А/С/С и метода автоматического зависимого наблюдения (АЗН - ADS - AutomaticDependentSurveillance).

ВРЛ будет использоваться в континентальном воздушном пространстве с высокой плотностью воздушного движения и в районах аэродромов. Предусматривается, что точность и качество информации о местоположении ВС, получаемой в режимах А/С системы УВД RBS и УВД отечественной системы ВРЛ, будут улучшены применением моноимпульсных методов обнаружения и/или использованием антенн с большим вертикальным раскрытием. Усовершенствованный ВРЛ с режимом S (Selective - Адресный) обеспечит возможность использования избирательных адресных линий передачи данных, более надежное опознавание ВС и передачу дополнительной (полетной) информации. Это позволит существенно повысить эффективность наблюдения и безопасность полетов.

По своим функциональным возможностям все приемоответчики, работающие в режиме S, подразделяются на 5 уровней. Приемоответчики уровня I обеспечивают:

- предоставление данных опознавания в режиме А и барометрической высоты в режиме С;

- приемо-передачи по межрежимному запросу и запросу общего вызова режима S;

- адресные приемо-передачи наблюдения с передачей данных абсолютной высоты и опознавания;

- обеспечение протоколов блокировки;

- обеспечение протоколов основных данных, за исключением сообщений о возможностях линии передачи данных;

- приемо-передачи по линии связи “воздух-воздух”.

Приемоответчики уровня II дополнительно к перечисленным обеспечивают:

- передачи сообщений стандартной длины;

- передачи сообщений о возможностях линии передачи данных;

- сообщение данных опознавания воздушного судна.

Приемоответчики уровня III и уровня IV расширяют возможности предыдущего уровня возможностью передачи удлиненных сообщений по каналу связи “земля-воздух” и “воздух-земля” соответственно.

Наконец, приемоответчики уровня V в дополнение к возможностям уровня IV позволяют работать с несколькими запросчиками одновременно с целью обеспечения повышенной пропускной способности.

Одна из модификаций системы режима S использует так называемый более длительный самогенерирующийся сигнал на частоте линии связи “вниз” режима S (1090 МГц), содержащий набор радиовещательных сообщений, для обеспечения функционирования ADS-B (Broadcasting - Вещание).

Для совместимости с бортовой системой предупреждения столкновений (БСПС), одобренной SARPS ИКАО в 1995 году, и системой предупреждения столкновений (TCAS II-TrafficAlertCollisionAvoidanceSystem), введенной в действие в США с 1993 года, требуется приемопередатчик режима S как минимум уровня II. Дополнительные региональные правила ИКАО (Doc 7030) предписывают

использование приемопередатчиков уровня III-IV для полетов по правилам полетов по приборам, хотя современная концепция функционирования ВРЛ не оправдывает этот уровень передачи данных режима S.

В настоящее время предполагается следующее обязательное использование приемопередатчиков режима S ВОРЛ:

- для полетов по приборам (111111) в воздушном пространстве, определенном соответствующими властями, - как минимум 2 уровня, с возможностями дискретно-адресной маячной системы DABS-DiscreteAddressBeaconSystem (для новых ВС с 1 января 2001 года и для всех ВС с 1 января 2003 года);

- для полетов по правилам визуальных полетов (ПВП), совершаемых в воздушном пространстве, в котором уже введено обязательное использование приемоответчиков вторичной радиолокации, - как минимум 2 уровня, с возможностями DABS (для новых ВС с 1 января 2003 года и для всех ВС с 1 января 2005 года).

Ввод в эксплуатацию режима S начался в Североамериканском регионе в начале 1990-х годов и в Европейском регионе с 2000 года. Эксперты ИКАО полагают, что около 2400 ВС уже имеют оборудование для использования режима S.

АЗН представляет собой метод наблюдения, в соответствии с которым ВС автоматически предоставляют по линии передачи данных информацию, полученную от бортовых навигационных систем и систем определения местоположения, включая опознавательный индекс ВС, данные о его местоположении в четырех измерениях и, при необходимости, дополнительные данные.

Применение АЗН, дополненное прямой связью между экипажем ВС и диспетчером УВД, позволит довести обслуживание воздушного движения в этих районах до уровня, характерного для воздушного пространства, обеспеченного радиолокационным наблюдением.

Существует адресное АЗН, называемое также контрактным АЗН-А (ADS- A), и вещательное АЗН-В (ADS-B).

При осуществлении УВД с использованием АЗН-А перед входом в соответствующее воздушное пространство должен устанавливаться контракт между бортовой и наземной автоматизированными системами. При этом данный контракт устанавливается принимающим органом УВД после завершения передачи управления, когда предыдущий орган УВД разорвет соответствующий контракт с этим ВС. Исходя из характеристик ВС, типа обслуживания, сложности и плотности воздушного движения, наземная система обработки полетных данных назначает соответствующий тип контракта по предоставлению обслуживания АЗН.

Орган УВД может установить с ВС один или несколько типов контрактов на передачу следующих сообщений:

- регулярных сообщений, согласно которому на борту ВС сообщения составляются и передаются с указанным интервалом;
- нерегулярных сообщений, согласно которому на борту ВС сообщения составляются и передаются в тех случаях, которые предусмотрены, а именно, при изменении высоты, пролете точки маршрута и т. д.;
- на передачу сообщений по запросу, согласно которому на борту ВС составляется и передается сообщение только в том случае, если поступила соответствующая команда с земли.

АЗН-В определяется ИКАО как вид применения наблюдения, при котором по линии передачи данных (ЛПД) вещательного типа через установленные интервалы времени передаются такие параметры, как местоположение, линия пути и путевая скорость для использования любым нуждающимся в них бортовым и/или наземным пользователем. Истоками концепции АЗН-В является разработка вещательных сообщений (самогенерирующихся сигналов), используемых БСПС, к которым добавлены сообщения АЗН.

Исходя из вещательного принципа передачи сообщений, АЗН-В делает возможным реализацию новых приложений, включая сбор на борту ВС и отображение на соответствующем индикаторе экипажа информации о воздушной обстановке (трафике воздушного движения) для отслеживания впереди летящего по трассе ВС с целью соблюдения заданного интервала, выявления и разрешения конфликтных ситуаций и решения других задач в соответствии с разрабатываемой концепцией бортовых систем обеспечения эшелонирования. Оборудование АЗН-В может устанавливаться не только на ВС, но и на наземных транспортных средствах для построения систем управления движением в аэропортах (SMGCS), а также на наземных препятствиях для их маркирования.

Поэтому предполагается, что АЗН-В обеспечит более эффективное использование воздушного пространства и наблюдение за наземным движением, сокращение ограничений по облачности и видимости, повышение безопасности воздушного движения посредством урегулирования конфликтных ситуаций.

В настоящее время АЗН-В разработано только для применения в пределах прямой видимости. Группы экспертов осуществляют оценку технологий и апробацию соответствующих SARPS на основе использования более длительного самогенерирующегося сигнала режима S на частоте 1090 МГц и VDL режима 4. Начата разработка SARPS для третьей технологии АЗН-В, основанной на использовании приемопередатчика универсального доступа, выбранной США в качестве дополнительной к 1090 МГц.

