

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ РАДИОНАВИГАЦИОННЫЙ ПЛАН 2008

ПРИМЕЧАНИЕ

Правительство США не занимается рекламой изделий и изготовителей. Торговые имена и названия изготовителей упоминаются в этом документе только в силу того, что они были сочтены важными в рамках данного отчета.

Федеральный радионавигационный план 2008 года

Федеральный радионавигационный план (ФРП) является официальным изложением политики и планов федерального правительства, как предусмотрено Законом о финансировании национальной безопасности на 1998 финансовый год (10-ый свод законов США (U.S.C.) 2281(c)). Этот план совместно подготовлен Министерством обороны (МО), транспорта (МТ) и внутренней безопасности (МВБ) при помощи других государственных органов. Данное издание ФРП обновляет и заменяет ФРП 2001 и ФРП 2005, в нем рассмотрены радионавигационные системы общего применения (то есть используемые как в гражданском, так и в военном секторах). Системы, предназначенные исключительно для военного применения, описаны в главном плане местоопределения, навигации и синхронизации (MPNTP) Председателя объединенного комитета начальников штабов (CJCS).

ФРП содержит введение, разделы о политике, рабочих планах и исследованиях и разработках, сформулированы задачи и обязанности правительства, требования пользователей и приведены описания систем. Он позволит более эффективно и ответственно изменять политику и планы работ. По мере необходимости ФРП периодически переиздается.

Приветствуются ваши предложения и рекомендации по улучшению последующих изданий.

Министр транспорта
(подпись)

Министр обороны
(подпись)

Министр внутренней безопасности
(подпись)

| | |
|---|------------|
| Содержание | стр |
| Перечень сокращений | 11 |
| Основные положения | 18 |
| 1. Введение в Федеральный радионавигационный план | 21 |
| 1.1 Историческая справка | 21 |
| 1.2 Назначение | 21 |
| 1.3 Область действия | 21 |
| 1.4 Цели | 22 |
| 1.5 Властные структуры, обеспечивающие радионавигационные службы | 22 |
| 1.6 Соображения по выбору радионавигационных систем | 24 |
| 1.6.1 Эксплуатационные соображения | 25 |
| 1.6.1.1 Факторы выбора военных систем | 25 |
| 1.6.1.2 Совместимость гражданских и военных систем | 26 |
| 1.6.1.3 Экспертиза и утверждение | 27 |
| 1.6.2 Технические соображения | 27 |
| 1.6.2.1 Степень защищенности GPS в национальной транспортной инфраструктуре | 27 |
| 1.6.2.2 Обнаружение помех и план по их ослаблению | 28 |
| 1.6.3 Экономические соображения | 29 |
| 1.6.4 Специальные соображения | 30 |
| 1.6.4.1 Возмещение расходов на радионавигационные службы | 30 |
| 1.6.4.2 Доступность сигнала | 31 |
| 1.6.4.3 Роль частного сектора | 31 |
| 1.6.5 Международные соображения | 32 |
| 1.6.6 Соображения о совместном режиме работы | 33 |
| 1.6.7 Проблемы по разделению спектра радиочастот | 34 |
| 2. Роли и обязанности | 37 |
| 2.1 Национальный исполнительный комитет по спутниковым системам МНС (местоопределения, навигации и синхронизации) | 38 |
| 2.2 Обязанности МО | 39 |
| 2.2.1 Оперативное управление | 42 |
| 2.2.2 Административное управление | 42 |
| 2.2.2.1 Исполнительный комитет по МНС при МО | 42 |
| 2.2.2.2 Рабочая группа по МНС при МО | 43 |
| 2.2.2.3 Рабочая группа по Navwar (использованию навигации в военных целях) при МО | 43 |
| 2.2.2.4 Военные ведомства и центры по обслуживанию | 43 |
| 2.3 Обязанности МТ (министерства транспорта) | 43 |
| 2.3.1 Исполнительный комитет по POS/NAV (местоопределению и навигации) при МТ | 45 |
| 2.3.1.1 Рабочая группа по POS/NAV (местоопределению и навигации) при МТ | 45 |
| 2.3.2 Исполнительный комитет при МТ по расширенному POS/NAV | |

| | |
|---|----|
| (местоопределению и навигации) | 46 |
| 2.3.2.1 Рабочая группа при МТ по расширенному POS/NAV (местоопределению и навигации) | 46 |
| 2.3.2.2 Комитет по взаимодействию со службами гражданских GPS (CGSIC) | 46 |
| 2.3.3 Другие агентства при МТ | 47 |
| 2.4 Обязанности МВБ (министерства внутренней безопасности) | 48 |
| 2.4.1 Береговая охрана США (USCG) | 49 |
| 2.5 Обязанности минторговли (DOC) | 50 |
| 2.6 Обязанности министерства иностранных дел | 50 |
| 2.7 Обязанности НАСА | 51 |
| 3. Политика в области радионавигационных систем | 52 |
| 3.1 Общие положения | 52 |
| 3.2 GPS | 53 |
| 3.2.1 Исполнительные службы | 53 |
| 3.2.2 Службы GPS | 55 |
| 3.2.2.1 Служба стандартного местоопределения (SPS) | 55 |
| 3.2.2.2 Служба точного местоопределения (PPS) | 56 |
| 3.2.3 Использование навигации в военных целях (Navwar) | 56 |
| 3.2.4 Дублирование GPS | 56 |
| 3.2.5 Синхронизация | 57 |
| 3.2.6 Мониторинг GPS сигнала | 57 |
| 3.2.7 Усовершенствованные GPS сигналы | 58 |
| 3.2.7.1 Сигналы гражданского назначения | 58 |
| 3.2.7.2 Дискретность бескодового и полукодового доступа GPS | 58 |
| 3.2.7.3 Сигналы военного назначения | 58 |
| 3.2.8 Использование в военных целях сигналов GPS гражданского назначения | 59 |
| 3.2.9 Будущее GPS | 60 |
| 3.3 Смягчение последствий отказов служб спутниковой навигации | 60 |
| 3.3.1 Смягчение последствий отказов в авиационных операциях | 60 |
| 3.3.2 Смягчение последствий отказов в морских операциях | 62 |
| 3.3.3 Смягчение последствий отказов в наземных операциях | 63 |
| 3.3.4 Смягчение последствий отказов в железнодорожных перевозках | 64 |
| 3.3.5 Смягчение последствий отказов для не относящихся к навигации применений | 64 |
| 3.3.6 Смягчение последствий отказов в НАСА | 65 |
| 3.4 Стратегия перехода к аэронавигации | 66 |
| 3.4.1 Переход к спутниковой радионавигации (SATNAV) | 66 |
| 3.4.2 Проблемы, связанные с переходом к спутниковой навигации (SATNAV) | 66 |
| 4. Требования потребителя к радионавигационным системам | 68 |
| 4.1 Требования к радионавигационным системам | 69 |
| 4.2 Требования к авиационным радионавигационным системам | 69 |
| 4.2.1 Этапы воздушной навигации во время полета и требования к | |

| | |
|--|-----|
| текущей точности | 73 |
| 4.2.1.1 Навигация при полете по маршруту | 73 |
| 4.2.1.2 Навигация на конечном этапе | 76 |
| 4.2.1.3 Навигация на этапе взлета, заходе на посадку и посадки | 77 |
| 4.2.1.4 Наземный (на территории аэродрома) этап навигации | 79 |
| 4.2.2 Повышенные требования к авиационной навигации | 79 |
| 4.2.2.1 Навигация при полете по маршруту | 80 |
| 4.2.2.2 Навигация при полете по маршруту над океаном | 80 |
| 4.2.2.3 Навигация на конечном участке полета | 80 |
| 4.2.2.4 Навигация на этапе взлета, захода на посадку и при посадке | 81 |
| 4.2.2.5 Наземный (на территории аэродрома) этап навигации | 82 |
| 4.3 Требования к будущим морским радионавигационным системам | 82 |
| 4.3.1 Этапы морской навигации | 82 |
| 4.3.1.1 Навигация во внутренних водах | 82 |
| 4.3.1.2 Навигация при входе в гавань и причаливании | 82 |
| 4.3.1.3 Береговая навигация | 83 |
| 4.3.1.4 Навигация в океане | 83 |
| 4.3.2 Современные требования к морской навигации | 84 |
| 4.3.2.1 Навигация во внутренних водах | 85 |
| 4.3.2.2 Навигация при входе в гавань и причаливании | 86 |
| 4.3.2.3 Навигация в прибрежном районе | 88 |
| 4.3.2.4 Навигация в океане | 91 |
| 4.3.3 Будущие требования к морским навигационным системам | 92 |
| 4.3.3.1 Безопасность | 92 |
| 4.3.3.2 Экономичность | 93 |
| 4.3.3.3 Окружающая среда | 93 |
| 4.3.3.4 Энергосбережение | 94 |
| 4.4 Требования к космической радионавигации | 94 |
| 4.4.1 Сообщество пользователей космической навигации | 94 |
| 4.4.2 Использование GPS сообществом космических пользователей | 94 |
| 4.4.3 Требования к современным космическим радионавигационным системам | 95 |
| 4.4.3.1 Навигация космических кораблей | 95 |
| 4.4.3.2 Научно-техническое обеспечение | 95 |
| 4.4.3.3 Критерии GPS | 96 |
| 4.5 Требования к наземной радионавигации | 96 |
| 4.5.1 Категории наземного транспорта | 96 |
| 4.5.1.1 Автомагистрали | 96 |
| 4.5.1.2 Транзит | 97 |
| 4.5.1.3 Железнодорожный транспорт | 98 |
| 4.5.2 Требования к современным наземным транспортным средствам | 100 |

| | |
|---|-----|
| 5. Рабочие планы в области систем радионавигациипланы | 102 |
| 5.1 Рабочие планы | 102 |
| 5.1.1 Глобальная система позиционирования (GPS) | 102 |
| 5.1.2 Модернизация GPS | 103 |
| 5.1.3 Дополнение к GPS | 105 |
| 5.1.3.1 Морские и национальные дифференциальные GPS | 105 |
| 5.1.3.2 Широкозонная дополняющая система (WAAS) | 109 |
| 5.1.3.3 Дополняющая система локальной зоны действия (LAAS) | 109 |
| 5.1.3.4 Объединенная система точного приземления и посадки (JPALS) | 110 |
| 5.1.3.5 Система Национальных базовых станций непрерывного действия (CORS) | 110 |
| 5.1.4 Система Loran | 112 |
| 5.1.4.1 Loran-C | 112 |
| 5.1.4.2 e Loran-C | 112 |
| 5.1.5 Всенаправленные радиомаяки (VOR) и дальномерная аппаратура (DME) | 113 |
| 5.1.6 Tактическая аэронавигационная аппаратура TACAN | 113 |
| 5.1.7 ILS –система посадки по приборам | 114 |
| 5.1.8 Всенаправленные радиомаяки (NDB) | 115 |
| 5.2 Навигационные информационные службы | 115 |
| 5.2.1 Навигационная информационная служба USCG | 115 |
| 5.2.2 GPS NOTAM. Аэронавигационная информационная система | 118 |
| 5.2.3 WAAS NOTAM и Аэронавигационная информационная система | 121 |
| 5.2.4 Морские информационные системы | 123 |
| 5.3 NASA GPS данные и службы для космических пользователей | 126 |
| 5.3.1 Международная служба GNSS (IGS) | 126 |
| 5.3.2 Космические средства определения дальности (SBR) и метрическое слежение (GPS MT) | 126 |
| 5.3.3 Глобальная дифференциальная GPS и дополнительная служба TDRSS для спутников (TASS) | 127 |
| 5.4 Будущее – Построение национальной структуры местоопределения, навигации и синхронизации (МНС) | 127 |
| 5.4.1 Лидерство США в глобальном МНС | 128 |
| 5.4.2 Стратегия – приведение к общему знаменателю | 129 |
| 5.4.3 Вектор – многочисленные факторы (явления) | 129 |
| 5.4.4 Вектор – взаимозаменяемые решения | 129 |
| 5.4.5 Вектор – Слияние МНС с системами связи | 130 |
| 5.4.6 Вектор – Совместные организационные структуры | 130 |
| 5.4.7 Дальние перспективы для МНС | 130 |
| Приложение А Геодезические исходные данные и системы отсчета | 131 |
| А.1 Исходные данные | 131 |
| А.2 Геодезическая система отсчета | 132 |
| А.3 Геоид | 133 |
| А.4 Карты суши | 134 |
| А.5 Морские карты | 134 |

| | |
|--|-----|
| A.6 Аэронавигационные карты | 134 |
| A.6 Точности карт и диаграмм | 135 |
| Приложение В Параметры системы и описания | 136 |
| В.1 Параметры системы | 136 |
| В.1.1 Характеристики сигнала | 136 |
| В.1.2 Точность измерения параметров | 136 |
| В.1.3 Доступность | 138 |
| В.1.4 Зона действия (покрытие) | 138 |
| В.1.5 Надежность | 138 |
| В.1.6 Частота выдачи параметров | 138 |
| В.1.7 Размерность измерения | 138 |
| В.1.8 Функциональные возможности системы | 138 |
| В.1.9 Неоднозначность | 139 |
| В.1.10 Целостность | 139 |
| В.2 Описание системы | 139 |
| В.2.1 GPS | 139 |
| В.2.2 Дополнения к GPS | 143 |
| В.2.2.1 Морские и национальные дифференциальные GPS (DGPS) | 145 |
| В.2.2.2 Национальные DGPS | 151 |
| В.2.2.3 Аэронавигационная широкозонная дополнительная система (WAASS) | 154 |
| В.2.2.4 Аэронавигационная GPS дополнительная система локальной зоны (LAAS) | 158 |
| В.2.2.5 Национальные базовые станции непрерывного действия (CORS) | 160 |
| В.2.3 Система дальней радионавигации Loran | 161 |
| В. 2.4 Всенаправленные радиомаяки (VOR), дальномерная аппаратура (DME) и тактическая аэронавигационная система ТАКАН (TACAN) | 165 |
| В.2.4.1 Система VOR | 165 |
| В.2.4.2 Система DME | 165 |
| В.2.4.3 Система TACAN | 172 |
| В.2.5 ILS (система посадки по приборам) | 174 |
| В.2.6 Система MLS | 179 |
| В.2.7 Аэронавигационные всенаправленные радиомаяки (NDB) | 182 |
| В.2.8 Радиомаяки морского назначения | 185 |
| Приложение D Термины и определения | 186 |
| Литература | 192 |

Перечень рисунков

| | |
|---|-----|
| Рис. 2-1 Структура управления космическим местоопределением, навигацией и синхронизацией | 37 |
| Рис. 2-2 Структура управления МНС при МО США | 41 |
| Рис. 2-3 Структура управления навигацией при минтранспорта (МТ) | 45 |
| Рис. 5-1 Партнеры в системе эталонных станций с непрерывной работой | 111 |
| Рис. 5-2 Данные навигационной информационной службы | 116 |
| Рис. 5-3 Система распределения GPS NOTAM и аэронавигационной информации | 120 |
| Рис. 5-4 NGA морская широковещательная система предупреждения, охватывающая морские зоны IV и XII | 123 |
| Рис. 5-5 ИНО/ИМО всемирная навигационная служба предупреждения, NAVAREA широковещательная служба | 125 |
| Рис. В-1 Структура морской DGPS | 146 |
| Рис. В-2 Зона действия комбинированного DGPS сигнала | 148 |
| Рис. В-3 Зона действия службы MDGPS | 149 |
| Рис. В-4 USACE зона охвата внутренних водных путей | 149 |
| Рис. В-5 Покрытие с помощью системы NDGPS | 150 |
| Рис. В-6 NDGPS навигационная служба | 152 |
| Рис. В-7 Система WAAS | 154 |
| Рис. В-8 Зона действия, обеспечиваемая США или станциями Loran-C | 164 |