По-видимому, в течение достаточно длительного периода времени будет использоваться как АЗН-А, так и АЗН-В. При этом АЗН-А будет применяться для ОВД главным образом в океанических и континентальных районах с относительно низкой интенсивностью воздушного движения и слабо развитой инфраструктурой объектов наблюдения и связи в соответствии с технологией комплекта оборудования FANS-1 (FANS-A), основанной на стандарте ARINC 622. Передача данных будет осуществляться

по каналам спутниковой и, где возможно, ОВЧ связи. В настоящее время в ряде регионов проводятся эксплуатационные испытания таких систем.

Применения АЗН-В следует ожидать в континентальном воздушном пространстве со средней и высокой интенсивностью воздушного движения, а также районах аэродромов. В настоящее время в Европе, США, Австралии и ряде других стран реализуются проекты, направленные на изучение технических, эксплуатационных и процедурных аспектов внедрения АЗН-В.

1.3.4. Совершенствование ОрВД

Описанное выше развитие подсистем связи, навигации и наблюдения будет использоваться для совершенствования ОрВД. Основная цель и функции ОрВД, включающие ОВД, ОПВД и ОВП, остаются без изменений. Однако глобальный масштаб применения новых систем CNS позволяет лучше согласовать и интегрировать деятельность существующих служб в целях обеспечения непрерывного обслуживания пользователей с момента начала движения ВС перед взлетом до полной его остановки после посадки. В будущей ОрВД широкое применение найдет автоматизация для снижения или исключения ограничений, накладываемых на функции ОрВД существующими системами. Обеспечиваемая новыми системами CNS гибкость позволит внедрять средства автоматизации от самых простейших до наиболее совершенных, исходя из индивидуальных потребностей государств, но согласованных в глобальном масштабе. Предполагается, что по мере появления новых возможностей CNS и повышения уровня автоматизации бортовых и наземных систем организация воздушного движения будет совершенствоваться.

В этой связи ожидается, что автоматизация ОрВД сыграет определяющую роль для достижения следующих целей:

- поддерживать или повысить существующий уровень безопасности воздушного движения;

-обслуживать все типы ВС с установленным на них бортовым оборудованием;

-обеспечивать увеличение пропускной способности системы и оптимальное использование имеющихся ресурсов пропускной способности в целях удовлетворения потребностей воздушного движения;

-улучшить обеспечение пользователей необходимой информацией, в том числе о метеорологических условиях, воздушной обстановке и наличии соответствующих средств;

-обеспечить пользователю возможность на динамической основе выбирать наиболее предпочтительные трехмерные и четырехмерные траектории полета;

-обеспечить более активное участие пользователя в принятии связанных с ОрВД решений, включая диалоговый режим работы компьютеров по каналам связи “воздух - земля” при обсуждении плана полета;

-в максимально возможной мере способствовать созданию единого непрерывного воздушного пространства, чтобы пользователь не испытывал никаких затруднений при пересечении границ.

Из достаточно обширного перечня реализуемых мероприятий по совершенствованию ОрВД, проводимых в различных регионах, отметим, как наиболее значимые, концепцию гибкого использования воздушного пространства, сокращение минимума вертикального эшелонирования и программу по созданию интегрированной Европейской системы организации воздушного движения.

В заключение данного раздела отметим, что в целях обеспечения общего подхода для рассмотрения вопросов разработки, производства и внедрения систем в рамках общей концепции CNS/ATM вводят три подконцепции. Указанные подконцепции включают в себя ориентированную на человека автоматизацию, ситуативную осведомленность и контроль за ошибками.

Принципы ориентированной на человека автоматизации формулируются следующим образом:

- пилот несет ответственность за безопасность полета;

- диспетчеры УВД несут ответственность за обеспечение соблюдения норм эшелонирования ВС и безопасность воздушного потока.

Элементы ситуативной осведомленности применительно в целом к системе УВД связаны с ситуативной осведомленностью диспетчера через следующие факторы: личные факторы, метеоусловия, инфраструктурааэропортов, индивидуальные различия, воздушное движение, окружающая среда, навигационные средства, характеристики полета ВС, оборудование, соседние органы УВД.

Отсюда вытекает, что ситуативная осведомленность в контексте УВД включает в себя большее количество информации, чем только значение информации о местоположении всех ВС в данный момент времени. Учет всех перечисленных выше факторов может осуществляться подсознательно или сознательно, и в той или иной ситуации некоторые указанные факторы могут играть более важную роль, чем в другой.

Принцип контроля за ошибками в настоящее время заключается в том, что основное внимание должно переключаться с задачи устранения ошибок на задачу предотвращения ошибок и контроля за ними. Ошибка человека рассматривается как неизбежный компонент его деятельности, поэтому в сложных социотехнических системах данный фактор должен быть учтен в самих системах. В свою очередь, контроль за ошибками включает два компонента: уменьшение числа ошибок и смягчение последствий ошибок.

Таким образом, внедрение новых средств CNS в рамках реализации концепции CNS/ATM должно в полной мере использовать возможности этих систем на основе согласованных на международном уровне стандартов и процедур для того, чтобы эксплуатанты ВС могли выполнять полеты по предпочтительным (оптимальным по заданным критериям) траекториям, с динамической их корректировкой по мере необходимости.

ГЛАВА 2. ОБСЛУЖИВАНИЕ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

2.1. Принципы навигационных измерений с помощью ИСЗ

Для того чтобы определить координаты ВС с помощью ИСЗ, необходимо выполнить два условия: должны быть известны координаты и параметры движения ИСЗ относительно Земли, который играет в навигационном смысле роль опорной радионавигационной точки (РНТ), и необходимо измерить не менее трех параметров ВС относительно ИСЗ.

Точность определения местоположения ВС зависит от точности знания координат ИСЗ, от точности проведенных измерений, а также от расположения спутников в пространстве. При глобальной зоне действия навигационной системы необходимо иметь созвездие спутников, из которых в процессе навигационных измерений можно было бы выбирать наиболее подходящие. Кроме того, сигналы, посылаемые спутниками, должны содержать эфемериды, которыми называют предварительно вычисленные значения координат и скоростей ИСЗ. С помощью наземных станций слежения их необходимо измерять, вычислять и прогнозировать, а затем передавать на ИСЗ и регулярно обновлять.

Таким образом, СРНС состоит из средств развертывания и восполнения системы, созвездия навигационных спутников, сети наземных станций контроля и слежения, центра управления и потребителей, имеющих соответствующую навигационную аппаратуру (рис.3).

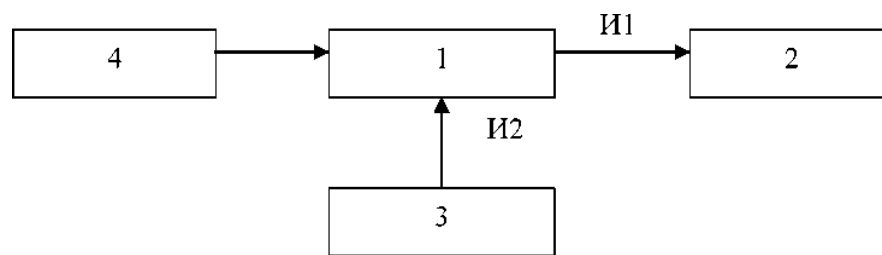


Рис. 3. Состав СРНС: 1 - орбитальная группировка ИСЗ; 2 - навигационная аппаратура потребителей;

3 - наземные средства; 4 - средства развертывания и восполнения системы; И1 - навигационные радиосигналы; И2 - управление ИСЗ, контроль его состояния, эфемеридное, частотное и временное обеспечение

Наиболее точными методами определения координат являются методы, основанные на измерениях дальностей: дальномерный, псевдодальномерный, разностно-дальномерный.

В спутниковых системах так же применяют доплеровский метод измерения скорости с последующим вычислением угловых координат.

2.2. Спутниковая радионавигационная система GPS

СРНС GPS предназначена для определения координат и скорости ВС. Она также обеспечивает точную синхронизацию часов всех потребителей. В системе используется псевдодальномерный метод измерений. Аппаратура пользователя работает в пассивном режиме.

СРНС GPS состоит из космической части и аппаратуры множества потребителей. В космическую часть входит сеть спутников и командно-измерительный комплекс (КИК).

После полного развертывания система имеет 24 космических аппарата (КА), равномерно расположенных на трех круговых орбитах с углом наклона 63° . Период обращения КА 12 ч, высота полета над поверхностью Земли 20183 км. При такой конфигурации орбит в каждой точке земного шара в среднем видны 9 КА и как минимум 6 КА и, таким образом, всегда можно

выбрать четыре наилучшим образом расположенных КА, о чем говорилось в предыдущем разделе. КИК имеет в своем составе четыре контрольные станции (КС), корректирующую и главную станции управления (ГСУ).

КС следят за КА, определяют их координаты, регистрируют условия прохождения радиоволн по трассе. Эти данные передаются на ГСУ, где производится статистическая обработка данных, вычисляются и прогнозируются эфемериды КА с учетом влияния Солнца, Луны и аномалий гравитационного поля Земли. Здесь же определяются поправки к бортовым часам системы GPS и привязывается шкала времени GPS к универсальному координированному времени (ЦТС - UniversalCoordinatedTime), поддерживаемому обсерваторией ВМФ США. За нулевой момент времени принята полночь с 5 на 6 января 1980г. Наибольшей единицей является неделя, определяемая как 604800с.

Навигационное сообщение содержит информацию, позволяющую привязать шкалу GPS к шкале времени UTC со средней квадратической погрешностью 90 нс. При обработке сообщений учитываются релятивистские поправки, а также рассчитывают поправки на прохождение радиоволн через ионосферу и тропосферу с учетом их текущего состояния. Далее вся эта информация через корректирующую станцию передается на КА и вводится в его бортовую ЭВМ для формирования навигационных данных, предназначенных потребителям.

Связь между КА и ВС осуществляется по двум радиолиниям на частотах $L_1=1575,42$ МГц, $L_2=1227,6$ МГц.

КА, составляющие космическую подсистему, обеспечивают потребителю возможность приема в каждой точке земной поверхности дальномерных кодов и системных данных, необходимых для проведения навигационных расчетов.

Несущие частоты модулируются двумя двоичными последовательностями, каждая из которых образована путем суммирования

по модулю 2 псевдослучайного дальномерного кода и передаваемых системных данных, называемых навигационной информацией.

Передают три дальномерных кода: точный P-код, который является основным навигационным кодом; Y-код, используемый вместо P-кода, когда надо исключить возможность несанкционированного использования P-кода; C/A-код (код Голда) грубого поиска, который используют для обнаружения Рили Y кода. Здесь применено кодовое разделение радиосигналов, т.е. все КА используют одни и те же несущие частоты, но каждый имеет свои коды, свойства которых позволяют надежно (с заданной вероятностью) разделять сигналы различных КА между собой.

Несущая частота L1 состоит из двух компонент, которые находятся по фазе в квадратуре друг к другу (сдвинуты на $\pi/2$) для удобства из разделения. Первая - модулируется двумя двоичными последовательностями (дальномерный псевдослучайный P-код и информационная последовательность линии передачи данных), складывающимися по модулю 2. Вторая - также модулируется двумя последовательностями (дальномерный псевдослучайный

C/A-код и информационная последовательность), складывающимися по модулю 2.

Несущая частота L2 имеет одну компоненту и модулируется двумя двоичными последовательностями (как правило, дальномерный и псевдослучайный P-код или C/A - код и информационная последовательность линии передачи данных), складывающимися по модулю 2. Здесь также предусмотрен режим использования только Y-кода, когда информационная последовательность вообще не передается. Во всех случаях скорость передачи данных информационных последовательностей составляет 50 бит/с, а также во всех случаях для модуляции несущих колебаний используется 4-фазная фазовая манипуляция.

Обратим внимание, что код C/A (Clear(Coarse))/ ЛсдшзШоп-простой (грубый) поиск) используется для первичного «грубого» поиска сигнала с

последующим переходом в стационарный режим отслеживания этого сигнала и с дальнейшим переходом к слежению уже за Р-кодом - основным.

Тактовая частота для Р- и Y-кодов составляет 10,23 МГц, а для C/A-кода - 1,023 МГц. Таким образом, сигналы GPS занимают в L - диапазоне две полосы частот шириной по 20,46 МГц, в центре которых находятся частоты L1 и L2. Эти частоты когерентно порождены на КА одним генератором и на Земле частота этого генератора должна иметь величину 10,23 МГц.

Навигационные данные включают в себя: эфемериды КА, системное время, характеристики шкалы времени КА, сообщения о состоянии КА, параметры ионосферной модели и т.д.

Навигационный спутник излучает сигнал такой мощности, что при наихудших для потребителя условиях уровень принимаемого сигнала должен быть в пределах 100-166 дБВт в зависимости от передаваемых кодов.

Наихудшими условиями считаются:

- прием правокруговых поляризационных сигналов, излучаемых КА, на линейно поляризованную антенну, что приводит к потерям мощности сигнала на 3 дБ;
- расположение КА на угле возвышения 5° и более;
- потери мощности сигнала при распространении радиоволн в атмосфере до 2 дБ;
- неудачная ориентация антенны КА в пределах $0,5^\circ$ в сторону от максимума диаграммы направленности.

На практике получается прием более мощного сигнала, достигающего до (153-158) дБВт, при потерях мощности сигнала в атмосфере, равных 0,6 дБ, при ориентации антенны КА по максимуму диаграммы направленности и т.д.

Бортовое оборудование ВС принимает сигналы от КА, демодулирует их, декодирует, а затем определяет координаты и скорость ВС.

Основные принципы навигационных определений в системе GPS характеризуются рис. 4.