Перечень таблиц

| | | |
|--------------|--|-----|
| Таблица 4-1 | Компоненты и службы навигационной инфраструктуры | 74 |
| Таблица 4-2 | Современные требования морских пользователей с целью планирования и разработки этапа внутренних водных путей | 86 |
| Таблица 4-3 | Современные требования морских пользователей и преимущества с целью планирования и разработки- этапа входа в гавань и причаливания | 87 |
| Таблица 4-4 | Современные требования морских пользователей и преимущества с целью планирования и разработки - прибрежной фазы | 88 |
| Таблица 4-5 | Современные требования морских пользователей и преимущества с целью планирования и разработки – этапа навигации в океане | 90 |
| Таблица 4-6 | ITS пользовательские службы, требующие использования радионавигации | 97 |
| Таблица 4-7 | Местоопределение наземных транспортных средств/точностные характеристики навигационной системы/требования | 99 |
| Таблица 5-1 | Службы NIS (навигационной информационной системы) | 117 |
| Таблица В-1 | Характеристики GPS/SPS | 141 |
| Таблица В-2 | Характеристики службы MDGPS и NDGPS (сигнал в пространстве) | 147 |
| Таблица В-3 | Характеристики системы Logan-C (сигнал в пространстве) | 162 |
| Таблица В-4 | Характеристики системы VOR и VOR/DME (сигнал в пространстве) | 166 |
| Таблица В-5 | Объемы стандартной службы VOR/DME/TACAN (SSV) | 168 |
| Таблица В-6 | Характеристики системы TACAN (сигнал в пространстве) | 172 |
| Таблица В-7 | Характеристики ILS (системы посадки по приборам) | 175 |
| Таблица В-8 | Авиационные маркерные маяки | 177 |
| Таблица В-9 | Характеристики MLS (микроволновой системы посадки) (сигнал в пространстве) | 179 |
| Таблица В-10 | Характеристики радиомаяка (сигнал в пространстве) | 183 |

Перечень сокращений

Ниже приведен список аббревиатур названий организаций и технических терминов, используемых в этом плане

| | |
|-----------|--|
| AAM | Автоматическое картографирование |
| ABAS | Бортовая система функционального дополнения |
| ADF | Автоматический радиопеленгатор |
| ADS | Автоматическое зависимое наблюдение (разведка) |
| ADS-B | Автоматическое зависимое наблюдение-радиовещание |
| ADS-C | Автоматическое зависимое наблюдение-контракт |
| AFSS | Автоматические станции обслуживания полетов |
| A/G | Воздух-земля |
| AGL | выше уровня земли |
| AIM | Руководство по аэронавигационной информации |
| AIS | Автоматическая система идентификации |
| AM | Амплитудная модуляция |
| ANLE | Сеть аэропортов и оборудование для определения местоположения |
| ANSP | Провайдер воздушной навигационной службы |
| ARNS | Авиационная радионавигационная служба |
| ASD (NII) | Заместитель министра обороны по информационной инфраструктуре |
| ASR | РЛС наблюдения за аэропортами |
| ATC | Управление воздушным движением |
| ATCSCC | Центр командования системами контроля воздушным движением |
| BIPM | Бюро мер и весов |
| BTS | Бюро по транспортной статистике |
| C/A | Код C/A (грубый) |
| CCW | Кодированный непрерывный сигнал |
| CEP | Вероятностная круговая ошибка |
| CFR | Кодекс федеральных постановлений |
| CGS | Служба гражданских GPS |
| CGSIC | Комитет по взаимодействию со службами гражданских GPS |
| CJCS | Глава комитета начальников штабов |
| CNS | Связь, навигация и разведка |
| CONUS | Пограничные штаты США |
| CORS | Базовые станции непрерывного действия |
| CPDLC | Линия связи пилота контроллера |
| COSMIC | Система наблюдения созвездия спутников по метеорологии, за ионосферой и климатом |
| CRAF | Резервный флот гражданской авиации |

| | |
|---------|--|
| DGPS | Дифференциальная глобальная система позиционирования |
| DHS | Министерство внутренней безопасности (МВБ) |
| DIA | Разведывательное управление министерства обороны |
| DINS | NOTAM служба интернета минобороны |
| DME | Аппаратура для измерения дальности |
| DNI | Директор национальной разведки |
| DOC | Министерство торговли |
| DoD | Министерство обороны |
| DOI | Министерство внутренних дел |
| DOS | Министерство иностранных дел |
| DOT | Министерство транспорта |
| DUATS | Система прямого доступа пользователя |
| EA | Электронная атака |
| EFVS | Усовершенствованная видеосистема для отображения полета |
| EGM | Гравитационная модель Земли |
| eLoran | Усовершенствованная система Loran |
| ESRL | Лаборатория по исследованию Земли |
| ExComm | Исполнительный комитет |
| FAA | Федеральное авиационное управление |
| FAF | Место самолета, определяемое для конечного захода на посадку |
| FAR | Федеральное авиационное постановление |
| FCC | Федеральная комиссия по системам связи |
| FDE | Обнаружение ошибок и их устранение |
| FHWA | Федеральное управление по автомобильным дорогам |
| FL | Эшелон полета |
| FMCSA | Федеральное управление по безопасности автосредств |
| FMS | Системы управления полетом |
| FOC | Полная эксплуатационная готовность |
| FRA | Федеральное управление железных дорог |
| FRP | Федеральный радионавигационный план (ФРП) |
| FRS | Федеральные радионавигационные системы |
| FSS | Станция обслуживания полетов |
| FTA | Федеральное управление по пассажирским перевозкам |
| FTE | Полетная техническая ошибка |
| GATM | Глобальное управление воздушным движением |
| GBAS | Наземные системы функционального дополнения |
| GDGPS | Глобальная дифференциальная GPS |
| GDOP | Геометрический фактор снижения точности |
| GEO | Геостационарная околоземная орбита |
| GES | Наземная станция передачи данных |
| GIS | Географические информационные системы |
| GLONASS | Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС (РФ) |
| GNSS | Глобальная навигационная спутниковая система |
| GPS | Глобальная система позиционирования |

| | |
|----------|--|
| GPS- MT | GPS-метрическое слежение |
| GRS | Геодезическая система отсчета |
| HA-NDGPS | Высокоточная национальная дифференциальная GPS |
| HEA | Вход в гавань и причаливание |
| HSPD-7 | Президентский указ 7 о внутренней безопасности |
| HUD | Дисплей-шлем |
| IAG | Международная ассоциация геодезии |
| IALA | Международная ассоциация морских средств навигации и маяков |
| IC | Разведывательное сообщество |
| ICAO | Международная организация гражданской авиации (ИКАО) |
| IDM | Обнаружение помех и их ослабление |
| IFR | Правила полетов по приборам |
| IGEB | Межведомственный исполнительный совет GPS |
| IGS | Международная служба GNSS |
| IHO | Международная гидрографическая организация |
| ILS | Система посадки по приборам |
| INMARSAT | Международная организация морской спутниковой связи |
| INS | Инерциальная навигационная система |
| INU | Инерциальный навигационный блок |
| IOP | Ввод в эксплуатацию |
| IRAC | Межведомственный консультативный совет по радиотехнике |
| ITRF | Международная земная референцная геодезическая сеть |
| ITS | «Интеллектуальные» транспортные системы |
| ITS-JPO | Объединенное управление по программам в области «интеллектуальных» транспортных средств |
| ITU | Международный союз электросвязи |
| JCS | Комитет начальников штабов |
| JPALS | Объединенная система точного приземления и посадки |
| JPL | Лаборатория реактивных двигателей |
| JPO | Объединенное управление по оперативному руководству работами в области создания спутниковых систем |
| JTIDS | Объединенная система распределения тактической информации |
| LAAS | Дополнительная система локальной зоны (LAAS) |
| LEO | Низкая околоземная орбита |
| LGF | Наземные средства LAAS |
| LNAV | Навигация по отклонению от заданного маршрута |
| LOP | Линия положения |
| Loran | Дальняя навигация |
| LPV | Средства вертикального наведения |
| MARAD | Управление ВМС |
| MCS | Главная станция подсистемы наземного контроля и управления GPS |
| MCS | Модулированный непрерывный сигнал |

| | |
|--------|---|
| MDGPS | Служба ВМС дифференциальных GPS |
| MEO | Средняя околоземная орбита |
| MIDS | Многофункциональная система распределения информации |
| MILOPS | Комплекс для проведения военных операций |
| MLLW | Среднее значение ниже уровня воды |
| MLS | Микроволновая система посадки |
| MNPS | Минимальные требования к характеристикам навигационного оборудования |
| MOA | Меморандум соглашения |
| MPNTP | Базовый план по местоопределению, навигации и синхронизации |
| MSC | Командование морскими перевозками ВМС |
| MSK | Манипуляция минимальным сдвигом |
| MSL | Средний уровень моря |
| NAD | Начало отсчета для Северной Америки |
| NANU | Замечания для пользователей системы Навстар |
| NAS | Национальная система по организации воздушного пространства |
| NASA | Национальное управление по авиации и исследованию космического пространства |
| NATO | Североатлантический блок НАТО |
| NAVAID | Навигационное средство |
| NAVCEN | Навигационный центр береговой охраны США |
| NAVD | Исходные данные по вертикали для Северной Америки |
| NAVTEX | См. приложение D |
| Navwar | Навигационная война |
| NCO | Национальное координационное управление |
| NDB | Всенаправленный радиомаяк |
| NDGPS | Национальная служба по дифференциальному глобальному местоопределению |
| NexGen | Воздушнотранспортная система следующего поколения |
| NGA | Национальное агентство геокосмической разведки |
| NGS | Национальная геодезическая служба |
| NGVD | Вертикальный отсчет (начало) для национальных геодезических исследований |
| NHTSA | Национальное управление по безопасности движения на автомагистралях |
| NIJ | Сетевая и информационная интеграция |
| NIS | Навигационная информационная служба |
| NIST | Национальный институт стандартов и технологий |
| NOAA | Национальное управление по исследованию океана и атмосферы |
| NOTAM | Извещение пилотам |
| NPA | Неточное приземление |
| NRL | Научно-исследовательская лаборатория ВМС |

| | |
|----------|---|
| NSA | Агентство национальное безопасности |
| NSF | Национальный научный фонд |
| NSRS | Национальная пространственная эталонная система |
| NTIA | Национальное управление по системам связи и информации |
| OAB | Оперативное консультативное радиовещание |
| OASIS | Оперативная система поддержки |
| OPUS | Служба местоопределения пользователя в режиме онлайн |
| ORD | Документ оперативных требований |
| OST | Канцелярия гос. секретаря по транспортировке |
| OST/B | Помощник гос. секретаря по бюджетным программам |
| OST/C | Канцелярия ген. консула |
| OST/M | Помощник гос. секретаря администрации |
| OST/P | Помощник гос. секретаря по транспортировке |
| PA&E | Анализ и оценка программ |
| PBN | Навигация, основанная на базовых характеристиках |
| PDD | Указ президента |
| PHMI | Вероятность ложной информации |
| PHMSA | Управление по безопасности трубопроводов и боевой техники |
| PL | Юридическое право |
| PNT | Местоопределение, навигация и синхронизация |
| POS/NAV | Местоопределение и навигация |
| PPS | Служба точного местоопределения |
| PRN | Псевдослучайный шум |
| PS | Стандарт ГТХ |
| PTC | Система безопасного управления поездами |
| QZSS | Спутниковая система в квазизенитном положении |
| RAIM | Автономный контроль целостности в приемоиндикаторе |
| R&D | НИОКР |
| RDF | Радиопеленгатор |
| RF | Радиочастота |
| RFI | Радиочастотные помехи |
| RITA | Управление по исследованиям и инновационным технологиям |
| RLV | ЛА многоразового использования |
| RNAV | Зональная навигация |
| RNP | Требования к навигационному обеспечению |
| RNPSORSG | Группа по изучению требований к навигационному обеспечению и специальных рабочих требований |
| RNS | Радионавигационная служба |
| RNSS | Региональная навигационная спутниковая система (Индия) |
| RNSS | Радионавигационная спутниковая служба |
| RSS | Среднее квадратическое |
| RTCM | Радиотехническая комиссия для служб ВМС |
| SA | Селективная доступность |

| | |
|--------|---|
| SAR | Поиск и спасение |
| SATNAV | Спутниковая навигация |
| SBAS | Спутниковая система функционального дополнения |
| SBR | Космические средства определения дальности |
| SID | Стандартная методика вылета по приборам |
| SIS | Сигнал в пространстве |
| SLSDC | Корпорация по развитию судоходства по реке Св.Лаврентия |
| SNR | Сигнал/шум |
| SPS | Служба стандартного местоопределения |
| SSV | Объем пространственного обслуживания |
| STAR | Стандартный маршрут входа в зону аэродрома |
| SVM | Модель объема обслуживания |
| S&T | Наука и технологии |
| TACAN | Тактическая аэронавигационная система (Такан) |
| TASS | Спутники дополнительных служб TDRSS |
| TD | Временное различие |
| TDL | Определение местонахождения дефектных участков пути |
| TDRSS | Спутниковая система слежения и ретрансляции данных |
| TDWR | Terminal Doppler Weather Radio |
| TERPS | Методы захода на посадку по приборам |
| TIS | Информационная транспортная служба |
| TRSB | Времязадающий сканирующий луч |
| TSO | Стандартизованные технические требования |
| UAS | Беспилотный летательный аппарат |
| UHF | Ультравысокая частота, УКВ |
| UN | Организация объединенных наций (ООН) |
| UNAVCO | Консорциум Навстар |
| URA | Точность дальности пользователя |
| URE | Дальномерная ошибка пользователя |
| USACE | Инженерный корпус сухопутных сил США |
| USAF | ВВС США |
| USC | Кодекс законов США |
| USCG | Береговая охрана США |
| USDA | Министерство сельского хозяйства США |
| USG | Правительство США |
| USN | ВМС США |
| USNO | Обсерватория ВМС США |
| USNS | Система NOTAM |
| UTC | Координированное время |
| US-TEC | US Total Electron Content |
| VFR | Правила полета при визуальном наблюдении |
| VHF | СВЧ (очень высокая частота) |
| VNAV | Вертикальная навигация |
| VOR | Курсовой всенаправленный радиомаяк СВЧ диапазона |
| VORTAC | Совмещенные станции VOR и ТАКАН |

| | |
|----------|--|
| VTS | Службы движения судов |
| WAAS | Широкозонная дополняющая система |
| WGS | Всемирная геодезическая система |
| WMS | Широкозонная главная станция |
| WRC | Всемирная конференция по радиосвязи |
| WRS | Широкозонная контрольная станция |
| WWV/WWVH | Сигналы для NIST радиостанций |
| 2SOPS | 2-ой эскадрон по космическим операциям |
| 4-D | четырёхмерный |

Основные положения

Федеральный радионавигационный план (ФРП) является официальным изложением политики и планов федерального правительства. В ФРП рассмотрены радионавигационные системы общего назначения, эксплуатируемые федеральными органами. Такие системы иногда используются совместно друг с другом или с другими системами. Системы, предназначенные исключительно для военного применения, описаны в главном плане местоопределения, навигации и синхронизации (MPNTP) Председателя объединенного комитета начальников штабов (CJCS). В плане не рассматриваются системы, предназначенные в основном для функций наблюдения и связи. Содержащиеся в этом документе направления политик и рабочие планы охватывают следующие радионавигационные системы:

- Глобальная (спутниковая) система местоопределения (GPS)
- Дополнения к GPS
- Система дальней навигации (Logan)
- Всенаправленные радиомаяки СВЧ диапазона (VOR)
- Аппаратура для измерения дальности (DME)
- Tактическая аэронавигационная система Такан (TACAN)
- Система посадки по приборам (ILS)
- Микроволновая система посадки (MLS)
- Аэронавигационные ненаправленные радиомаяки (NDB)

Федеральное правительство эксплуатирует системы радионавигации, как один из необходимых элементов для обеспечения безопасной транспортировки груза и развития торговли в США. Целью правительства является наиболее экономная и эффективная эксплуатация этой службы. Министерство транспорта (MT) согласно статье 49 Свода законов США, раздел 101, отвечает за обеспечение безопасной и эффективной транспортировки грузов. Министерство обороны (MO) отвечает за обеспечение работы навигационных средств, необходимых исключительно для обеспечения национальной безопасности. Согласно 10-ому Своду законов США 2281(b) (см. ссылку 1) MO также должно обеспечить развертывание и эксплуатацию GPS для мирных гражданских, коммерческих и научных применений, непрерывно в глобальном мировом масштабе без взимания прямой оплаты с пользователей.

Основной целью МО и МТ является предоставление работающих систем общего пользования (гражданских и военных), которые должны отвечать всем потребностям пользователей относительно точности, надежности, готовности, непрерывности службы, целостности, территориального охвата, эксплуатационной простоты и стоимости; в них должен быть предусмотрен соответствующий потенциал для последующего развития; и должно быть исключено ненужное дублирование служб. Выбор перспективной системы радионавигации является очень сложной задачей, поскольку разные пользователи выдвигают самые разные требования и их потребности изменяются с течением времени. В то время как всем пользователям нужны службы, которые являются безопасными, легко доступными и простыми в эксплуатации, военные предъявляют более строгие требования, включая высокое качество в условиях внешних преднамеренных помех, эксплуатацию в современных транспортных средствах, полное покрытие всей территории земного шара, и надежная работа в самых суровых условиях эксплуатации. Стоимость всегда является одним из основных факторов, нужно находить ее компромисс с необходимыми эксплуатационными характеристиками.

По мере развертывания полного спектра гражданских служб GPS и ее дополнительных функций можно сокращать услуги, предоставляемые другими федеральными службами радионавигации с учетом все меньшей потребности в них, при условии, что такие службы не входят в стратегический план резервных навигационных служб на случай экстренных ситуаций и не обеспечивают работу служб спасения жизни.

Федеральное правительство осуществляет программу научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по совершенствованию поддерживаемых федеральными службами радионавигационных систем и их всемирному использованию вооруженными силами США и гражданским сообществом. Гражданские научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы направлены в основном на совершенствование GPS для гражданских пользователей. Военные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы нацелены в основном на полное удовлетворение потребностей вооруженных сил и интересов национальной безопасности.

В данном издании Федерального радионавигационного плана (ФРП) подробно описаны задачи и определены области ответственности правительственных органов, требования пользователей и приведены описания систем.

ФРП состоит из следующих разделов:

Раздел 1 - Введение в Федеральный радионавигационный план: обозначены цель, область и задачи плана, а также обсуждаются соображения по выбору систем.

Раздел 2 – Задачи и обязанности: изложены основные задачи и обязанности по планированию и предоставлению радионавигационных услуг МТ, МО, МВБ и других государственных ведомств.

Раздел 3 - Политика США в области систем радионавигации: Описана политика США по обеспечению работоспособности каждой радионавигационной системы, описанной в этом документе.

Раздел 4 – Требования потребителей к техническим характеристикам радионавигационных систем: суммированы требования к техническим характеристикам поддерживаемых на федеральном уровне радионавигационных служб, доступных гражданскому потребителю.

Раздел 5 - Рабочие планы в области систем радионавигации: Сведены вместе планы федерального правительства по созданию вспомогательных радиосредств общего и специального назначения для использования в гражданском и в военном секторах. В этом разделе представлены также НИОКРы, планируемые и проводимые МО, МТ, МВБ и другими федеральными ведомствами.

Приложение А - Геодезические данные и референчные системы

Приложение В – Параметры системы и ее описание

Приложение D - Глоссарий

Литература

1 Введение в Федеральный радионавигационный план

В этом разделе приведен исторический обзор, описаны цели и области действия Федерального радионавигационного плана (ФРП). В нем перечислены события, приведшие к подготовке этого документа, национальные приоритеты по координированию планирования радионавигационных услуг, разграничены сферы ответственности и обязанности властных структур.

1.1 Историческая справка

Первая редакция Федерального радионавигационного плана была опубликована в 1980 году как часть Доклада президента Конгрессу, она была подготовлена в рамках Закона о Международной организации морской спутниковой связи (INMARSAT) 1978 года. Именно в это время был разработан первый совместный план радионавигационной системы от Министерства транспорта (МТ) и Министерства обороны (МО). После передачи службы Береговой охраны США (USCG) из МТ в состав Министерства внутренней безопасности (МВБ) согласно публичному закону 107-296 (116 статья 2135), данная редакция ФРП является первым подобным документом, который подписан министрами обороны, транспорта и внутренней безопасности. Этот усовершенствованный план, который объединяет два документа: Федеральный радионавигационный план 2005 года и Федеральные радионавигационные системы 2001 года, является основным документом по планированию и указанию приоритетов политики для всех имеющихся и будущих радионавигационных систем федерального уровня.

Федеральный радионавигационный план должен быть составлен согласно закону, 10-ый Кодекс законов США (U.S.C.) 2281(c) (ссылка 2).

1.2 Назначение

Назначением ФРП является:

- Представить текущую политику правительства США и планы по эксплуатации гражданских и военных радионавигационных систем федерального уровня, регулированию радионавигационных систем не федерального уровня, а также по определению отношений между этими системами и международными стандартами;
- Изложить подход правительства по реализации новых и их объединению с имеющимися радионавигационными системами;
- Указать вопросы, касающиеся радионавигационных систем двойного назначения (то есть как для гражданского, так и военного секторов).

1.3 Область действия

Этот план относится к радионавигационным системам федерального

уровня, которые используются для местоопределения, навигации и синхронизации. В плане не рассматриваются системы, предназначенные в основном для функций наблюдения и связи (например, РЛС, сотовые телефоны, сигналы WWV).

В данном плане ФРП рассмотрены следующие системы:

- Глобальная (спутниковая) система местоопределения (GPS)
- Дополнения к GPS
- Система дальней навигации Logan
- Tактическая аэронавигационная система Такан (TACAN)
- Система посадки по приборам (ILS)
- Микроволновая система посадки (MLS)
- Авиационные ненаправленные радиомаяки (NDB)
- Всенаправленные радиомаяки (VOR) СВЧ диапазона и аппаратура для измерения дальности (DME)

1.4 Цели

Целями политики правительства США в области радионавигационной системы являются:

- Усиление и обеспечение национальной безопасности.
- Обеспечение безопасности путешествий.
- Содействие эффективной перевозке грузов.

- Содействие увеличению объема грузоперевозок и повышению мобильности.
- Содействие защите окружающей среды.
- Способствование экономическому росту, развитию торговли и повышению производительности труда в США.

1.5 Властные структуры, обеспечивающие радионавигационные службы

Несколько министерств и ведомств обеспечивают радионавигационные службы. К ним относятся Министерство внутренней безопасности (МВБ)/ Береговая охрана США, Министерство торговли/ Национальное управление по исследованию океана и атмосферы/Национальный геодезический исследовательский институт, Минобороны (МО), Министерство транспорта/Федеральное авиационное управление, Министерство транспорта/Корпорация по развитию судоходства по реке Св.Лаврентия и Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА).

Министерство транспорта (МТ) согласно статье 49 Свода законов США, раздел 101, отвечает за обеспечение безопасной и эффективной

транспортировки грузов. Радионавигационные системы играют очень важную роль в решении данной задачи. Радионавигационные системы эксплуатируются двумя ведомствами, относящимися к структуре минтранспорта, это Федеральное авиационное управление (FAA) и Корпорация по развитию судоходства по реке Святого Лаврентия (SLSDC).

Федеральное авиационное управление (FAA), согласно статье 49 Свода законов США, раздел 44505, отвечает за разработку и развертывание радионавигационных систем для удовлетворения потребностей в безопасной и эффективной воздушной навигации, а также за управление движением всей гражданской и военной авиацией, за исключением вооруженных сил, связанными с боевыми военными действиями. FAA также отвечает за эксплуатацию технических средств для воздушной навигации, необходимой согласно действующим международным соглашениям.

SLSDC обеспечивает технические средства навигации в водах США по реке Святого Лаврентия и эксплуатирует Систему контроля за движением судов совместно с Корпорацией по развитию судоходства по реке Святого Лаврентия Канады.

Министерство транспорта в рамках закона 105-66 раздел 346 должно осуществлять Национальную службу по дифференциальному GPS (NDGPS) для обеспечения перевозок на суше и на море и выполнения других задач по местному гражданскому применению позиционирования и навигации. В настоящее время ведущей организацией для выполнения данных задач является Управление по исследованиям и инновационным технологиям (RITA). Работы выполняются Береговой охраной США (USCG) в рамках соглашения с дифференциальной GPS ВМС.

В планировании радионавигационных систем участвуют также некоторые структуры МТ. К этим структурам относятся Федеральное управление автомобильных дорог (FHWA), Федеральное управление по безопасности автосредств (FMCSA), Федеральное управление железных дорог (FRA), Федеральное управление по пассажирским перевозкам (FTA), Управление ВМС (MARAD), Национальное управление по безопасности движения на автомагистралях (NHTSA), Управление совместных программ по интеллектуальным транспортным системам (ITS-JPO), Национальное управление по безопасности движения на автострадах (NHTSA), и Управление по безопасности трубопроводов и боевой техники (PHMSA).

Хотя Береговая охрана США сейчас относится к МВБ, ее обязанности по введению в действие, обслуживанию и эксплуатации технических средств для осуществления навигации, включая требования 14-ого Свода законов США, §81, остаются в полной силе. Береговая охрана США создает технические средства для навигации с целью обеспечения безопасной и эффективной морской навигации

Другие федеральные структуры также принимают участие в планировании систем радионавигации, к ним относятся Национальное агентство по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА) и в рамках министерства торговли - программа по национальной геодезической

службе Национального управления по исследованию океана и атмосферы (NGS/NOAA/DOC).

Министерство обороны (МО) отвечает за разработку, испытание, сертификацию, развертывание, эксплуатацию и обслуживание технических навигационных средств и пользовательского оборудования, необходимых исключительно для обеспечения национальной безопасности.

МО также отвечает за то, чтобы те военные транспортные средства, которые эксплуатировались согласованно с гражданскими транспортными средствами, обладали аналогичными навигационными возможностями.

Согласно 10-ому Своду законов США 2281(b) (см. ссылку 2) МО также должно обеспечить развертывание и эксплуатацию службы стандартного позиционирования объектов (SPS) системы GPS для мирных гражданских, коммерческих и научных применений, непрерывно в глобальном мировом масштабе без взимания прямой оплаты с пользователей.

МО также должно обеспечить развертывание и эксплуатацию службы точного позиционирования объектов (PPS) системы GPS. В главе 2 подробно описаны задачи и обязанности государственных ведомств.

1.6 Соображения по выбору радионавигационных систем

При выборе состава радионавигационных систем федерального уровня необходимо учитывать различные факторы. К этим факторам относятся эксплуатационные, технические, экономические, специальные характеристики системы, спектр радиочастот, интересы национальной безопасности и международные параметры. К важным техническим параметрам относятся точность, целостность, размер зоны действия, непрерывность и готовность работы, надежность и спектр радиочастот системы. Некоторые специфические параметры системы, например, способность противодействия активным помехам, относятся в основном к военному сектору, но могут влиять на качество работы гражданских систем.

Необходимо также учитывать имеющиеся капиталовложения в наземное и пользовательское оборудование. В некоторых случаях могут действовать международные обязательства, которых необходимо придерживаться либо изменить при условии взаимного удовлетворения всех заинтересованных сторон.

В большинстве случаев эксплуатируемые в настоящее время системы разрабатывались для удовлетворения различных потребностей пользователей. Это привело к появлению большого числа радионавигационных систем и было движущей силой выполнявшегося в то время планирования радионавигации. Первая редакция ФРП была опубликована с целью спланировать совместную работу радионавигационных систем и способствовать увеличению срока службы этих систем. В нем описывалась методика выбора радионавигационных систем для использования в будущем. Первые редакции ФРП, включая издание 1984 года, отражали этот подход с небольшими модификациями для учета

временной последовательности событий. К 1986 году стало очевидным, что итоговые рекомендации по будущему составу радионавигационных систем были плохо продуманы и требуется внести значительные изменения в график принятия в эксплуатацию и в срок службы различных систем.

Поэтому было принято решение, что начиная с ФРП 1986 года обновленные и исправленные рекомендации по будущему составу радионавигационных систем должны включаться в каждое очередное издание ФРП. ФРП отражает основные приоритеты развития согласно политике спутникового местоопределения, навигации и синхронизации, технологии динамической радионавигации, изменению профилей пользователей, учету бюджета, международным программам. После образования Министерства внутренней безопасности МТ и МО продолжают поддерживать текущие рабочие связи с Береговой охраной США согласно Меморандуму о договоренности.

На этапе окончательного анализа предоставление государством услуг согласно требованиям пользователей зависит от выделенных объемов финансирования, включая принятие соответствующих законов и постановлений Конгрессом, а также установленным внутри ведомств приоритетам развития отдельных программ.

Если после надлежащего анализа и изучения проблемы окажется, что экономическая целесообразность эксплуатации конкретной системы или технических средств является незначительной, то эксплуатирующее данную систему министерство уведомляет об этом соответствующие федеральные ведомства и публику, для этого предложения об отмене соответствующей службы или системы публикуются в Федеральном регистре.

1.6.1 Эксплуатационные соображения

1.6.1.1 Факторы выбора военных систем

Выбор Министерством обороны радионавигационных систем определяется в основном эксплуатационными характеристиками. Точная информация о местоположении, навигации и синхронизации (МНС) является основным условием для множества систем и боевых заданий. При проведении военных операций крайне важно, чтобы службы МНС были доступны и обеспечивали наивысшую возможную надежность и достоверность результатов. Параметры этих служб должны соответствовать либо превышать требования боевых заданий. Для того чтобы удовлетворить таким требованиям боевого задания, военные операторы могут использовать сочетание независимых автономных референциальных МНС систем и, при условии, что такие системы можно сертифицировать непосредственно по действующим стандартам МО WGS-84 (Всемирная геодезическая система 1984) и UTC (всеобщее скоординированное время)/USNO (обсерватория ВМС США). Только сертифицированные в МО системы МНС могут использоваться для

боевых действий, поддержки боевых действий и в тыловых службах обеспечения боевых действий. Ниже перечислены некоторые из факторов, учитываемых при выборе военных радионавигационных систем:

- Гибкость при адаптации к новым боевым системам и технологии;
- Устойчивость к воздействию намеренно поставляемых либо случайных радиопомех.
- Взаимодействие с системами МО и системами союзников для поддержки совместных операций.
- Высокая точность данных положений и времени относительно системы общей сетки и эталонной системы отсчета времени при проведении стратегических и тактических операций.
- Доступность альтернативных средств для получения данных позиционирования, навигации и синхронизации.
- Требования к мобильности во всемирном масштабе.
- Совместимость с гражданскими системами и операциями.

Критерии выбора систем, предназначенных исключительно для военного применения, описаны в инструкции 6130.01С к главному плану местоопределения, навигации и синхронизации (MPNTP) Председателя объединенного комитета начальников штабов (CJCS) (Ссылка 4).

1.6.1.2 Совместимость гражданских и военных систем

Федеральный закон об авиации 1958 г. требует от федерального авиационного управления разрабатывать комбинированные системы военного и гражданского назначения. Необходимо выбирать методы, средства и приборы, которые наилучшим образом будут отвечать этим требованиям и способствовать максимальной координации контроля воздушного движения и систем ПВО. С помощью Международной организации гражданской авиации (ИКАО) Федеральное авиационное управление обнародовало стандарты этих радионавигационных систем, обеспечивающих широкое взаимодействие (в мировом масштабе). Федеральный закон об автомагистралях (1956г.) требует от Федерального управления по автомобильным дорогам разработки комбинированных автомобильных систем гражданского и военного применения. По требованиям служб береговой охраны США, радионавигационные системы должны обеспечивать движение как гражданских, так и военных судов в пределах водных путей США.

Воздушные судна, транспортные средства и корабли МО работают в гражданском окружении. Соответственно они могут использовать гражданские системы МНС в рамках выполнения миротворческих операций МО, при условии, что эти системы соответствуют техническим условиям Международной морской организации (ММО), Международной организации гражданской авиации (ИКАО) или FAA. Гражданские системы МНС предназначены для проведения миротворческих операций, но не предназначены для поддержки боевых действий. В этих случаях при проведении военных операций минобороны необходимо разрабатывать

дополнительные возможности МНС.

1.6.1.3 Экспертиза и утверждение

Основные требования к процессу экспертизы и утверждения радионавигационной системы в МО:

- Определение уникальных компонент для удовлетворения требований, выдвигаемых боевыми операциями.
- Определение технологических недостатков.
- Исследование стоимости системы, количества пользователей и взаимосвязи возможных систем с другими подобными системами и функциями.