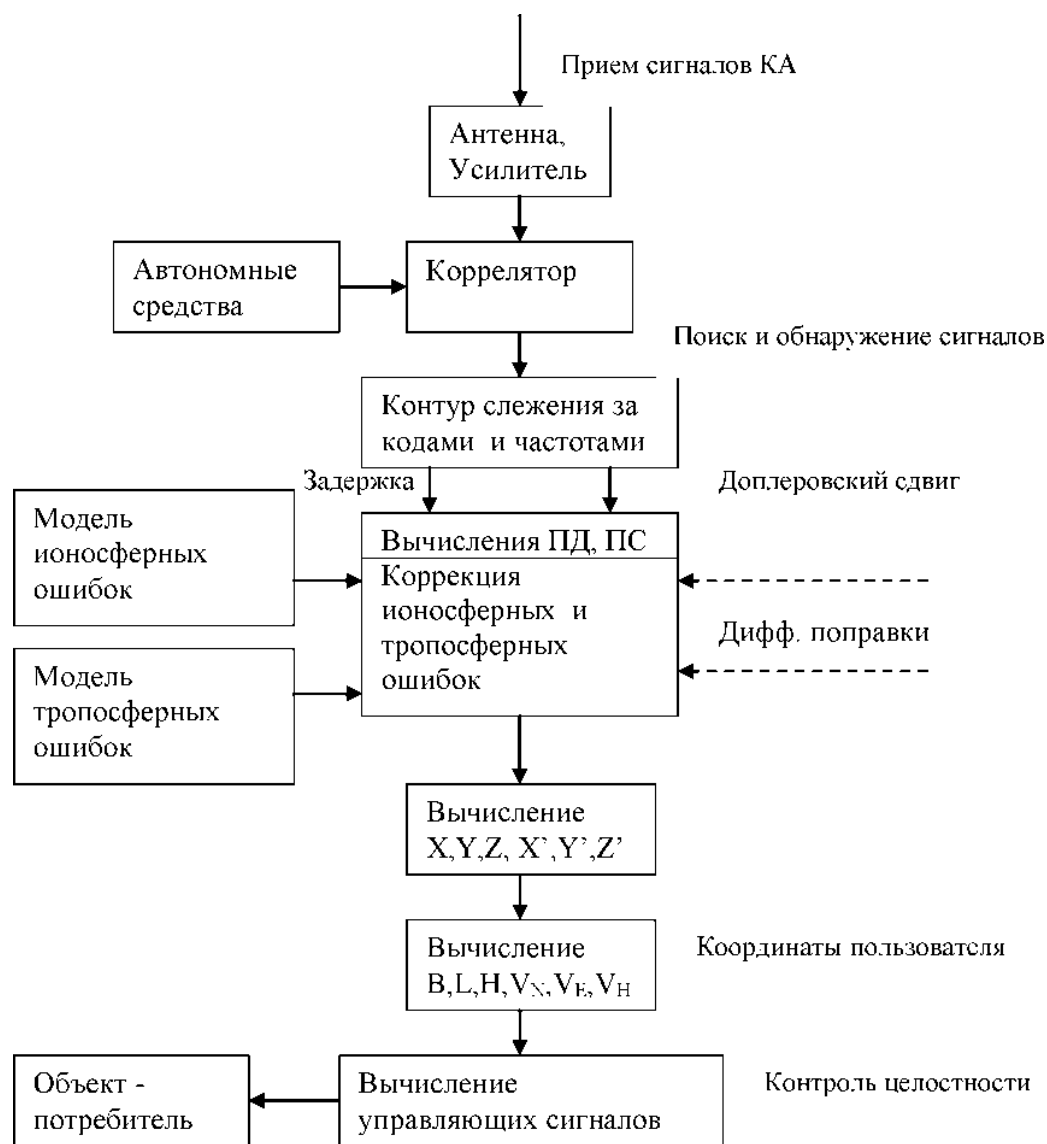


Рис. 4. Принципы навигационных определений

Важнейшее свойство навигационной системы - целостность, определяемая как способность системы самостоятельно обнаруживать и указывать неисправности в процессе своей работы с целью извещения пользователя о том, что система не работает в пределах установленных ограничений. Целостность GPS обеспечивается передачей с КА в составе навигационного сообщения группы признаков, характеризующих качество работы аппаратуры КА и достоверность передаваемых сообщений (рис.4).

2.3. Спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС

СРНС ГЛОНАСС является отечественной системой, предназначенной для определения местоположения и скорости ВС.

Приемоиндикаторной аппаратурой потребителей ГЛОНАСС производятся измерения радионавигационных параметров ПД и радиальной ПС до четырех спутников системы одновременно или последовательно в зависимости от канальности аппаратуры. Режим работы пользователя пассивный. По результатам измерений с учетом идущей в составе каждого навигационного сигнала цифровой информации производится определение координат ВС и составляющих его вектора скорости, а также привязка временной шкалы ВС к единой шкале времени системы ГЛОНАСС. Цифровая информация характеризует положение спутника в пространстве и во времени относительно единой для системы шкалы времени.

Спутники системы ГЛОНАСС расположены на орбитах, близких к круговым, период обращения спутников 11ч 15мин., высота 19100 км, наклонение $64,8^\circ$. В полностью развернутой системе 24 спутника (из них три резервных) располагаются в трех плоскостях, по 7-8 спутников в орбитальной плоскости. Плоскости орбит распределены в плоскости экватора через 120° .

В системе ГЛОНАСС каждый штатный КА постоянно излучает псевдослучайные непрерывные навигационные радиосигналы в двух диапазонах частот 1600 МГц(Ы1) и 1250 МГц(Ы2). Как указывалось выше, навигационные измерения в двух диапазонах частот позволяют исключить ионосферные погрешности измерений.

Каждый КА имеет цезиевый атомный стандарт частоты, используемый для формирования бортовой шкалы времени и навигационных радиосигналов 1600 МГц и 1250 МГц.

Навигационный L1 радиосигнал 1600 МГц - двухкомпонентный. На заданной несущей частоте в радиопередатчике формируется два одинаковых по мощности псевдослучайных фазоманипулированных навигационных

радиосигнала «в квадратуре» (взаимный сдвиг по фазе составляет $+90^\circ$): узкополосный (стандартной точности, СТ) и широкополосный (высокой точности, ВТ).

Узкополосный навигационный радиосигнал 1600 МГц образуется посредством манипуляции фазы несущего колебания на 180° с помощью модулирующей псевдослучайной последовательности (ПСП)1, которая образуется сложением по модулю 2 трех двоичных сигналов:

- ПСП дальномерного кода, передаваемого со скоростью 511 кбит/с;
- сигналов цифровой информации навигационного сообщения, передаваемого со скоростью 50 бит/с;
- меандрового колебания, передаваемого со скоростью 100 бит/с.

Процесс формирования модулирующей последовательности ПСП1 показан на рис.5.

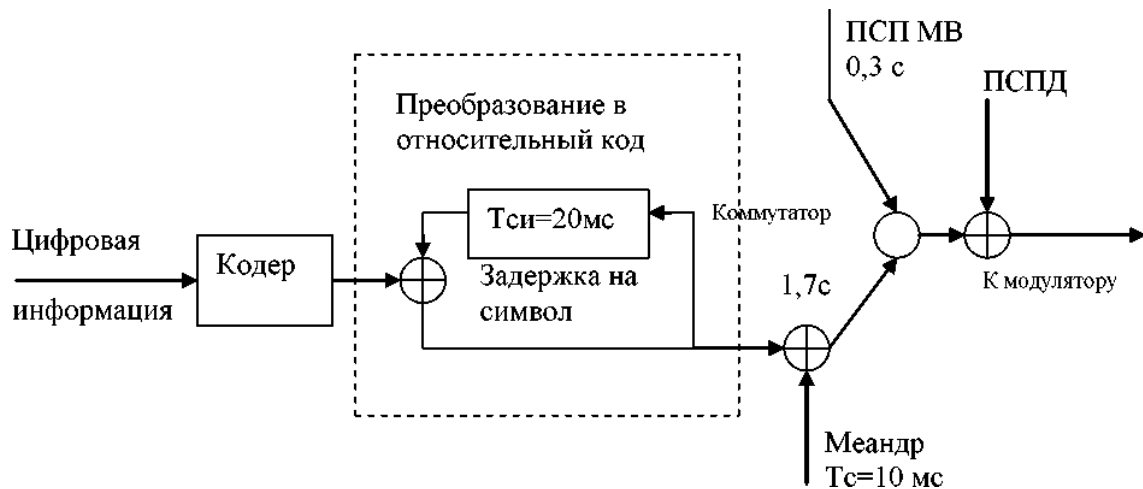


Рис. 5. Формирование модулирующей последовательности

По содержанию навигационное сообщение, передаваемое каждым спутником, включает оперативную и неоперативную информацию. Оперативная информация относится к спутнику, с которого она передается и содержит МВ спутника, сдвиг шкалы времени спутника относительно шкалы времени системы, относительное отличие несущей частоты излучаемого сигнала от опорной частоты центрального хранителя времени, а также

эфемериды ИСЗ: три координаты, три составляющих скорости и три составляющих ускорения, обусловленные притяжением Луны и Солнца на определенный момент времени. В неоперативную информацию входит альманах системы, состоящей из сведений обо всех 24 спутниках системы, грубых значений сдвигов шкалы времени каждого спутника относительно шкалы времени системы, поправки к шкале времени системы относительно шкалы ИТС, параметры орбит спутников.

Сообщение о неисправности данного спутника попадает в состав оперативной информации сразу же после ее обнаружения, а в состав неоперативной информации через 16 ч после обнаружения неисправности. Погрешность передачи поправок на расхождение шкалы времени системы относительно шкалы ИТС составляет не более 1 мкс. Погрешность привязки системного времени к всемирному гринвичскому составляет не более 5 мс. Погрешность определения координат с вероятностью 0,997 составляет: по координатам в плане 60 м, по высоте 75 м, по составляющим вектора скорости 0,15 м/с. Точностные характеристики системы существенно улучшаются, если используется дифференциальный режим организации работы пользователя, особенности которого рассматриваются ниже.

Опишем более подробно наземный сегмент системы ГЛОНАСС, как элемент в наибольшей степени влияющий на выполнение функций УВД. Наземный сегмент представляет собой наземный комплекс управления (НКУ) орбитальной группировкой КА и выполняет четыре группы задач:

- эфемеридное и частотно-временное обеспечение КА;
- мониторинг радионавигационного поля;
- радиотелеметрический мониторинг КА;
- командное и программное радиоуправление функционированием КА.

НКУ содержит следующие взаимосвязанные стационарные элементы: центр управления системой (ЦУС); центральный синхронизатор (ЦС); командную станцию слежения (КСС); контрольные станции (КС); систему

контроля фаз (СКФ); квантово-оптические станции (КОС); аппаратуру контроля поля (АКП).

Указанные элементы размещены на территории России вблизи следующих географических пунктов (городов): Санкт-Петербург (КСС-9); Краснознаменск Московской области (ЦУС); Щелково Московской области (КС, СКФ, ЦС, АКП); Воркута (КСС-18); Енисейск (КСС-4); Улан-Удэ (КСС-13); Якутск (КСС-17); Комсомольск-на-Амуре (КОС, КСС-20, АКП); Петропавловск-Камчатский (КСС-6).

НКУ выполняет следующие функции:

- проведение траекторных измерений для определения, прогнозирования и непрерывного уточнения параметров орбит всех спутников;
- временные измерения для определения расхождения бортовых шкал времени всех КА с системной шкалой времени системы, синхронизация бортовой шкалы времени (БШВ) каждого КА с временной шкалой ЦС и службы единого времени (СЕВ) путем фазирования и коррекции БШВ;
- формирование массива служебной информации (навигационных сообщений), содержащего спрогнозированные эфемериды, альманах и поправки к БШВ каждого КА и другие данные, необходимые для формирования навигационных кадров;
- передача (закладка) массива служебной информации в память бортовой ЭВМ каждого КА и контроль за его прохождением;
- контроль по телеметрическим каналам за работой бортовых систем КА и диагностика их состояния;
- контроль информации в навигационных сообщениях КА, прием сигнала вызова НКУ;
- управление полетом спутников и работой их бортовых систем путем выдачи команд управления и передачи на борт прохождения этих данных;
- контроль характеристик навигационного поля;

- определения сдвига фазы дальномерного навигационного сигнала КА по отношению к фазе сигнала ЦС;

- планирование работы всех технических средств НКУ, автоматизированная обработка и передача данных между элементами НКУ.

Первые две группы задач непосредственно связаны с обеспечением определенного уровня точности навигационных радиосигналов в системе ГЛОНАСС.

Эфемеридное обеспечение (ЭО) КА означает: определение и прогноз параметров движения КА, и "закладку" на борт КА эфемеридной информации (ЭИ) для кадров ЦИ в навигационных радиосигналах.

Частотно-временное обеспечение (ЧВО) КА означает определение и прогноз БИТВ относительно ШВ системы и "закладку" на борт КА частотно-временных поправок (ЧВП) к БШВ, помещаемых в кадры ЦИ в навигационных радиосигналах.

В наземных комплексах управления системы ГЛОНАСС, в отличие от системы GPS, подсистемы ЭО и ЧВО построены отдельно.

Определение и прогноз параметров движения КА осуществляет Баллистический центр (БЦ) системы на основе результатов траекторных измерений дальности и радиальной скорости КА, поступающих от сети наземных радиотехнических "запросных" командно-измерительных станций (КИС). В НКУ используются не менее трех КИС, расположенных на территории России (западная, центральная, восточная) на географической широте в пределах 50...60 с. ш. КИС на географической широте не менее 50 с. ш. "наблюдает" каждый КА при углах возвышения не менее 5° в течение сеансов длительностью 1...5 ч на каждом витке орбиты КА.

Сформированная в БЦ прогнозируемая ЭИ "закладывается" на борт КА через сеть КИС ежедневно. Для КА первой модификации на худших участках орбиты, где максимальны немоделируемые возмущения, действующие на КА, погрешности (СКО) ЭИ составляют по высоте 5 м, вдоль орбиты 20 м, по бинормали 10 м. На лучших участках орбиты

погрешности ЭИ приблизительно в два раза меньше по высоте и вдоль орбиты и, следовательно, погрешности ЭИ, содержащейся в кадрах ЦИ, в среднем составляют (для КА первой модификации) 4,15 м и 10 м соответственно.

Подсистема ЧВО содержит в своем составе следующие совместно расположенные средства:

- наземный Центральный синхронизатор (ЦС) на основе водородного атомного стандарта частоты (АСЧ);
- радиотехническую "беззапросную" измерительную станцию (БИС);
- радиотехническую "запросную" измерительную станцию (ЗИС).

Центральный синхронизатор формирует ШВ системы и опорные сигналы для БИС. Относительное среднеквадратическое отклонение среднесуточных значений частоты водородного стандарта частоты ЦС не хуже $3 \cdot 10^{-14}$.

Беззапросная измерительная станция принимает широкополосные навигационные радиосигналы 1600 МГц и 1250 МГц и измеряет сдвиг $t(t)$ по времени принимаемой ПСП2 относительно опорного сигнала. Принимаемая ПСП2 является "носителем" БШВ, а опорный сигнал - "носителем" ШВ системы.