1.6.2 Технические соображения

При оценке будущих перспектив радионавигационных систем необходимо учесть целый ряд технических факторов:

- Доступность спектра частот
- Уровень принимаемого сигнала
- Эффекты многолучевого распространения (волн)
- Точность сигнала
- Точность системы
- Обнаружение сигнала и непрерывность его отслеживания
- Целостность системы
- Готовность системы
- Непрерывность сигнала
- Динамические характеристики транспортной платформы
- Зона действия сигнала
- Влияние шумов
- Распространение сигнала
- Восприимчивость к естественным и искусственным радиочастотным помехам (ЭМС)
 - Требования к установке (сервису и оборудованию потребителя)
 - Воздействие на окружающую среду
 - безопасность систем связи
 - Проектирование с учетом человеческого фактора
 - Надежность системы

1.6.2.1 Степень защищенности GPS в национальной транспортной инфраструктуре

В заключительном отчете Комиссии президента США по защите критической инфраструктуры сделан вывод, что службы и приложения GPS восприимчивы к различным типам радиочастотных помех и что необходимо тщательно изучить воздействие такой уязвимости на гражданские

транспортные службы. В результате публикации этого отчета Директива президента США №63 дала Министерству транспорта следующие указания:

Министерство транспорта при поддержке Министерства обороны должно выполнить тщательную оценку степени уязвимости национальной транспортной инфраструктуры, которая основана на системе глобального местоопределения GPS. В процессе этого исследования следует спонсировать независимые комплексные оценки степени рисков для гражданских пользователей систем на основе GPS, учитывая влияние принятых решений об окончательной архитектуре модернизированной Национальной системы УВД (NAS).

Центр Volpe по национальным транспортным системам (центр Волпе) выполнил такие исследования и установил степень уязвимости GPS и потенциальное влияние этой уязвимости на системы навигации воздушного, морского, железнодорожного, автомобильного транспорта, а также на системы без местоопределения. Заключительный отчет под названием *Оценка степени уязвимости транспортной инфраструктуры, основанной на системе глобального местоопределения* (ссылка 5) был опубликован 10 сентября 2001 года и доступен для просмотра на Интернет-сайте Береговой охраны США по адресу www.navcen.uscg.gov. Основной вывод отчета заключается в том, что GPS обладает уязвимостью для гражданских пользователей национальной транспортной инфраструктуры. В отчете также указано, что по мере необходимости следует принять соответствующие меры для развертывания резервных систем.

В отчете Волпе предложено несколько основных рекомендаций по улучшению защищенности и эффективности национальной транспортной инфраструктуры с одновременным сохранением уровня безопасности за счет развертывания резервных систем и рабочих процедур на случай выхода из строя службы GPS. Министр транспорта принял приведенные в отчете рекомендации и потребовал, чтобы руководитель каждого вида транспорта разработал планы по снижению опасностей, связанных с возможным выходом из строя службы GPS.

В политике спутникового позиционирования, навигации и синхронизации США на 2004 год указывается, что GPS должна развертываться и поддерживаться как компонент одного из многочисленных секторов критически важной инфраструктуры США, это следует из Директивы президента США о внутренней безопасности №7 (HSPD-7). Там же указаны области ответственности по поиску и устранению источников радиопомех. Компенсация возможных перерывов в работе спутниковых служб навигации обсуждается в разделе 3.3 данного документа

1.6.2.2 Обнаружение помех и план по их ослаблению

Службы местоопределения, навигации и синхронизации (МНС) широко известны как технологическая часть гражданской и коммерческой мировой инфраструктуры. Они являются решающей составляющей в наиболее важных частях инфраструктуры США, предназначенной для систем транспортировки и связи. Важность этих служб ставит вопрос уязвимости систем относительно преднамеренных или непреднамеренных помех с возможной степенью риска, определяемой в различных исследованиях. Эта известность стала стремительной после планирования и подготовки любого типа помех, определения процедур и методов идентификации этих помех, а также разработки методики при своевременном разрешении и их ослаблении для быстрого восстановления МНС служб. Министерство внутренней безопасности разработало и опубликовало национальный план по местоопределению, навигации, синхронизации, обнаружению помех и их ослаблению (август 2007г.), а также Стратегию выполнения этого национального плана (январь 2008). Эти документы определяют рамки работы, необходимой для выполнения директив, вытекающих из политики США по спутниковому местоопределению, навигации, синхронизации.

1.6.2.2.1 Обнаружение авиационных помех, определение их местоположения и их ослабление

Из-за специфических авиационных требований Федеральное авиационное управление планирует разработать улучшенную способность обнаружения радиопомех и определения их местоположения для ослабления влияния радиочастотных помех на современные и будущие национальные системы УВД (NAS). Новые системы, такие как GPS, линии передачи аэронавигационных данных и системы автоматического зависящего наблюдения-вещания (ADS-B) потребуют улучшенной способности обнаружения радио- и электромагнитных помех. Программа содержит следующие требования:

- разработка способности обнаружения, определения местоположения и ослабления влияния преднамеренных и непреднамеренных помех на элементы национальной аэрокосмической системы;

- программа направлена на предотвращение потерь в усилении разрабатываемых систем, что достигается с помощью новых национальных аэрокосмических систем, гарантируя потребителю выгоды при существенных инвестициях.

1.6.3 Экономические соображения

Правительство США должно непрерывно отслеживать уровень стоимости и возможной экономии и достоинств навигационных систем и предоставляемых ими служб. Этот непрерывный анализ можно использовать как для определения приоритетов для капиталовложений в новые системы, так и для определения оптимального комплексирования со старыми сохраняемыми системами. В

некоторых случаях старые системы должны сохраняться по причинам обеспечения безопасности или экономическим причинам, или для предоставления достаточного времени для постепенного перехода на новейшие более точные системы и пользовательское оборудование; однако старые системы необходимо периодически оценивать для определения того, являются ли эти системы необходимыми или экономичными.

Во многих случаях технические средства воздушной навигации, которые экономически нецелесообразно приобретать и эксплуатировать федеральными ведомствами, необходимы частным, корпоративным или государственным организациям. Хотя такие не относящиеся к федеральному уровню (по собственности или эксплуатации) системы не обеспечивают необходимых экономических выгод в национальном масштабе, они могут предоставлять существенные экономические выгоды конкретным группам пользователей или местным субъектам экономики. Во многих случаях эти системы также доступны для общего пользования. Федеральное авиационное агентство (FAA) управляет и контролирует авиационные технические средства согласно Федеральному авиационному уставу, статья 14 часть 171 Кодекса федеральных постановлений (CFR) для не федеральных навигационных технических средств и директивам FAA.

1.6.4 Специальные соображения

1.6.4.1 Возмещение расходов на радионавигационные службы

Согласно общим принципам политики и закону о плате за пользование, 31-ый кодекс законов США (U.S.C.), 9701, правительство США компенсирует расходы федеральных властей на предоставление услуг для блага определенных групп пользователей. Очень сложно измерить или оценить степень использования действующих федеральных систем радионавигации отдельными пользователями или группами пользователей; следовательно, очень сложно распределить прямые затраты по пользователям. Компенсация расходов на службы радионавигации осуществляется либо от общих собираемых налогов, либо из фондов транспортных служб, которые обычно финансируются за счет косвенных платежей пользователей. Что касается GPS, закон о политике США в области спутникового позиционирования, навигации и синхронизации 2004 года указывает, что гражданские службы GPS и дополнения к GPS должны предоставляться без взимания прямой платы с конечных пользователей. Что касается национальной службы дифференциальной GPS (NDGPS), публичный закон 105-66, раздел 346 (111 пол. 1449) предоставляет Министру транспорта право управлять сетью NDGPS и эксплуатировать ее и гарантирует, что эта служба предоставляется без расчета какой-либо платы пользователя.

1.6.4.2 Доступность сигнала

Для безопасной навигации очень важна круглосуточная доступность точных навигационных сигналов.

Однако с другой стороны, гарантированное наличие оптимальных характеристик сигнала может снизить уровень национальной безопасности, поэтому необходимо предусмотреть резервные планы на экстренный случай. Национальная политика США заключается в том, что все радионавигационные системы, эксплуатируемые правительством США, должны оставаться доступными для использования в мирных целях, однако в случае войны или угрозы национальной безопасности Президент может издать специальный указ об особом порядке эксплуатации.

Для снижения возможных перебоев в работе службы навигации и предотвращения ситуации, создающих угрозу безопасности или эффективному использованию GPS, любая передача на GPS-частотах непосредственно регулируется на Федеральном уровне, причем использование GPS-спектра частот должно согласовываться с Национальным управлением по телекоммуникациям и информации (NTIA) и другими федеральными ведомствами (включая FAA). В случае если МО нужно выполнить проверку влияния помех или электронной атаки (EA), то NTIA должна координировать деятельность МО согласно инструкции Главы комитета начальников штабов (серия 3212) *«Выполнение электронной атаки в США и Канаде при проведении испытаний, обучения и учений»* (согласно 7.14 инструкции NTIA по регулированию и управлению спектром радиочастот). МО координирует проведение всех испытаний по проверке уровня помех или электронной атаки с другими заинтересованными федеральными ведомствами, а координация и согласование с FAA (через бюро по планированию и управлению) является необходимым этапом в данном процессе. В настоящее время МВБ совместно с МО и МТ и при участии других министерств и ведомств осуществляет координацию использования федеральных средств и ресурсов для идентификации, нахождения и устранения на территории США всех помех, которые могут отрицательно влиять на GPS и расширение этой системы.

1.6.4.3 Роль частного сектора

Радионавигационные системы исторически создавались правительством для обеспечения безопасности перевозок, национальной безопасности и торговли. Эти службы поддерживают воздушную, наземную и морскую навигации и синхронизацию, а также службы частот, геодезические исследования, картографирование, составление метеорологических прогнозов, точное ведение сельского хозяйства и научные применения. Для таких приложений, как системы посадки, позиционирования и геодезические системы в тех областях, где использование федеральных систем не обосновано, в качестве альтернативы имеется ряд частных эксплуатируемых систем,

доступных для общего пользования.

Средства воздушной навигации, которые принадлежат и эксплуатируются провайдерами не федерального уровня, подчиняются FAA на основании статьи 14 части 171 Свода законов США "Не федеральные средства навигации". Спонсор не федерального уровня может согласовать с FAA свои действия по приобретению, монтажу и передаче в FAA средств воздушной навигации для технического обслуживания, поскольку ожидание развертывания аналогичной службы на федеральном уровне может привести к слишком большим потерям коммерческих структур. Средства не федерального уровня должны эксплуатироваться и обслуживаться по тем же самым стандартам, что и средства федерального подчинения согласно Договору о руководстве по эксплуатации и обслуживании с FAA. Эта программа включает в себя повторные наземные и летные испытания и проверки средств для гарантии того, что оно продолжает эксплуатироваться согласно данному договору.

При изучении степени вовлечения частного сектора в предоставление служб воздушной навигации необходимо учитывать ряд разных факторов:

- Соображения о постепенной передаче служб в эксплуатацию частным операторам как ценная альтернатива для постепенного вывода из эксплуатации федеральной радионавигационной службы.
- Развитие участия частного сектора в развертывании средств воздушной навигации как для федерального, так и для нефедерального использования.
- Воздействие эксплуатируемых частными коммерческими структурами служб на использование и потребность в службах федерального уровня.
- Необходимость в резервной навигационной службе федерального уровня, даже если имеются коммерчески предоставляемые службы.
- Соображения о разграничении ответственности между разработчиком, провайдером услуг и пользователем.
- Проблемы по разделению спектра радиочастот.
- Сертификация оборудования, служб, провайдера служб, оператора и контролирующего органа.

В дополнение к службам обеспечения воздушной навигации существует ряд коммерческих служб для обеспечения точной наземной и морской навигации.

1.6.5 Международные соображения

Радионавигационные службы и системы учитывают стандарты и руководства международных групп и организаций, в том числе Североатлантического союза (НАТО) и других союзов, ИКАО, Международного союза электросвязи (МСЭ) и Международной морской организации (ММО).

Цели повышения качества служб, стандартизации и снижения стоимости оборудования пользователя оказывает влияние на поиск международного консенсуса в вопросе выбора радионавигационных систем. ИКАО разрабатывает стандарты для международных радионавигационных систем гражданской авиации. ММО играет аналогичную роль в международном морском сообществе. Международная ассоциация служб морских средств навигации и маяков (IALA) также разрабатывает международные руководства по системам радионавигации. Международная гидрографическая организация (ИГО) работает в кооперации с ММО в области международных морских навигационных систем предупреждения об опасности, включающих радионавигационные системы, вышедшие из строя. ММО анализирует существующие и предлагаемые системы радионавигации для нахождения тех систем, которые смогут удовлетворить требованиям и быть приемлемыми для членов международного морского сообщества.

При планировании радионавигационных систем США необходимо также учитывать возможное использование в будущем международных систем совместного владения. Помимо эксплуатационных, технических и экономических факторов при определении системы или систем, наилучшим образом удовлетворяющих потребностям гражданских пользователей, необходимо также учитывать международные интересы. Международные переговоры и консультации проводятся под покровительством Министерства иностранных дел.

1.6.6 Соображения о совместном режиме работы

Радионавигационные системы иногда используются совместно друг с другом или с другими системами. Такие комбинированные системы часто развертываются с целью обеспечить улучшенные или дополнительные технические характеристики. Что касается GPS, Правительство США приветствует дальнейшее взаимодействие с иностранными спутниковыми системами МНС для гражданского, коммерческого и научного применения в глобальном мировом масштабе. Примерами существующих или разрабатываемых иностранных спутниковых систем МНС являются Глобальная навигационная спутниковая система России (ГЛОНАСС), система Галилео Европейского союза и японская спутниковая система Квази Зенит, китайская система Компас и индийская региональная навигационная спутниковая система (RNSS). Надлежащим образом сконструированные приемники, которые могут использовать преимущества этих систем, могут улучшить свои технические характеристики за счет дополнительных сигналов от спутников, повысить отказоустойчивость и улучшить все технические характеристики по сравнению с какой-нибудь только одной спутниковой системой. Критическим моментом при обеспечении взаимодействия между системами является обеспечение совместимости между разными радионавигационными службами. Например, Правительство США озабочено вопросами о структурах с

радионавигационными сигналами, которые могут отрицательно сказаться на военном и гражданском применении GPS. Правительство США также поощряет использование взаимодействующих дополнительных систем путем соблюдения международных стандартов для служб дифференциальных GPS (DGPS) и спутниковой системы функционального дополнения. К ним относятся морские DGPS и широкозонные дополняющие системы.

1.6.7 Проблемы по разделению спектра радиочастот

Радионавигационные службы используют большую часть радиочастотного спектра для обеспечения работы безопасной и надежной системы транспортировки грузов. Для радионавигационных служб необходима значительная ширина полосы сигнала, соответствующий уровень готовности и доступности сигнала, его целостности, а также надлежащая защита от источников радиопомех. Управление спектром используемых частот является основным моментом при реализации и эксплуатации радионавигационных систем на уровне федерального правительства.

При планировании радионавигационных систем и служб необходимо тщательно учитывать все нормативные требования стандартов и законов США и международных организаций относительно распределения спектра частот и управления им. Это связано с постоянной тенденцией к совместному использованию спектра радиочастот, в результате чего диапазоны ограниченного применения могут испытывать радиочастотные помехи из-за наличия несовместимых радиослужб. По этой причине анализ проблем электромагнитной совместимости остается главным требованием при планировании и сертификации существующих в настоящее время и новых радионавигационных систем. Уровни мощности, высота антенны, разделение между каналами, полная полоса частот, паразитное излучение и излучение вне выделенного диапазона (OOBE), а также географическое расположение - все эти факторы должны быть учтены как при развертывании новых систем, так и при обеспечении адекватной защиты для существующих систем. Права и обязанности основных и вспомогательных должностных лиц, занимающихся выделением частот, и новых участников должны рассматриваться с учетом конкретных технических критериев.

В США за использованием спектра радиочастот наблюдают два контролирующих органа. Федеральная комиссия по системам связи (FCC) отвечает за все использование радиоволн на не федеральном уровне, в то время как Национальное управление по связи и информации (NTIA) управляет использованием спектра частот для Федерального правительства. Для осуществления такого процесса управления в NTIA организован межведомственный консультативный комитет по радиотехнике (IRAC), форум, состоящий из представителей ведомств исполнительной власти, которые действуют в роли провайдеров служб и пользователей выделенного для

правительства спектра частот, включая диапазоны для сигналов SOS. FCC участвует в совещаниях IRAC в качестве наблюдателя. По меморандуму МТ от 1 августа 2007г. выделенный для национального транспорта спектр частот координируется Управлением по исследованиям и инновационным технологиям (RITA), причем распределение спектра для МО координируется заместителем министра обороны по вопросам Национальной информационной инфраструктуры (НИИ).