"Закладка" (обновление) ЧВП на борт КА первой модификации осуществляется в НКУ на каждой витке орбиты КА, т.е. 2 раза в сутки. Эксплуатация КА первой модификации показала, что при обновлении ЧВП на каждой витке (прогноз БШВ на 12 ч) погрешность (СКО) взаимной синхронизации БШВ любых двух КА равна 20 нс, т.е. погрешность прогноза БШВ на 12 ч составляет в среднем 14 нс.

Обратим внимание, что вторая модификация системы ГЛОНАСС (ГЛОНАСС-М) обладает по сравнению с первой следующими преимуществами:

- более стабильный бортовой АСЧ, имеющий среднеквадратическое отклонение среднесуточных значений частоты не хуже $1 \cdot 10^{-14}$;

-погрешности (СКО) БИС и ЗИС снижаются до уровня 0,7 м и соответственно погрешность (СКО) ЧВП составит 5 нс при прогнозе на 12 ч и 7 нс при прогнозе на 24 ч;

-меньше уровень смодулированных возмущений КА, что позволяет повысить точность определения и прогноза ЭИ;

-двухкомпонентный навигационный радиосигнал (узкополосный и широкополосный) в обоих диапазонах частот 1600 МГц и 1250 МГц.

Таким образом, система ГЛОНАСС - М повышает точность навигационных определений, повышает надежность и срок службы бортовой аппаратуры и улучшает целостность системы, а также предусматривает применение дифференциальной подсистемы.

2.4. Совместное использование ГЛОНАСС и GPS

Одним из важнейших направлений совершенствования и развития спутниковой навигации в целях УВД является совместное использование сигналов ГЛОНАСС - М и GPS, т.е. переход к единой глобальной спутниковой навигационной системе GNSS. Основные цели этого процесса - повышение точности и надежности (доступности, непрерывности обслуживания и целостности) навигационных определений.

Наиболее важными предпосылками, облегчающими совместное использование и интегрирование систем GPS и ГЛОНАСС - М, являются:

-общность принципов баллистического построения обеих систем (высота орбиты близка к 20000 км, наклонение орбит составляет около 60°, период обращения КА близок к 12 ч и т.д.);

-общность используемых частотных диапазонов (L1 - 1600 МГц, L2 - 1250 МГц), а также общность сигнально-кодовых конструкций, использующих относительную фазовую манипуляцию и ПСП;

-общность принципов синхронизации и измерения навигационных параметров (применение метода псевдодальностей);

-близость используемых систем координат;

-практическая одновременность создания и модернизации СРНС ГЛОНАСС и GPS;

-готовность правительств США и России предоставить системы для использования различными потребителями мирового сообщества.

Совместное использование двух систем позволит проводить практически круглосуточные навигационные определения во всех районах Земли за счет большого числа КА в совмещенной системе.

Обратим внимание на один очень важный момент. Точность местоопределения ВС связана с точностью измерений через коэффициент, называемый геометрическим фактором (ГФ, см. раздел 3), который отражает оптимальность расположения КА относительно данного ВС и показывает, во сколько раз ошибка местоопределения больше ошибки измерений. Следовательно, чем меньше ГФ, тем меньше ошибка определения местоположения ВС. Наиболее близким к оптимальному является такое расположение измеряемых КА, когда один из них находится в зените пользователя, а три других имеют минимально допустимый угол места и равномерно распределены по азимуту (через 120°). Очевидно, что чем больше КА находится в зоне радиовидимости ВС, тем легче ему выбрать созвездие из четырех КА, близкое к оптимальному, тем меньше может быть геометрический фактор и выше точность навигации, тем лучше решаются задачи УВД и повышается безопасность полетов. Кроме того, точность определений местонахождения ВС может быть повышена за счет обработки избыточной информации при использовании для измерений большого числа КА, чем минимально необходимое (три или четыре).

Особое значение для ГА имеет повышение целостности совместной системы и достоверности навигационных определений, которое достигается не только за счет улучшения контроля сигналов навигационных КА при использовании контрольных станций обеих систем, но и, главным образом, за счет избыточности навигационных КА в зоне видимости пользователя. Это позволяет проводить измерения по шести и более хорошо расположенным

КА, что дает возможность в бортовой аппаратуре пользователя выявить и своевременно исключить из обработки сигналы некачественно работающих КА.

2.5. Режим автоматического зависимого наблюдения

Концепция CNS/ATM, основанная на применении спутниковых технологий, признана единственной, реально решающей проблемы аэронавигационного обеспечения в глобальном масштабе. При этом особое внимание уделяется вопросам наблюдения (Surveillance).

Комитетом FANS подробно были проанализированы два способа наблюдения: кооперативное независимое (КНН-CooperatedIndependent Surveillance- CIS), автоматическое зависимое (АЗН- Automatic Dependent Surveillance -ADS).

Система CIS должна работать следующим образом. По запросу или периодически ВС передает сигналы, формат которых близок к формату вторичной радиолокации (ВРЛ) с адресным запросом (режим S-selective). Сигнал, содержащий информацию о бортовом номере и высоте ВС, должны принять и ретранслировать на Землю как минимум два ИСЗ. Наземная станция, располагая информацией о положении ИСЗ и временем задержки сигнала, излученного ВС, а также зная из сообщения ВС его высоту, рассчитывает координаты ВС и сообщает их диспетчеру УВД.

Для технической реализации системы CIS требуется развернуть еще одну глобальную спутниковую систему, по сложности не уступающую спутниковым навигационным системам. Поэтому за основу была принята концепция АЗН, для реализации которой достаточно иметь спутниковую навигационную (ГЛОНАСС или GPS) и связную системы. В соответствии с концепцией АЗН информация о местоположении ВС, вырабатываемая бортовыми системами, по линии передачи данных направляется в центры УВД. По этому же каналу обеспечивается прямая связь диспетчера УВД с экипажем ВС.

В принципе, концепцию АЗН не обязательно связывать со спутниковыми технологиями. Ведь передача высоты полета ВС с борта по каналу ВРЛ является элементом зависимого наблюдения по одной координате. При этом не обязательно передавать координаты ВС, определенные с помощью СРНС. Есть совершенные инерциальные системы, корректируемые по ходу полета, есть системы ближней и дальней навигации. Однако в процессе полета ВС пользуются различными способами пилотирования и, например, ВС может лететь на радиомаяк, местоположение которого известно, и не пересчитывать свои координаты в географические или еще какие-либо. Системы имеют различную точность, надежность, целостность. А для зависимого наблюдения необходимо привязать данные к одной и той же системе координат, обозначить точный момент измерения координат бортовыми системами, знать характеристики погрешностей измерений, успеть автоматически обработать эти данные и представить их на автоматизированное рабочее место диспетчера. Все процессы должны быть увязаны по времени, форматам сообщений, а аппаратура состыкована, что на старых типах ВС сделать невозможно. Если используются АЗН для УВД, то все ВС, находящиеся в зоне ответственности диспетчера, должны быть оснащены аппаратурой АЗН, что тоже является немалой проблемой. Поэтому концепция АЗН в наиболее четкой и законченной форме просматривается именно для спутниковой технологии.

При АЗН данные от навигационных систем ВС автоматически, в том числе по автоматическому запросу с Земли, должны передаваться на Землю для использования службами воздушного движения. Для того чтобы это сделать, необходимо:

- определить состав передаваемой информации;
- проанализировать ситуации в полете и оценить их удельный вес и степень срочности передачи информации в каждой ситуации;
- рассмотреть, как обрабатываются и прогнозируются сообщения на Земле;

- рассмотреть, как определены максимальный и минимальный интервалы передачи сообщений;
- учесть специфику установления радиосвязи в радиолинии и возможности реакции радиосвязной системы на потребности в изменении скорости передачи информации.

ГЛАВА 3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.

Задачей экономического развития Республики Узбекистан является повышение эффективности производства на основе ускорения научно-технического прогресса и экономии всех видов ресурсов.

Ускоренные внедрения достижений научно-технического прогресса в производство и эксплуатацию авиационной техники охватывает специфический круг проблем, среди которых важнейшее значение приобретает выбор наиболее эффективных направлений научно-исследовательских работ, целесообразности проектирования тех или иных моделей новых летательных аппаратов.

При существующих скоростях и высотах невозможно осуществлять полёт без стабильной и достоверной информации о параметрах полёта, режимах работ двигателей и многочисленных бортовых устройств и агрегатов, поэтому роль авиационных приборов и автоматических систем в обеспечении безопасности полётов постоянно возрастает.

Информация, поступающая от бортовых систем и датчиков первичной информации, обрабатывается с помощью электронных бортовых машин, и автоматические устройства выдают команды для выполнения операций по обеспечению всех режимов полёта.

3.1. Заработная плата диспетчеров УВД.

Заработная плата диспетчеров УВД согласно Отраслевого, тарифного соглашения между центральной комитетом профсоюза авиа работников и национальной авиакомпания «Узбекистан хавойуллари» и Положении по оплате труда авиа работников национальной авиакомпании «Узбекистан хавойуллари».

Тарифное соглашение является основной для заключения коллективных договоров, трудовых договоров (контрактов) в структурных единицами предприятиях Национальной Авиакомпаний и все

предусмотренные им дополнительные права, льготы, гарантии, компенсации, оплата труда и условия труда является минимально обязательными.

Настоящее отраслевое тарифное соглашение заключено между центральным комитетом профсоюза эпитетом профсоюзам авиа работников Узбекистана дирекцией Национальной авиакомпании «Узбекистан хавойуллари» в целях создания системы партнерства в регулировании труда всех отношений, установления здоровых и безопасных условий труда и реализации социально экономических льгот, гарантий, компенсаций для работников и их защищенности в вопросах занятости и направлено на обеспечение стабильной работы гражданской авиации Республики Узбекистан и удовлетворение потребностей населения и экономики республики в авиационных услугах.

Соглашение устанавливает дополнительные по сравнению с законодательством права, льготы, гарантии и компенсации, оплату и условия труда всех структурных единиц и предприятий Национальной авиакомпании и регулирует обязательства сторон.

3.2. Заработная плата руководителя полетов.

Согласно приложению №1 к Отраслевому тарифному соглашению между центральным комитетом профсоюза авиаработников Дирекцией национальной авиакомпании вводится тарифная сетка коэффициентов, соответствующей разрядам по оплате труда рабочих, специалистов, служащих и руководителей структурных подразделений Национальной авиакомпании. Согласно тарифной сетке должностной оклад работника основной деятельности определяется умножением тарифного коэффициента соответствующего разряда на минимальную заработную плату, установленную в Республике Узбекистан с применением повышающего коэффициента.

Согласно приложению №5 к Отраслевому соглашению даны разряды по оплате труда работников Центра. «Узавиация» Национальной

авиакомпания «Узбекистан хавойулари», установленный разряд полетов равен 5. На этом же приложении коэффициент равен на равен 8,28. Согласно приложению №5 коэффициент руководителя полетов равен 8,28. Таким образом, должностной оклад руководителя полетов вычисляется по следующим образом (таб.№1).

Должность	Разряд	Коэффициент согласно тарифной сетке приложения №1	Повышающий коэффициент	Минимальная заработная плата, установленная в РУз.	Должностной оклад
1	2	3	4	5	6
Руководитель полетов	15	8,28	1,336	62000	731218

Табл. 1. Расчет должностного оклада руководителя полетов

Согласно Положению по оплате труда авиаработников национальной авиакомпании «Узбекистан хавойуллари» устанавливается сдельная и повременная оплата труда: руководителям, специалистам и служащим должностные оклады, рабочим должностные оклады, часовые тарифные ставки и сдельные расценки.

По данным Положения доплаты для работников Управления воздушным движением производится по следующим частям:

- работникам, владеющим иностранным языком не ниже 4-го уровня по шкале ИКАО и применяющим их в работе, устанавливаются надбавки к должностному окладу (тарифной ставке в размер 15% от должностного оклада;

- с учетом выполняемых объемов работ устанавливается следующий класс служб и пунктов ОВД центра «Узаэронавигация»:

I класс:

а) Ташкентское, Нукусское, Самаркандское территориальное отделение;

б) ВРЦ - Навои, Термез, Наманган.

II класс:

а) Территориальные отделения (диспетчерские пункты с непосредственным ОВД) по всем регионам Республики Узбекистан.

Установлена дополнительная оплата к окладу за интенсивный труд руководителю полетов, старшим диспетчерам и диспетчерам Центра «Узавронавигация», имеющим действующее свидетельство авиационного диспетчера из следующего расчета:

- Ташкент, Навои, Термез – 20%;
- Самарканд – 15%;
- Нукус – 10%;
- Наманган – 5%.

Таким образом, итоговая заработная плата Руководителя полетов отображается в табличной форме (табл. №2) следующим образом:

Должность	Должностной оклад согласно табл. №1	Надбавка за инос. язык, 15%	Дополнительная оплата, 20%	Заработная плата(сум) в месяц
1	2	6	4	5
Руководитель полетов	731218	110000	146000	987218

Табл. 2. Итоговая заработная плата руководителя полетов

Таким образом, заработная плата руководителя полетов согласно таблице №1 и таблице №2, и согласно отраслевого тарифного соглашения между центральным комитетом профсоюза авиаработников и национальной авиакомпанией «Узбекистан хавойўллари», составляет 987218 сум в месяц.

ГЛАВА 4. ОХРАНА ТРУДА.

Охрана труда представляет собой действующую на основании принятых в Республике Узбекистан законодательных и иных нормативных актов систему социально-экономических, организационных, технических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, направленных на обеспечение безопасности, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

При решении конкретных задач безопасного и эффективного управления воздушным движением, охрана труда, как правило, обращается к эргономики-научной дисциплине, чающей взаимосвязи человека и окружающей рабочей среды с целью рекомендации оптимальных и безопасных условий труда.

Работа по охране труда летного и обслуживающего персонала при выполнении полетов проводится в соответствии с Положением об организации работы по охране труда в гражданской авиации.

Ответственность за общее состояние охраны труда летного и обслуживающего персонала при выполнении полетов несут руководители авиапредприятий, летных подразделений и организаций гражданской авиации. Эти руководители в своей деятельности по охране труда руководствуются Трудовым кодексом РУз, законом РУз "Об охране труда", стандартами безопасности труда, нормативными документами (нормами, правилами, техническими рекомендациями) по безопасности труда.

Летный и обслуживающий персонал экипажа обязан соблюдать установленные правила (требования) по охране труда и технике безопасности, технологическую и производственную дисциплину.