Широковещательный характер радионавигационных систем также вызывает необходимость контролирующим органам США выходить за пределы границ национальной территории для координации работы с другими нациями с помощью таких организаций, как Международный союз по электросвязи (МСЭ). МСЭ является специальным техническим органом ООН, который наделен правом распределять спектр частот в глобальном масштабе по всему миру согласно решению Всемирной конференции по радиосвязи (ВКР), которая проводится каждые 3-4 года. В результате усилий ВКР, которая принимает окончательные решения имеющие статус договора среди участвующих государств, распределение спектра является относительно согласованным во всем мире и конечные пользователи могут использовать одно и то же радионавигационное оборудование в любом месте земного шара без присутствия электромагнитных помех.

Отсутствие помех в радионавигационном спектре является очень важным, так как все отечественные и международные радионавигационные службы зависят от непрерывного вещания, приема и обработки радиочастотных сигналов в защищенных диапазонах радиочастот. Использование этих диапазонов частот ограничено, поскольку необходимо соблюдать строгие требования по точности, доступности, целостности и непрерывности, чтобы обеспечить требуемые технические характеристики для провайдера услуг и конечного пользователя. Представители от МО, МТ и МВБ совместно с представителями других государственных ведомств и структур частного сектора как члены делегации США сообща вырабатывают требования к системам радионавигации, и значительные усилия прилагаются для того, чтобы и в дальнейшем обеспечить защиту служб радионавигации с помощью принимаемых окончательных решений ВКР. Ниже перечислены конкретные обозначения диапазонов МСЭ, выделенные для служб радионавигации:

- Авиационная радионавигационная служба (ARNS)
- Радионавигационная спутниковая служба (RNSS)
- Радионавигационная служба (RNS)

Сертификация и эксплуатация радионавигационных служб являются совместной обязанностью МТ, МВБ и МО. МТ и МВБ и МО являются федеральными пользователями спектра частот, а также провайдерами служб и операторами радионавигационных систем. Внутри МТ использование в

Федеральном авиационном управлении (FAA) спектра радиочастот в основном ориентировано на поддержку служб авиационной безопасности внутри Национальной системы УВД (NAS).

Внутри МВБ Береговая охрана США использует защищенный на международном уровне спектр частот для их эксплуатации на водных путях, в частности, используются системы DGPS (дифференциальные GPS) и Logan.

Другие ведомства МТ (Федеральное управление автомобильных дорог (FHWA), Федеральное управление железных дорог (FRA), Федеральное управление по пассажирским перевозкам (FTA), Национальное управление по безопасности движения на автострадах (NHTSA)) также работают с частным сектором, правительствами штатов и местными властями по использованию спектра частот для «интеллектуальных» транспортных систем (ITS) и «интеллектуальных» железнодорожных систем. Во многих приложениях интеллектуальных транспортных систем ITS служба GPS и другие радиосистемы определения местоположения позволят повысить безопасность и эффективность железнодорожных путешествий за счет предоставления дифференциальных поправок и информации о местоположении в контекст интегрированных систем. Системы предотвращения препятствий, управление службами по чрезвычайным ситуациям, обнаружение происшествий – все это примеры применения системы ITS, которые требуют оснащение движущих средств системами позиционирования и навигации. «Интеллектуальная» железнодорожная система, система безопасного управления поездами, система обнаружения дефектов путей и автоматизированная геодезическая служба путей использует NDGPS и выделенные для железнодорожного транспорта частоты радиосвязи для улучшения уровня безопасности, эффективности и экономичности. Из-за требований общественной безопасности спектры частот, используемые для транспортных, военных применений и для обеспечения внутренней национальной безопасности, должны не содержать помех.

2 Роли и обязанности

В данном разделе обозначены роли и обязанности правительственных ведомств, включенных в планирование и обеспечение радионавигационных служб.

Политика США в области спутникового МНС (ссылка 3) определяет действия по руководству и выполнению программ по спутниковому МНС, дополнениям, а также направления деятельности в области национальной и внутренней безопасности, для гражданских, научных и коммерческих целей. Эту политику определяет постоянный национальный исполнительный комитет (ExComm) по спутниковому МНС. Этот исполнительный комитет осуществляет консультации и координацию других ведомств и агентств, которые являются ответственными за принятие стратегических решений, за структурные решения, требования и распределения ресурсов для эксплуатации и улучшения инфраструктур национального спутникового МНС, включая GPS, дополнения к нему и систему безопасности для этих служб, а также отношения между иностранными службами МНС. Этот исполнительный комитет возглавляют заместители министра обороны и транспорта. Структура управления национального исполнительного комитета представлена на рис.2-1

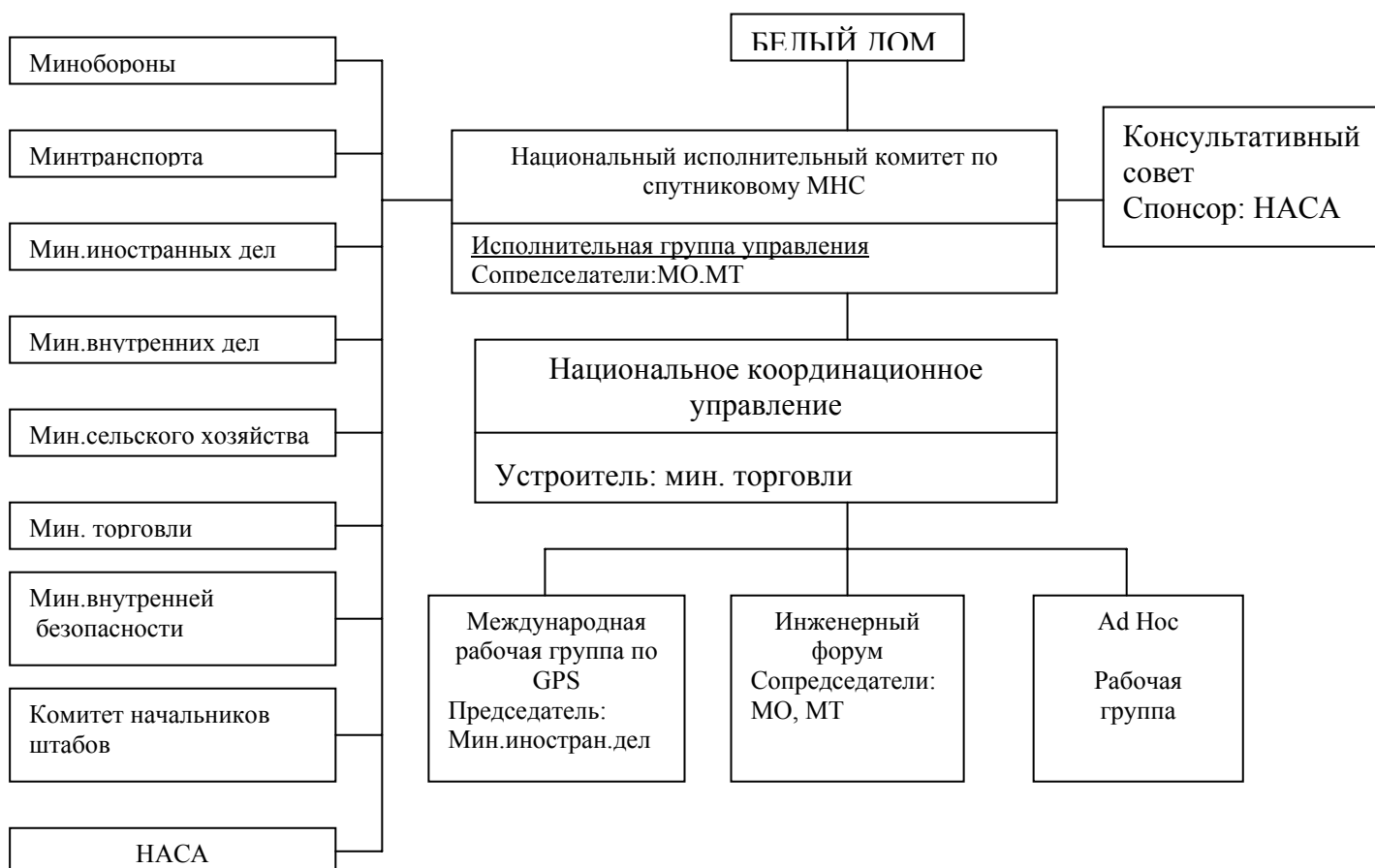


Рис. 2-1 Структура управления космическим местоопределением, навигацией и синхронизацией

2.1 Национальный исполнительный комитет по спутниковым системам МНС (местоопределения, навигации и синхронизации)

Политика США в области спутникового МНС определила создание Национального исполнительного комитета по спутниковому МНС для обеспечения руководства на высшем уровне по вопросам, касающимся спутниковых МНС (но не всех федеральных радионавигационных систем). Заместители министров обороны и транспорта совместно возглавляют Национальный исполнительный комитет. В его состав входят сотрудники одного уровня из министерств иностранных дел, внутренних дел, сельского хозяйства, торговли и внутренней безопасности, а также комитета начальников штабов и НАСА. Члены исполнительной канцелярии президента принимают участие в этом комитете в качестве наблюдателей, а председатель Федеральной комиссии по системам связи (FCC) участвует в качестве звена связи.

Национальный исполнительный комитет разрабатывает рекомендации для своих участников - министерств и ведомств, и для президента через представителей Исполнительного комитета при Президенте. Дополнительно Национальный исполнительный комитет осуществляет консультации и координацию других ведомств и агентств, которые являются ответственными за принятие стратегических решений, за структурные решения, требования и распределения ресурсов для эксплуатации и улучшения инфраструктур национального спутникового МНС, включая GPS, дополнения к нему и систему безопасности для этих служб, а также отношения между иностранными службами МНС. Национальный исполнительный комитет должен:

- обеспечивать национальную и внутреннюю безопасность, рассматривать гражданские требования и принимать участие в процессе принятия решений, а также содействовать интеграции и устранению противоречий данных требований для спутниковых МНС;

- координировать планы по программам по МНС для отдельных министерств и ведомств, требования, бюджет и политику, а также налогообложение в соответствии с бюджетным финансированием и сроки в соответствии с утвержденными требованиями;

- гарантировать, что полезность гражданских служб возрастает или, по крайней мере, эквивалентна той, что обеспечивается иностранными службами спутникового МНС;

- продвигать планы по модернизации национальной инфраструктуры спутниковой МНС, включая: (1) разработку, развертывание и работу новых и (или) усовершенствованных служб национальной и внутренней безопасности (если необходимо) и доведения их до максимального практического использования; (2) пропорциональное распределение требований между системой GPS и ее расширенным дополнением, включая рассмотрение оборудования пользователя;

- обсудить предложения и провести рекомендации с министерствами и ведомствами с целью международной кооперации, а также по вопросам распределения спектра частот и защищенности.

Национальный исполнительный комитет занимается консультацией и координацией по вопросу внутриведомственного ежегодного распределения ресурсов для глобальной системы местоопределения (GPS) и ее расширенных вариантов. Все детали изложены в пятилетнем плане по национальному спутниковому МНС, ежегодно одобренным Национальным исполнительным комитетом.

Национальная исполнительная группа управления (ESG) выполняет задачи, согласует мнения и решает вопросы в интересах Национального исполнительного комитета. Возглавляют эту группу заместители министров обороны и транспорта.

Национальное координационное управление для спутникового МНС обеспечивает личным составом Национальный исполнительный комитет и Национальную исполнительную группу (ESG). Эти управлением руководит директор, кандидатура которого выбирается и обсуждается Национальным исполнительным комитетом. Кадровый состав данного управления формируется из представителей министерств и ведомств, представленных в Национальном исполнительном комитете.

Консультативный совет национального спутникового МНС осуществляет независимые консультации Национального исполнительного комитета. Консультативный совет состоит из экспертов, не входящих в состав правительства США, которые привлекаются посредством НАСА в качестве федерального совещательного комитета.

Несколько рабочих групп образуют в Национальном исполнительном комитете внутриведомственную коллаборацию по различным тематикам. К ним относятся: Международная рабочая группа по GPS и инженерный форум по национальным спутниковым системам МНС.

2.2 Обязанности МО

МО несет ответственность за разработку, проведение испытаний, оценивание, исполнение, работу и эксплуатацию средств навигации и оборудования пользователя, используемых в условиях боевых действий. МО также несет ответственность за обеспечение военных движущих средств, работающих в соответствии с движущими средствами гражданского назначения, необходимыми навигационными средствами.

МО в соответствии со статьей 10 Свода законов США раздел 2281 (ссылка 2) должно обеспечивать поддержку и работу Службы стандартного местоопределения (SPS) GPS для миротворческих гражданских, коммерческих и научных целей, на непрерывной основе, свободной от непосредственной платы потребителя.

К особым требованиям МО относятся:

- a. Определение технических характеристик, используемых для проведения военных операций;
- b. Проектирование, разработка и оценивание систем и оборудования с точки зрения параметра эффективность-стоимость;

- c. Поддерживание взаимосвязи с другими НИОКРами, влияющими на военные радионавигационные системы;
- d. Разработка прогнозов и проведение необходимого анализа для обеспечения требований при проведении военных операций;
- e. Разработка планов, направлений работы, и целей, относящихся к необходимым условиям проведения военных операций;
- f. Определение и приобретение необходимых ресурсов, отвечающих требованиям проведения операций;
- g. Требования по идентификации особых военных маршрутов и воздушного пространства;
- h. Поощрять стандартизацию и взаимодействие систем с системами НАТО и других альянсов;
- i. Эксплуатация и обслуживание радионавигационных средств как части национальной системы УВД, если это экономически обосновано и согласовано с соответствующими министерствами МО и МТ;
- j. Получение и обслуживание астрономических и атомных стандартов времени и временных интервалов, а также распространение этих данных;
- k. Продолжение приобретения, эксплуатации и обслуживания GPS, вместе со службой стандартного местопределения - SPS, используемой на непрерывной, всемирно известной основе, и службой точного местопределения - PPS для использования военными и другими властными структурами;
- l. Кооперация с Директором национальной разведки (DNI), Министерством иностранных дел (DOS) и другими министерствами и ведомствами для оценивания привлечения служб национальной безопасности при использовании GPS и его дополнений. а также альтернативных спутниковых систем местопределения и навигации;
- m. Разработка мер по предотвращению использования GPS и его дополнений противником с целью обеспечения США военным преимуществом без существенного снижения качества пользования гражданскими потребителями;
- n. Обеспечение вооруженных сил США способностью эффективного использования GPS, несмотря на попытки противника предотвратить использование этой системы.

Национальное геопространственное разведывательное агентство (NGA) несет ответственность за обеспечение геопространственной и разведывательной информацией МО и разведывательное сообщество (IC). В нее входит картографическая информация, диаграммы, геодезические дагнны, цифровые карты местности по углу места, цифровые данные анализа характеристик, оцифрованные морские карты, инструкции морякам, аэронавигационные диаграммы, информация о полете, глобальная гравитация и геомагнитные модели, результаты геодезических наблюдений и WGS 84. Этот источник включает геодезическое местопределение передающих устройств электронных систем и станций слежения спутниковых систем, обслуживание

сети станций мониторинга глобальной GPS, генерацию и распределение точных значений эфемерид GPS. Внутри МО, национальное агентство NGA действует как основная точка соприкосновения с гражданским сообществом по вопросу геодезического использования навигационных систем и обеспечения калибровки определенных бортовых навигационных систем. Несекретная информация, подготовленная агентством NGA, используется гражданскими потребителями.

Обсерватория ВМС США (USNO) несет ответственность за определение местоположения и движения небесных тел, движение Земли и точное время; за обеспечение астрономических и временных данных, предназначенных для ВМС США и других подведомств МО, а также широкой публики при выполнении навигации, точного местоопределения, командования, контроля и связи, а также делая их доступными для других правительственных ведомств и общественности. Министерство ВМС вместе с эталонными часами в обсерватории ВМС США в Вашингтоне является официальным хранителем времени в стране.