Повседневный надзор за соблюдением трудового законодательства, выполнением требований Положения о рабочем времени и времени отдыха членов экипажей воздушных судов гражданской авиации, требований производственной санитарии и правил техники безопасности осуществляют

и несут за это ответственность командиры летных подразделений, руководители организаций гражданской авиации.

4.1. Требования безопасности по охране труда для специалистов УВД Ташкентского Центра АС УВД.

К работе в качестве специалиста УВД допускаются лица не моложе 19 лет, прошедшие медицинское обследование, вводящий инструктаж по охране труда. После этого специалист УВД проходит первичную проверку знаний по охране труда в экзаменационной комиссии ЦУАН. В дальнейшем он проходит периодический инструктаж по охране труда один раз в шесть месяцев с подтверждением этого в журнале учета инструктажей на рабочем месте.

Специалист УВД Ташкентского Центра АС УВД обязан:

- выполнять инструкцию по охране труда, правила внутреннего трудового распорядка Центра «Узаэронавигация»;
- правила пожарной безопасности;
- не допускать на рабочее место лиц, не имеющих отношения к выполняемой работе;
- иметь 1 группу по электробезопасности;
- знать и выполнять правила личной гигиены, не курить в помещениях ТЦ АС УВД и не употреблять спиртные напитки до и во время работы, по которой прошел обучение;
- выполнять требования знаков безопасности;
- уметь пользоваться средствами пожаротушения.

Специалист УВД Ташкентского Центра АС УВД, допустивший нарушения требований инструкции по охране труда, привлекается к дисциплинарной ответственности согласно правилам внутреннего трудового распорядка ЦУАН, а если эти нарушения связаны с причинением материального ущерба предприятию, несет и материальную ответственность в установленном порядке.

Требования безопасности перед началом работы:

- подготовить рабочее место;
- в процессе предсменного инструктажа специалист УВД получает информацию о готовности к работе электро-, радио- и светотехнических средств от специалистов КРТОП, ЭСТОП и специалистов УВД, сдающих дежурство и принятых мерах по устранению неисправностей, выявленных предшествующей сменой;
- специалист УВД проверяет исправность оборудования.

Требования безопасности во время работы:

- при работе с радиотехническим оборудованием выполнять только те операции, которые предусмотрены инструкцией по его эксплуатации для специалистов УВД Ташкентского Центра АС УВД;
- запрещается вскрывать пульта, люки, телефонные аппараты, разъемы и электрические розетки, ремонтировать радио и электрооборудование, как специальных, так и бытовых приборов;
- в случае появления недостатков в работе радиотехнических средств немедленно доложить сменному инженеру РТО Ташкентского Центра АС УВД;
- передвижение по территории аэродрома должно быть, как правило, на автомашине ППРП. В случаях передвижения пешком, передвижение производится согласно маркировки аэродрома, с соблюдением мер предосторожности и постоянной осмотрительности;
- не перебегать рулежные дорожки перед рулящими самолетами и не находиться у самолетов с работающими двигателями, впереди – ближе 50 метров, сзади – ближе 100 метров, а также в плоскости вращающихся винтов;
- не находится в секторах, не указанных в пропуске работника;
- не принимать пищу на рабочих местах, не размещать на пультах УВД и другом технологическом оборудовании и в непосредственной близости от них построение предметы;

- не выполнять функциональные обязанности работников других служб.

Требования безопасности в аварийных ситуациях:

- при возникновении электрических замыканий, приведших к возгоранию электропроводки или оборудования немедленно доложить РП, сменному инженеру РТО;

- при ухудшении самочувствия во время дежурства необходимо немедленно доложить РП и потребовать замену, а РП организывает подмену и немедленно вызывает дежурного врача по тел. 34-52, 140-28-95;

- при возникновении пожара вызывать команду АСС (по местному телефону: 69-81, 60-03, 60-11, 10-25 или ПГС) и принять меры по ликвидации очага пожара.

Требования безопасности по окончании работы:

- привести в порядок рабочее место. При имеющихся недостатках в работе оборудования, специалист УВД должен оповестить об этом РП и диспетчера заступающей смены.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К перспективным СРНС относится проект европейской СРНС Галилео, разрабатываемой по инициативе ЕС и Европейского космического агентства. Он предусматривает создание и обеспечение функционирования глобальной СРНС под гражданским управлением. Предполагается, что система должна основываться на 21 или более среднеорбитальном КА (СКА), которая дополняется тремя геостационарными КА. Соответствующая наземная инфраструктура будет включать глобальную сеть станций мониторинга, объединяемую с наземными станциями передачи данных на геостационарные КА в единую систему управления.

Предполагается, что Галилео строится на принципах открытой архитектуры, будет совмещаться и взаимодействовать с GPS и, возможно, с ГЛОНАСС. Кроме того, предполагается, что Галилео дополнительно будет включать функции обмена данными, что позволит в большей мере использовать ее для нужд УВД в реальном масштабе времени. При этом системы Галилео и GPS будут независимыми, но совместимыми и взаимодействующими, совместное использование которых должно обеспечить для разных применений требуемые характеристики обслуживания.

Точность определения навигационных параметров Галилео должна существенно превосходить точность общедоступного канала GPS и обеспечивать местоопределение всех потребителей с точностью в несколько метров. Погрешность (2СКО) определения (совместно с GPS) плановых координат должна быть не более 10м при доступности не менее 0.96 и угле места КА более 35 градусов, а погрешности (2СКО) определения высоты должны составлять не более 4м при доступности 0,99999 и угле места КА более 5 градусов. Также характеристики должны удовлетворить требованиям посадки ВС по 1-й категории ИКАО. С локальными дополнениями точность

местопределения ВС над сушей и в прибрежных водах должна быть не хуже 0,5м (2СКО) при доступности 0,99999 и угле места более 15 градусов.

В системе Галилео планируется новая структура сигнала, излучаемого КА, отличающаяся от структуры сигналов систем ГЛОНАСС и GPS более высокой тактовой частотой, что повысит потенциальную точность измерения ПД и скорость передачи потребителям навигационной информации. В совокупности с геометрией расположения навигационных ИСЗ, благоприятной для равномерного расположения рабочих зон навигации по Земному шару, это будет способствовать достижению в глобальном масштабе более высоких характеристик по точности и доступности навигационного обеспечения потребителей.

При этом применение Галилео в ГА связывается с совершенствованием УВД, уменьшением протяженности маршрутов, с ускоренным доступом в аэропорты и, в конечном счете, с более эффективным использованием ВС и наземной инфраструктуры. Галилео позволит обеспечить заход на посадку в большинстве аэропортов в соответствии с требованиями 1-й категории ИКАО, повысить безопасность полетов и значительно уменьшить стоимость наземной инфраструктуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации. - М.: ЭКО – ТРЕНДЗ, 2000.
2. Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации (SARPS). Т. 1 (Радионавигационные средства). ИКАО, 2004.
3. Поправки 76 и 79 к Международным стандартам и Рекомендуемой практике (SARPS). ИКАО, 2001, 2004.
4. Пятко С.Г. Автоматизированные системы УВД. - СПб, 2004.
5. Логвин А.И., Соломенцев В.В. Спутниковые системы навигации и управления воздушным движением. - М.: МГТУ ГА, 2005