МО с помощью структуры внешнего управления, показанной на рис. 2-2, осуществляет радионавигационную координацию. На рисунке представлен административный процесс, используемый при рассмотрении и решении вопросов, связанных с позиционированием и навигацией. Оперативное управление системами позиционирования и навигации МО на данном рисунке не показано, но описано в Базовом плане по местоопределению, навигации и синхронизации главы комитета начальников штабов и других документах МО.



Структура управления МНС при МО США

2.2.1 Оперативное управление

Глава комитета начальников штабов, поддерживаемый Объединенным штабом является главным военным советником при Президенте и министре обороны. Комитет начальников штабов (JCS) обеспечивает руководство военными ведомствами при подготовке соответствующих подробных планов. Комитет начальников штабов (JCS) ответственны за оперативные навигационные требования Объединенного командования и служб, а также за разработку, одобрение и распространение Главного плана по МНС (MPNTP) при главе комитета начальников штабов.

Этот Главный план является официальным документом Главы Комитета начальников штабов по политике и планированию МНС, которое формирует оперативные требования по вооружению.

Функции навигационного управления выполняют также следующие организации:

Управление по командованию, контролю, системам связи и обеспечению компьютерными системами, объединенный штаб, отвечает за:

анализ, оценивание и мониторинг планирования и работы навигационных систем;

общие вопросы МНС боевых самолетов;

создание и публикация Главного плана по МНС (MPNTP) при главе комитета начальников штабов.

Командиры объединенного командования выполняют навигационные функции, подобно комитету начальников штабов. Они разрабатывают навигационные требования в случае непредвиденных обстоятельств и учений комитета начальников штабов, что потребует привлечения внешних навигационных ресурсов. Они также несут ответственность за пересмотр и соответствие Главного плана по МНС (MPNTP) при главе комитета начальников штабов.

2.2.2 Административное управление

Четыре постоянно действующие организации обеспечивают поддержку заместителю министра обороны по информационной инфраструктуре [ASD(NII)] по вопросам радионавигационного планирования и управления. К ним относятся: исполнительный комитет по МНС при МО, рабочая группа по МНС при МО, рабочая группа Navwar (по навигационной войне?) при МО, военные ведомства и центры по обслуживанию. Их краткое описание приведено ниже.

2.2.2.1 Исполнительный комитет по МНС при МО

Исполнительный комитет по МНС при МО является центральным местом обсуждения всех вопросов, относящихся к МО и касающихся местоопределения, навигации и синхронизации. В задачу комитета входит обеспечение общего управления и принятия решений, включая определение требований в области разведки и наблюдения (в соответствии с разведывательным сообществом). Его специалисты принимают участие в разработке Федерального радионавигационного плана и осуществляют взаимодействие с исполнительным комитетом по позиционированию и навигации при МТ (минтранспорта).

2.2.2.2 Рабочая группа по МНС при МО

Рабочая группа по МНС при МО выполняет обязанности Исполнительного комитета. В нее входят представители ведомств МО. Эта рабочая группа определяет и анализирует область задач, участвует вместе с рабочей группой по позиционированию и навигации при МТ в проверке Федерального радионавигационного плана и предлагает рекомендации Исполнительному комитету.

2.2.2.3 Рабочая группа по Navwar(использованию навигации в военных целях) при МО

В рабочую группу по Navwar при МО входят специалисты из ведомств МО, которые дают рекомендации относительно доктрины Navwar, политики, требований, и выполнения.

2.2.2.4 Военные ведомства и центры по обслуживанию

Военные ведомства и центры по обслуживанию участвуют в разработке, распространении и выполнении Главного плана по МНС (MPNTP) при главе комитета начальников штабов и в управлении разработкой, развертывании, эксплуатации и обслуживанию указанных навигационных систем.

2.3 Обязанности МТ (министерство транспорта)

Согласно статье 49 Свода законов США, раздел 101 министерство транспорта (МТ) отвечает за безопасность и эффективность транспортных перевозок. Радионавигационные системы играют важную роль при выполнении этой обязанности. Две организации внутри МТ, которые эксплуатируют навигационные системы, это: Федеральное авиационное управление и Корпорация по развитию судоходства по реке Св.Лаврентия. Директор управления по исследованиям и инновационным технологиям (RITA) несет ответственность за координирование радионавигационного планирования внутри МТ и с другими гражданскими федеральными организациями.

Особая ответственность МТ состоит в:

a. обеспечении навигационных средств, используемых гражданскими потребителями, и определенных систем, используемых военными потребителями;

b. подготовке и обнародовании радионавигационных планов в гражданском секторе США;

c. ведущей роли правительства США во всех федеральных гражданских вопросах, касающихся GPS;

d. разработке и выполнении дополнений, предусмотренных правительством США к основной GPS, используемой транспортными средствами;

e. стимулировании коммерческого использования GPS технологий и принятии GPS и дополнений к ней, предусмотренных правительством США, в качестве стандартов в национальной и в международной транспортной системе;

f. координировании дополнений к гражданским системам GPS, предусмотренных правительством США, с точки зрения минимизации стоимости и дублирования усилий;

g. разработке, приобретении, эксплуатации и обслуживании совместно с министром внутренней безопасности средств дублирования местоопределения, навигации и синхронизации, которые могут обеспечивать транспортировку наиболее важных грузов, а также внутреннюю безопасность в пределах США в случае выхода из строя GPS или любой другой спутниковой системы местоопределения, навигации и синхронизации, в соответствии с президентским указом 7 от 17 декабря 2003г. о внутренней безопасности, об идентификации, приоритетности и защите наиболее важных объектов инфраструктуры.

Структура управления внутри МТ по планированию радионавигационных систем гражданского назначения представлена на рис. 2-3. Эта структура была утверждена МТ приказом 1120.32 от 27 апреля 1979 г. и переработана согласно приказу МТ 1120.32С (от 11 октября 1994г.)

Министр транспорта, согласно статье 49 Свода законов США, раздел 301, несет полную ответственность по всем радионавигационным вопросам внутри МТ, а также обнародует радионавигационные планы. Управление по исследованиям и инновационным технологиям (RITA) координирует радионавигационные вопросы и планирование, которое влияет на различные режимы транспортировки. RITA также взаимодействует с другими организациями, не входящими в МТ, по вопросам, не связанным с транспортировкой.

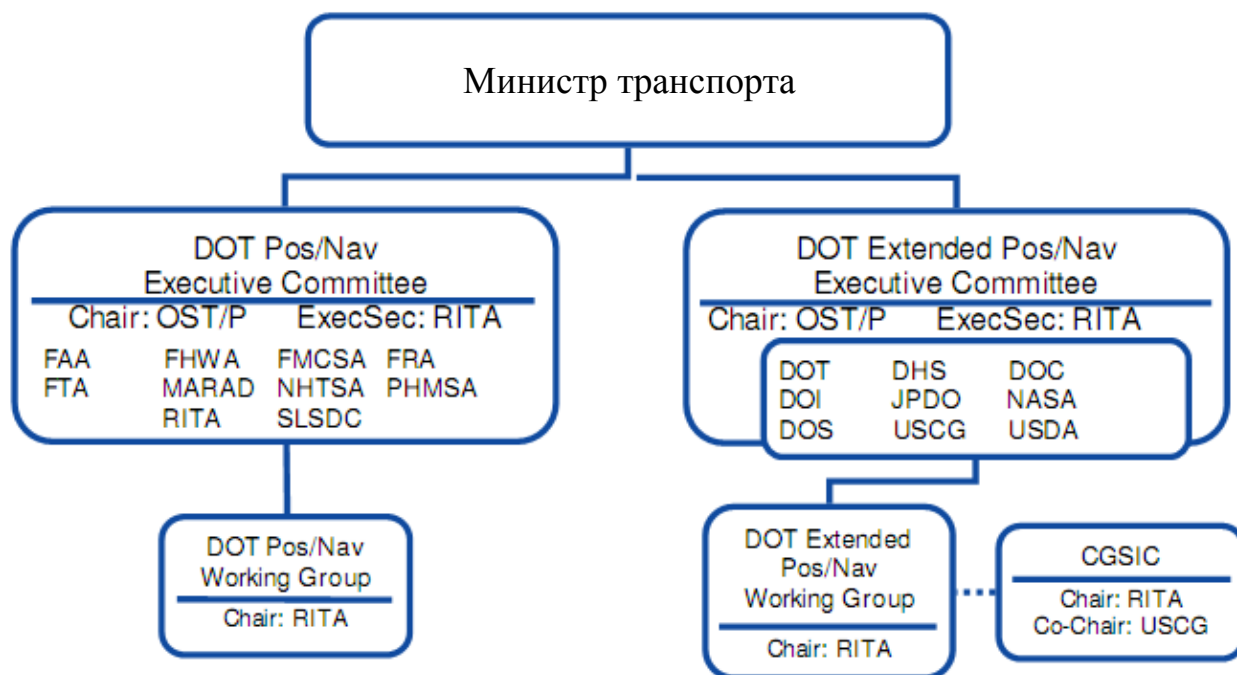


Рис.2-3 Структура управления навигацией при МТ

2.3.1 Исполнительный комитет по местоопределению и навигации при МТ (DOT POS/NAV Executive Committee)

Исполнительный комитет по позиционированию и навигации при МТ является органом управления высшего звена в организационной структуре. Его возглавляет заместитель министра по политике (OST/P). Оно состоит из представителей канцелярии генерального консула (OST/C), канцелярии зам.министра по бюджету и программам (OST/B), зам.министра по администрации (OST/M), FAA (Федеральное авиационное управление), FHWA (Федеральное управление по автодорогам), FMCSA (Федеральное управление по безопасности автосредств), FRA (Федеральное управление железных дорог), FTA (Федеральное управление по пассажирским перевозкам), MARAD (Управление по ВМС), NHTSA (Национальное управление по безопасности движения на автомагистралях), PHMSA (Управление по безопасности трубопроводов и боевой техники), RITA (Управление по исследованиям и инновационным технологиям) и SLSDC (Корпорация по развитию судоходства по реке Св.Лаврентия).

2.3.1.1 DOT POS/NAV Working Group – Рабочая группа по местоопределению и навигации при МТ

Рабочая группа по местоопределению и навигации при МТ является ядром данной организационной структуры. Ее возглавляет управление по исследованиям и инновационным технологиям. В нее входят представители

канцелярии генерального консула (OST/C), канцелярии зам.министра по бюджету и программам (OST/B), зам.министра по администрации (OST/M), FAA (Федеральное авиационное управление), FHWA (Федеральное управление по автодорогам), ITS-JPO (Объединенное управление по программам в области «интеллектуальных» транспортных систем), FMCSA (Федеральное управление по безопасности автосредств), FRA (Федеральное управление железных дорог), NHTSA (Национальное управление по безопасности движения на автомагистралях), FTA (Федеральное управление по пассажирским перевозкам), SLSDC (Корпорация по развитию судоходства по реке Св.Лаврентия), MARAD (Управление по ВМС), PHMSA (Управление по безопасности трубопроводов и боевой техники) и RITA (Управление по исследованиям и инновационным технологиям), включая BTS (Бюро по транспортной статистике) и Volpe центр, а также другие МТ структуры (по необходимости). Центр по навигации и Volpe центр также оказывают техническую помощь Рабочей группе по местоопределению и навигации.

2.3.2 Исполнительный комитет при МТ по расширенному POS/NAV (местоопределению и навигации)

Исполнительный комитет при МТ по расширенному POS/NAV является органом управления высшего уровня, взаимодействующего с организациями, не входящими в МТ, для нетранспортного использования радионавигационных систем. Его возглавляет зам.министра по транспортным перевозкам. Он состоит из представителей МТ, МВБ, Министерства торговли, МВД, НАСА, МИД, береговой охраны США и Министерства сельского хозяйства.

2.3.2.1 Рабочая группа при МТ по расширенному POS/NAV (местоопределению и навигации)

Рабочая группа по местоопределению и навигации при МТ является рабочим штабом, который осуществляет взаимодействие с организациями МТ по нетранспортному использованию радионавигационных систем. Она возглавляется RITA (Управлением по исследованиям и инновационным технологиям). В ее состав входят представители МТ, МВБ, Минторговли, МИД, НАСА, береговой охраны США и Министерства сельского хозяйства. Центр по навигации и Volpe центр также оказывают техническую помощь данной Рабочей группе.

2.3.2.2 Комитет по взаимодействию со службами гражданских GPS (CGSIC)

Комитет по взаимодействию со службами гражданских GPS, возглавляемый RITA (Управлением по исследованиям и инновационным технологиям) совместно с МВБ и береговой охраной США в качестве заместителя председателя и исполнительного секретариата, является

официальным комитетом по обмену информацией со всеми внутренними и международными пользователями GPS.

2.3.3 Другие агентства при МТ

FAA (Федеральное авиационное управление) несет ответственность за разработку и выполнение радионавигационных систем, отвечающих требованиям всех авиационных средств военного и гражданского назначения, за исключением требований вооруженных сил, предъявляемых к воздушным боевым средствам. FAA также отвечает за работу средств воздушной навигации, определяемых международным договором.

Статья 49 Свода законов США, раздел 44505 (a) утверждает следующее «Основные требования:

(1) Руководитель Федерального авиационного управления должен

(A) разработать, внести изменения, тестировать и оценивать системы, методы, средства и приборы и определять их технические характеристики, отвечая требованиям безопасной и эффективной навигации и управления движением гражданской и военной авиации, за исключением требований вооруженных сил, предъявляемых к воздушным боевым средствам.

(B) осуществлять выбор систем, методов, средств и устройств, которые наилучшим образом будут соответствовать требованиям и повышению максимальной координации систем управления воздушным движением и ПВО.

(2) Руководителю необходимо разработать соглашения (договора) по выполнению предыдущего пункта в соответствии с разделом 34324(a) и (b) статьи 31 Свода законов США.

(3) Когда реально возникает вопрос, касающийся вооруженных сил, то руководитель должен решать, кто в данном случае примет на себя ответственность: сам руководитель или министр соответствующих военных ведомств.

Руководитель должен обеспечиваться технической информацией по каждому проводимому НИОКР в рамках оборонного заказа.

Корпорация по развитию судоходства по реке Св.Лаврентия (SLSDC) несет ответственность за обеспечение навигации для безопасности движения судов по реке Св.Лаврентия. Эта корпорация обеспечивает навигационные средства для движения в водах США, а также работу системы управления движением судов с представительство в Канаде.

Управление по ВМС (MARAD) занимается изучением применения перспективных навигационных технологий, а также обучением экипажей судов по всем вопросам, связанным с эксплуатацией судна. Полагают, что эти усилия приведут к увеличению эффективности и безопасности эксплуатации кораблей в водах США.

FHWA (Федеральное управление по автодорогам), FMCSA (Федеральное управление по безопасности автосредств), FRA (Федеральное управление железных дорог), NHTSA (Национальное управление по безопасности движения на автомагистралях), FTA (Федеральное управление по пассажирским перевозкам) и RITA (Управление по исследованиям и инновационным технологиям) несут ответственность за проведение исследований, разработку и демонстрацию систем, включая проекты по наземному использованию радиолокационных систем. Они также оказывают помощь государственным и местным властным структурам при планировании и обеспечении выполнения таких систем, а также в вопросах, касающихся их возможного применения. Из-за возрастающей роли эффективности и безопасности пассажирских перевозок, перечисленные выше организации усиливают свою деятельность в этом направлении.

Другие федеральные правительственные службы занимаются вопросами оценивания, исследований и эксплуатации радионавигационных систем. Например, НАСА занимается разработкой технологий авиационной и космической навигации. НАСА отвечает за разработку аппаратуры для пользователей и наземного базирования, а также дает разрешение на демонстрацию способностей навигационных спутниковых систем военного назначения для навигации и определения местоположения гражданской авиации, кораблей и космических аппаратов.

2.4 Обязанности МВБ(министерства внутренней безопасности)

МВБ несет ответственность за установку требований по МНС (местоопределению, навигации и синхронизации) для целей внутренней безопасности. В дополнение, министр внутренней безопасности совместно с министром транспорта несут ответственность за разработку, приобретение, эксплуатацию и обслуживание дублирования способностей МНС в случае выхода из строя GPS.

Совместно с министром транспорта и другими департаментами и агентствами, МВБ будет поддерживать использование стандартов позиционирования и синхронизации GPS федеральными агентствами, государственными и районными властями в целях общественной безопасности и в ответ на чрезвычайную ситуацию.

Совместно с министром обороны и в кооперации с министрами транспорта и торговли, МВБ будет обеспечивать:

- механизмы своевременного определения, понимания и распространения информации об угрозах, связанных с потенциальным использованием противником служб спутникового позиционирования, навигации и синхронизации в пределах США;

- разработку, обеспечение выполнения процедур и обучение их проведения для оказания помощи министру обороны в случае необходимости не допустить использования противником служб спутникового позиционирования, навигации и синхронизации в пределах США.

Совместно с министрами обороны, транспорта, торговли, МВБ будет разрабатывать и эксплуатировать способности, процедуры и методы, а также реакции на случай чрезвычайных ситуаций для обеспечения непрерывной работы в случае, если нет доступа к использованию GPS.

Совместно с министрами транспорта и обороны и в кооперации с другими департаментами и агентствами, МВБ координирует использование существующих в настоящее время и планируемых федеральных способностей для идентификации, определения местоположения и любого внешнего вмешательства в пределах США, которое ухудшает использование GPS и его дополнений для внутренней безопасности, для гражданских коммерческих и научных целей.

Наконец, совместно с министрами транспорта, обороны и директора национальной разведки, а также в кооперации с другими департаментами и агентствами, МВБ будет:

- разрабатывать хранение и базу данных для записей внутренних и внешних помех для гражданских служб GPS и его дополнений для внутренней безопасности, гражданских, коммерческих и научных целей;

- быстро уведомлять Руководителя, Национальное управление по системам связи и информации (NTIA), Председателя федеральной комиссии по системам связи (FCC), Министра обороны, Директора национальной разведки и другие департаменты и ведомства в случае внутреннего или внешнего вмешательства в службу спутникового МНС для проведения соответствующего исследования, предупреждения и/или силовых действий.

2.4.1 Береговая охрана США (USCG)

В качестве агентства в пределах МВБ, береговая служба США определяет необходимость и обеспечивает средства для безопасной и эффективной навигации. Статья 49 Свода законов США раздел 81 утверждает следующее:

«Для поддержки навигации и предотвращения бедствий, столкновений, аварий судов и самолетов Береговая охрана США может определять, обслуживать и эксплуатировать:

- 1) средства морской навигации для нужд вооруженных сил или торговли США;

- 2) средства воздушной навигации для обслуживания вооруженных сил США, особенно при ведении боевых действий, определяемых Министром обороны или министром любого другого департамента при минобороны или по просьбе любого из этих официальных лиц;

- 3) электронные средства навигационных систем (а) необходимые для обслуживания вооруженных сил США особенно при ведении боевых действий, определяемых Министром обороны или министром любого другого департамента при минобороны; или (b) требуемые для обслуживания нужд морской торговли США; или (c) требуемые для обслуживания нужд воздушной торговли США по требованию руководителя Федерального авиационного управления.

Эти средства навигации кроме электронных средств должны быть определены и эксплуатироваться только в пределах США, на водах выше континентального шельфа, на территориях и владениях США, территориях островов Тихого океана и территориях, находящихся под юрисдикцией США, где находятся или могут находиться морские и военные базы США. Береговая охрана может определять, обслуживать и эксплуатировать средство морской навигации согласно параграфу (1) данного раздела по договору с любым официальным лицом, общественным деятелем».

2.5 Обязанности Минторговли (DOC)

Политика по спутниковым системам МНС США (ссылка 4) определяет роли и обязанности минторговли, включая: представление коммерческих интересов США с точки зрения требований к системам; обеспечение требований космических систем гражданского назначения для спутникового МНС для минторговли; защита спектра спутникового МНС с помощью соответствующего управления спектром, которое защищает существующие и перспективные применения GPS, допуская при этом разработку технологий других радиочастот и служб; содействуя федеральному, государственному и районному использованию спутникового МНС.

Минторговли является устроительницей Национального исполнительного комитета по спутниковому МНС и его Национального координационного управления (NCO), обеспечивая рабочее место для офиса, комплектование кадров, службы обслуживания, и другие ресурсы. Через Национального управления по исследованию океана и атмосферы (NOAA), Минторговли осуществляет управление сетью эталонных станций непрерывного действия (CORS) и службой местоопределения пользователя в режиме онлайн (OPUS). NOAA также выполняет роль координатора аналитического центра для Международной службы GNSS (IGS). Через национальный институт стандартов и технологий (NIST), минторговли занимается исследованием атомных часов, делает вклад в определение координированного времени (UTC), ведет службы калибровки и проводит анализ для GPS спутников. Национальный институт стандартов и технологий (NIST) работает на основном частотном стандарте США.

2.6 Обязанности министерства иностранных дел

Обязанности министерства иностранных дел представлены в ссылке 2. Политика данного министерства направлена на:

- содействие совместно с министрами обороны и транспорта, а также другими департаментами и агентствами использованию в гражданских целях правительствами иностранных государств и другими международными организациями служб и стандартов GPS и ее дополнений;
- руководство переговорами с правительствами иностранных государств и другими международными организациями по вопросам гражданского и,

соответственно в координации с министром обороны, военного позиционирования и синхронизации, включая, но не ограничиваясь межведомственным рассмотрением:

- директив для делегаций США по двусторонним и многосторонним консультациям по вопросам планирования, управления и использования GPS и соответствующих дополнений;

- международных соглашений с правительствами иностранных государств и другими международными организациями по вопросам планирования, эксплуатации, управления и применения GPS и его дополнений;

- совершенствовать и поддерживать совместно с министрами обороны, торговли и энергетики, директором национальной разведки, руководителем НАСА перечень высокочувствительных технологий, разработанный управлением США по коммерческому дистанционному зондированию пространства от 52 апреля 2003 года. В особенности, включая вопросы высокочувствительных технологий и информации, относящейся к применению МНС.

2.7. Обязанности НАСА.

Задача НАСА состоит в эксплуатации космического пространства, проведении научных и аэрокосмических исследований. Эти исследования охватывают использование GPS в космосе, авиации и на земле. Политика США в области спутникового МНС на 2004г. определяет задачи перед руководством НАСА совместно с минторговли разработать и обеспечить министра транспорта требованиями по использованию GPS и его дополнений с целью обслуживания спутниковых систем гражданского назначения. Для поддержания этого курса участие НАСА в национальном исполнительном комитете по спутниковому МНС состоит в (1) гарантии того, что полезность спутниковых служб GPS гражданского назначения превосходит или, по крайней мере, эквивалента полезности, обеспеченной иностранными спутниковыми службами МНС; (2) продвижении планов модернизации инфраструктуры спутникового МНС США; (3) обеспечение поддержки и финансирования консультативного совета по спутниковому МНС.

3. Политика в области радионавигационных систем

В этой главе описана политика по отношению к радионавигационным системам федерального уровня.

3.1 Общие положения

Федеральное правительство эксплуатирует системы радионавигации, как один из необходимых элементов для обеспечения безопасной транспортировки груза и развития торговли в США. Целью правительства является обеспечение общественности надежными радионавигационными службами как наиболее экономичного способа из всех возможных.

Ожидается, что по мере развертывания полного спектра гражданских применений служб GPS и дополнений к ним, произойдет снижение потребности в службах, предоставляемых другими радионавигационными системами федерального уровня. Правительство будет сокращать радионавигационные службы не на основе GPS по мере снижения необходимости в таких службах. Однако политикой правительства США предусмотрено не полагаться только на одну систему для решения задач местоопределения, навигации и синхронизации (МНС). Правительство США будет поддерживать возможности резервирования служб для удовлетворения (1) возрастающих потребностей к национальной, внутренней и экономической безопасности, (2) гражданских потребностей и (3) коммерческих и научных потребностей. Соображения эксплуатационного плана, а также требования безопасности указывают на необходимость развертывания дополнительных навигационных систем для поддержки навигации или выполнения специальных операций. Хотя некоторые операции можно вполне безопасно выполнять и при использовании единственной радионавигационной системы, политика федерального правительства заключается в создании по мере необходимости резервной избыточной радионавигационной службы. В качестве резервных служб по отношению к GPS для применения спасения жизней или других критических операций могут выступать другие радионавигационные системы или эксплуатационные процедуры. Надежную и эффективную резервную поддержку можно также образовать на основе объединения таких систем и процедур.

Резервом по отношению к GPS для операций синхронизации могут быть высокоточные генераторы меток времени на кварцевых кристаллах или атомных часах и канал связи к источнику синхронизации, метки которого можно привязать к всеобщему скоординированному времени (UTC).

Если эти преимущества, включая повышение уровня безопасности, предоставляемые пользователям службой или средствами, перевешиваются стоимостью таких служб или средств, то федеральному правительству не следует больше продолжать предоставлять такие службы или средства. Перед выводом из эксплуатации федеральных радионавигационных служб необходимо установить соответствующий переходной период. Этот период должен учитывать такие факторы, как доступность оборудования для

пользователей, проблемы с переходом на другой спектр радиочастот, стоимость, готовность пользователей к новым службам, учитывать объем финансирования и интересы общества. Международные соглашения и договоры влияют на эксплуатацию определенных типов и уровней навигационных служб, предоставляемых федеральным правительством, поскольку они должны обеспечивать взаимодействие с международными пользователями.

Радионавигационные системы, развернутые в основном для повышения безопасности транспортировки грузов и улучшения национальной обороны, предоставляют также значительные выгоды и другим гражданским, коммерческим и научным пользователям.

Признавая этот факт, федеральное правительство будет учитывать нужды и потребности таких пользователей перед внесением любых изменений в порядок эксплуатации радионавигационных систем.

Национальная политика США заключается в том, что все радионавигационные системы, эксплуатируемые правительством США, должны оставаться доступными для использования в мирных целях, однако в случае войны или угрозы национальной безопасности Президент может издать специальный указ об особом порядке эксплуатации. Во время чрезвычайного национального положения эксплуатирующие ведомства могут прекратить предоставление служб или изменить характеристики и форматы сигналов в радионавигационных системах. Указ президента распространяется также на работу всех каналов связи, включая те, которые передают корректирующие сигналы дифференциальной GPS и другие дополнения системы GPS.

3.2 GPS

3.2.1 Исполнительные службы

8 декабря 2004 года президент издал директиву по руководству и выполнению программы по спутниковому МНС, его дополнений и направлений деятельности для национальной и внутренней безопасности США, гражданских и коммерческих целей. Эта директива обеспечивает руководство:

- по разработке, приобретению, эксплуатации поддержанию и модернизации GPS и разработанных в США или частных действующих систем, используемых для дополнения или улучшения сигналов GPS или других спутниковых систем МНС;

- по разработке, развертыванию, поддержанию и модернизации средств защиты доступа США и его союзников к пользованию GPS для целей национальной, внутренней и экономической безопасности; а также во время военных конфликтов средств лишения противника к доступу служб спутниковых МНС;

- по иностранному доступу к GPS и правительственным дополнениям, а также по международному сотрудничеству с иностранными службами спутникового МНС, включая также дополнительные службы.

В течение последних десяти лет полезность GPS существенно выросла. Ее службы многофункционального пользования являются неотъемлемой частью национальной безопасности США, экономического роста, безопасности транспортировки грузов и внутренней безопасности, а также важным элементом мировой экономической инфраструктуры. В «Постановлении Президента относительно решения о не снижении точности GPS» от 1 мая 2000г. была осознана возрастающая важность GPS для гражданских и коммерческих пользователей путем разрыва умышленного снижения точности сигналов невоенного применения, известных как «Селективная доступность» (SA). С этих пор коммерческое и гражданское применения GPS непрерывно увеличивались и их важность существенно возросла. Службы, в зависимости от GPS-информации, являются двигателем экономического роста, а также улучшают безопасность жизнедеятельности. Эта система является ключевым компонентом многочисленных секторов наиболее важной инфраструктуры США. В сентябре 2007 года правительство США объявило о создании будущего поколения GPS спутников, известных как GPS III, не обладающих свойством «Селективная доступность». Постановление правительства от 2000г остается постоянным. Оно исключает источник неопределенности в работе GPS, который в течение некоторого времени являлся предметом для беспокойства для гражданских пользователей GPS по всему миру.

В то время как происходит непрерывный рост гражданского и коммерческого применения GPS, МНС информация, получаемая от GPS, остается важной для национальной безопасности США. Более того, непрерывный рост служб, базирующихся на GPS, создает возможности, риски и угрозы для национальной, внутренней и экономической безопасности США. Широко распространенная и растущая зависимость от GPS военных, гражданских и коммерческих систем и инфраструктур сделала эти системы уязвимыми к неожиданному сбою в службах МНС.

Таким образом, в ответ на растущие требования по национальной, внутренней и экономической безопасности, а также исходя из коммерческого и научного потребления, США должны продолжать улучшать и поддерживать GPS, его дополнения, а также возможности резервирования.

США продолжают поддержку служб спутникового МНС, его дополнений, резервирования и возможности отказа службы так, чтобы (1) обеспечить бесперебойную доступность служб МНС; (2) удовлетворить требованиям растущей национальной, внутренней и экономической безопасности, а также гражданским, научным и коммерческим требованиям; (3) оставлять превосходство военных служб спутникового МНС; (4) продолжать обеспечивать гражданские службы, превосходящие или конкурентные с иностранными службами спутникового МНС, и их дополнения; (5) оставлять наиболее существенные компоненты международных служб; (6) продвигать лидерство США в области технологий в применениях, использующих службы спутникового МНС. Для достижения представленных целей правительство США будет:

- обеспечивать непрерывный доступ к службам США по спутниковому глобальному точному МНС для систем национальной безопасности США и его союзников, вне зависимости от иностранных служб МНС;

- улучшать возможности лишения противника доступа к любым службам спутникового МНС, не нарушая при этом доступ к гражданским службам МНС, находящимся вне зоны проведения военных операций, или для целей внутренней безопасности;

- улучшить качество работы служб спутникового МНС, включая большую устойчивость к воздействию внешних помех и в соответствии с целями национальной безопасности США и их союзников, внутренней безопасности, а также с потребностями гражданских, коммерческих и научных потребителей;

- обслуживать GPS как элемент многокомпонентного сектора наиболее важной структуры США, в соответствии с президентским указом 7 о внутренней безопасности, идентификации, приоритетности и защиты критической инфраструктуры, от 17 декабря 2003 года;

- одобрять иностранные разработки служб и систем МНС, базирующихся на GPS. Стремиться к обеспечению взаимодействия иностранных спутниковых систем МНС с гражданскими службами GPS и его дополнениями для обеспечения выгоды для гражданских, коммерческих и научных пользователей по всему миру. Как минимум, стремиться к совместимости этих иностранных систем с GPS и его дополнениями и обеспечению мощной безопасности относительно иностранных провайдеров для предотвращения пользования противником службами спутникового МНС;

- максимально продвигать использование служб спутникового МНС США, а также способностей для их применения на федеральном и региональном уровнях.

3.2.2.1 Служба стандартного местоопределения (SPS)

Правительство США предоставило службу стандартного местоопределения SPS для доступа мирового сообщества к пользованию GPS. Морское сообщество задокументировало это предложение в резолюции ассамблеи ИМО А.953(23). Авиационное сообщество задокументировало это положение на 10-й конференции ИКАО по воздушной авиации и на 29 Ассамблее ИКАО. Правительство США дало понять, что оно намерено образовать GPS SPS, на непрерывной всемирной основе, свободной от непосредственной платы потребителя при условии финансирования, как этого требует закон США. Это служба будет доступна для всех потребителей на бездискриминационной основе, на всех уровнях ТТХ, определяемых в Стандарте ТТХ для SPS. Правительство США примет все необходимые меры для поддержания в будущем целостности, надежности и доступности службы GPS SPS, и, как полагают, обеспечит, по меньшей мере, 6-летнее уведомление морскому сообществу или в 10-летнее уведомление авиационному сообществу о завершении каких-либо действий GPS или ликвидации службы GPS SPS.

3.2.2.2 Служба точного местопределения (PPS)

Для систем национальной безопасности США и их союзников Правительство США предоставило непрерывный глобальный доступ в PPS GPS.

3.2.3 Использование навигации в военных целях (Navwar)

В директиве по спутниковому МНС США, в декабре 2004г. Президент дал указание министру обороны о проведении разработок, приобретении, эксплуатации, испытаний, оценки и поддержании средств навигационной войны Navwar.

Программа минобороны по Navwar направлена на сохранение военного преимущества США в зоне конфликтов с помощью: защиты санкционированного использования GPS; предотвращения использования GPS и его дополнений противником; защита гражданских пользователей вне зоны конфликта. Программа Navwar потребует периодической проверки, что может повлиять на гражданское пользование GPS.

3.2.4 Дублирование GPS

Правительство США признало преимущества дублирования GPS для ослабления влияния выхода из строя службы GPS на безопасность, защищенность и экономику страны. Согласно Политике США по спутниковому местопределению, навигации и синхронизации, министр транспорта совместно с министром внутренней безопасности будет заниматься разработкой, приобретением, эксплуатацией и сохранением дублирующих средств МНС, которые могут обеспечивать наиболее важную транспортировку грузов, внутреннюю безопасность и другую важную гражданскую и коммерческую инфраструктуру в пределах США, в соответствии с президентским указом HSPD-7.

В марте 2007 года исполнительный комитет по МНС при минторговли и исполнительный комитет по геопространственному МНС при МВБ получили сведения от института по независимой оценке оборонных исследований и одобрили назначение расширенной системы Logan, обычно называемой как eLogan, в качестве дублирующей системы МНС внутри США. На совещании в марте 2007года национальный исполнительный комитет по спутниковому МНС поддержал это предложение и поставил задачу перед минтранспорта и МВБ завершить план действий, который включает в себя определение исполнителя, разработку плана перехода к адресному финансированию и работам, и получение согласия минтранспорта и МВБ по окончательному решению.

В марте 2008 года национальный исполнительный комитет по спутниковому МНС подтвердил решение минтранспорта и МВБ о переходе системы Logan в систему eLogan.

Что касается грузоперевозок, авиационных, коммерческих морских, железнодорожных и автомобильных, то минтранспорта установило что в случае выхода из строя служб на основе GPS в настоящее время существуют альтернативные навигационные средства, и, таким образом, в качестве дублирующего навигационного средства система Logan не является необходимой для обеспечения безопасности пассажироперевозок. Однако, транспортные системы безопасности зависят от коммерческих систем связи, и минтранспорта признало важность системы Logan в качестве дублирующей системы GPS для наиболее важной инфраструктуры, требующей точного времени и частоты.

В настоящее время МВБ определяет, существуют ли альтернативные резервные системы или планы по чрезвычайным ситуациям по наиболее важным секторам инфраструктуры и ключевым ресурсам, которые точно установлены в Плане защиты национальной инфраструктуры в случае выхода из строя служб GPS. Начальное изучение федеральных партнеров по наиболее важным секторам инфраструктуры показывает широкое разнообразие требований к резервным системам. Таким образом, МВБ работает с Федеральными партнерами по вопросу определения оперативных требований.

3.2.5 Синхронизация

Обсерватория ВМС США обеспечивает GPS временным эталоном UTS для точного местоопределения, навигации и синхронизации (МНС). Обсерватория ВМС США работает с основной и резервной системой эталонных часов (Master Clock) и дополнительными средствами эталонных часов, расположенными совместно с главной станцией подсистемы контроля и управления GPS (MCS) на базе ВВС Schriever в Колорадо Спрингс. Эталонные часы обсерватории ВМС США состоят из ансамбля из более чем 50 атомных часов, которые полностью привязаны к международным стандартам по синхронизации, распространяемыми Международным бюро мер и весов. Обсерватория ВМС США использует набор специализированных приемников станций временного контроля GPS для непрерывной проверки GPS сигнала и обеспечения главной станции подсистемы контроля и управления (GPS MCS) точными временными данными. Подробно о полученной калибровке временных приемников GPS и привязки к координированному времени можно узнать на сайте <http://tycho.usno.navy.mil>.

3.2.6 Мониторинг GPS сигнала

В Национальном агентстве геокосмической разведки (NGA) создаются точные GPS орбиты для нужд Минобороны. Это агентство эксплуатирует глобальную сеть, состоящую из 11-ти GPS-станций, которые географически дополняют 6 мониторинговых станций ВВС США. Эти NGA-станции управляются с помощью полной избыточности по ключевым компонентам и обеспечивают высококачественные данные. Эти NGA данные затем передаются в почти реальном режиме времени военно-космическому командованию ВВС

для объединения операций GPS в их реальном времени. Комбинированная NGA-BBC США сеть GPS используется для установления опорной геодезической сети WGS 84 - стандартной геодезической опорной системы для GPS и для всех данных по МНС для Минобороны. GPS данные и продукты от NGA можно найти на сайте <http://earth-info.nga.mil/GandG/sathtml>.

3.2.7 Усовершенствованные GPS сигналы

3.2.7.1 Сигналы гражданского назначения

В дополнение к сигналу L1 с кодом C/A, правительство США добавит три дополнительных кодированных сигнала для поддержки будущих гражданских применений:

- сигнал L1C с частотой L1C -1575.42 МГц обеспечивает лучшие характеристики, чем действующий в настоящее время C/A сигнал, используемый приемниками гражданского назначения;
- сигнал L2C с частотой 1227.6 МГц;
- сигнал L5 с частотой 1176.45 для применений, связанных с безопасностью жизни, таких как гражданская авиация.

Сигнал L1C разработан для объединения с Европейской системой Галилея. В будущем планируют использовать его в качестве мирового стандарта для вхождения в Глобальную навигационную спутниковую систему (GNSS). Приблизительно в 2014 году следующее поколение GPS спутников GPSIII будет передавать сигналы L1C.

Техническими требованиями в существующем в настоящее время стандарте ТТХ службы стандартного местоопределения (SPS) для потребителя определен сигнал L1 C/A (1575.42 МГц). Как только новые модернизированные GPS сигналы гражданского назначения (L1C, L2C и L5) достигнут стадии начальной эксплуатационной готовности (IOC), будут разработаны новые технические стандарты для служб, использующих эти сигналы.

3.2.7.2 Дискретность бескодового и полукодового доступа GPS

Как было издано в Федеральном регистре от 23 сентября 2008 года (том 73, № 185), правительство США передало обслуживание существующих GPS сигналов L1 C/A, L1 P(Y), L2C и L2 P(Y), которые обеспечивают бескодовый и полукодовый доступ, по крайней мере, до 31 декабря 2020 года. Для осуществления организованного и систематического перехода, ожидают, что пользователи полукодовых и бескодовых приемных устройств уже к этой дате перейдут на использование гражданских кодированных сигналов.

3.2.7.3 Сигналы военного назначения

В настоящее время военные пользователи GPS обеспечиваются кодированными P(Y) сигналами L1 и L2. В будущем они будут вытесняться

сигналами с М-кодом, которые представляют собой следующее поколение GPS сигналов военного назначения. Первый GPS-спутник Block IIR-M начал передачу М-кода в сентябре 2006 года. М-код существенно улучшит доступ, кроме того он является защищенным и спектрально разделенным от сигналов гражданского назначения и других сигналов спутниковых служб, таким образом, давая возможность проведения США операций по навигационной войне с помощью разделения спектров. Навигационная война включает в себя защиту использования GPS силами США и альянса, одновременно предотвращая доступ к GPS сил противника и защищая пользование GPS в мирных гражданских целях вне зоны проведения военных операций. М-код позволяет использовать сигнал большей мощности, чем существующая в настоящее время модель сигнала, и будет способствовать локализованному тактическому отторжению GPS сигналов гражданского назначения, чтобы предотвратить их использование силами противника. GPS приемники военного назначения при слежении защищенными сигналами военного назначения являются более устойчивыми к воздействию внешних помех, чем коммерческое GPS оборудование. Самое последнее поколение GPS приемников военного назначения, которые могут принимать военные GPS сигналы непосредственно, даже более устойчивы к воздействию внешних помех; однако будущие усовершенствования в модели сигнала и характеристиках приемника обязательно должны быть продолжены.

3.2.8 Использование в военных целях сигналов GPS гражданского назначения

Минобороны не имеет оперативных требований по использованию GPS сигналов гражданского применения, определенных как, L1C, L2C и L5 или широкозонная дополняющая система (WAAS) за исключением WAAS требований, утвержденных сухопутными силами и представленных в документе оперативных требований (ORD) в Глобальном управлении воздушным движением (GATM). Поскольку Минобороны запрещает использовать сигналы гражданского назначения или дополнительные системы в условиях военного времени, и двойное снаряжение в финансовом отношении является непрактичным, то для того, чтобы исключить необходимость гражданского снаряжения GPS на военном самолете, требуется санкция на тип приемника для военной авиации. Это улучшит способность охвата оперативных условий окружающей среды для военной авиации – от полета в воздушном пространстве в мирное время до боевых операций в военное время. Коммерческие операторы Резервного флота гражданской авиации могут выбирать частоту L5 и/или WAAS, если она продемонстрирует преимущества на гражданских аэропортах, где эксплуатируется эта авиация.

Минобороны утверждает тип приемника для военной авиации при использовании в национальной системе УВД и внутреннем воздушном пространстве. Это утверждение выполняется в соответствии со стандартами гражданской авиации, сохраняя при этом способность использовать сигналы

для военного назначения. Минобороны также будет работать с военным истеблишментом и его международными союзниками для получения одобрения по использованию этих приемников в иностранном воздушном пространстве

3.2.9 Будущее GPS

В обозримом будущем GPS основной радионавигационной системой, обеспечиваемой на федеральном уровне. GPS будет дополнена, усовершенствована для того, чтобы удовлетворить будущие гражданские и военные требования по точности, доступности, непрерывности действия, зоне действия и целостности.

3.3 Смягчение последствий отказов служб спутниковой навигации

Министерство транспорта совместно с другими государственными органами разрабатывает и реализует планы смягчения последствий согласно рекомендациям, приведенным в отчете Центра Volpe по национальным транспортным системам: *Оценка уязвимости транспортной инфраструктуры, основанной на системе глобального местопределения* (ссылка 5), а также других инициатив правительства США относительно защиты критически важной инфраструктуры. Кроме того, согласно политике США в области спутниковой системы местопределения, навигации и синхронизации Министерство транспорта совместно с Министерством внутренней безопасности должно разработать, приобрести, ввести в эксплуатацию и проводить техническое обслуживание резервной системы местопределения, навигации и синхронизации для критических гражданских и коммерческих приложений внутри США в случае отказа работы системы GPS или дополнений к GPS .

3.3.1 Смягчение последствий отказов в авиационных операциях

В обозримом будущем Федеральное авиационное управление (FAA) будет продолжать эксплуатировать и обслуживать сеть средств навигации наземного базирования. Однако FAA приняло решение о развитии спутниковой навигационной системы, способной поддерживать все операции в рамках национальной системы по организации воздушного пространства (NAS), не полагаясь на резервную поддержку от других систем навигации. Даже если эта цель будет достигнута, ожидается, что многие операторы решат сохранить другие радионавигационные приемники и возможно, что инерционные навигационные системы все же будут нужны некоторым операторам. Для обеспечения безопасной эксплуатации в случае отказа системы GPS будет также использоваться система специальных мер. В настоящее время проводится ряд исследований и экспертиз с целью определить достижимость этой цели. В случае необходимости FAA изменит стратегию навигационных служб для обеспечения безопасной и надежной работы воздушного транспорта. Ниже обсуждаются основные проблемы, подлежащие решению.

Проблемой является также ионосферная сцинтилляция во время сильных солнечных бурь, но ожидается, что она будет оказывать незначительное воздействие на операции навигации по маршруту, подлету к аэропорту и неточному заходу на посадку. Однако аномалии в ионосфере вызывают периодическое снижение характеристик сигналов местоопределения в средствах вертикального наведения (LPV) при заходе на посадку с помощью системы WAAS.

Отказ службы GPS из-за появления преднамеренных или не преднамеренных помех при отсутствии других средств навигации может иметь отрицательные последствия различной тяжести на операции воздушного транспорта. Такие последствия могут варьироваться от воздействия помех, которые приводят к необходимости выполнения стандартных процедур восстановления возможностей служб, до невозможности обеспечить нормальное управление воздушным движением в одном или нескольких секторах воздушного пространства в течение значительного периода времени.

Национальной системе по организации воздушного пространства (NAS) все пространство разделено на так называемые "сектора" управления воздушным движением. Каждый отдельный диспетчер воздушного движения обязан удерживать воздушные суда на безопасном расстоянии друг от друга в пределах каждого сектора. Размеры секторов являются различными, они устанавливаются на основе доминирующих воздушных маршрутов, высот движения и рабочей загрузки диспетчеров.

Помимо планов FAA по сохранению минимальной сети средств VOR, DME и ILS для использования в качестве резервной системы для GPS в ближайшем будущем, были предложены некоторые другие решения, позволяющие смягчить последствия отказов службы спутниковой навигации:

- Частота L5 гражданского назначения, которую планируется ввести в GPS, поможет снизить влияние, как солнечной активности, так и непреднамеренных помех, но полная группа двухчастотных спутников (L1 и L5) может быть доступна только к 2018 году. Такая двухчастотная реализация с L5 даст возможность в приемниках проводить вычисления коррекции за счет действия ионосферы, позволяя сохранить работоспособность LPV во время сильных ионосферных бурь.

- Современный турбореактивный транспортный самолет с инерционными системами навигации, движущийся по относительно стабильному маршруту, способен безопасно продолжать пользоваться своими системами навигации некоторый период времени после отказа системы местоопределения с помощью радионавигации, обновляя свои курсовые данные согласно полученной при следовании по маршруту информации. В некоторых случаях такие средства могут оказаться вполне достаточными, чтобы уйти из зоны с локальными участками отказа радионавигационных служб или продолжать движение согласно правилам визуального управления полетом в условиях хорошей видимости и высотного эшелона. Однако точность данных инерционных систем без радионавигационных поправок ухудшается с течением времени и, в конце концов, не будет удовлетворять требованиям систем управления

воздушным движением.

- Интегрированные системы GPS/инерциальная авионика, обладающие значительной помехоустойчивостью, могут существенно уменьшить зону отказа служб GPS из-за работы станции постановки умышленных помех или из-за непреднамеренных помех. Проводится исследование с целью развития этой технологии и ожидается, что такая технология может быть востребована в авиации.

- У пользователей имеется возможность оснастить свои самолеты авионикой системы Logan-C, сертифицированной согласно требованиям правил полета по приборам (IFR) и внести необходимое усовершенствование для обеспечения неточного приборного подлета с помощью системы eLogan. Комбинированный приемник системы eLogan/спутниковой навигации может обеспечить навигацию и неточный подход к аэропорту по приборам во время любого отказа служб спутниковой навигации.

3.3.2 Смягчение последствий отказов в морских операциях

Береговая охрана США определила два критических морских приложения:

- Внутренние водные пути и приближение, и заход в порт.
- Поддержка временной шкалы и синхронизация (морской стандарт Системы автоматического опознавания (Automatic Identification System - AIS)).

Моряки обычно используют "традиционную" навигацию, пользуясь разнообразными средствами, которые включают в себя GPS, дифференциальные GPS (DGPS), корабельные РЛС, визуальные навигационные знаки, фазометры, бумажные и электронные карты, службы движения судов (VTS) и лоцманское дело. Кроме того, Береговая охрана США управляет движением на водных путях с помощью полномочий, которыми наделен Диспетчер порта и в рамках которых он может закрывать водные пути или ограничивать выход судов во время неблагоприятных погодных условий или при проведении специальных операций. Эти элементы совместно обеспечивают безопасную навигацию по водным путям. Из-за интенсивного резервирования сети визуальных средств навигации и независимых корабельных систем, во время сбоя работы GPS суда, при заходе в порт и во внутренних водах могут эксплуатироваться с некоторым ухудшением уровня безопасности и эффективности.

Универсальная система автоматического опознавания AIS является примером того, как новая технология может быть развита с учетом GPS и в тоже самое время она может выполнять некоторые функции, смягчающие последствия потенциальной уязвимости GPS. Таким образом, группа разработчиков универсальной конструкции AIS была осведомлена о возможных механизмах отказа системы GPS. Хотя универсальная система AIS использует GPS для первичной синхронизации, вторичная синхронизация обеспечивается внешним методом синхронизации, основанном на приеме

сигналов от других передающих станций AIS. Вторичная информация о позиционировании может быть получена от электронных навигационных систем, отличных от GPS и DGPS, в том случае, если такая система была установлена на судне. Отказ службы синхронизации GPS не приведет к потере работоспособности системы AIS, хотя возможность вставлять в пакеты данных точные "метки времени" и "координаты судна" будет утрачена. При этом система потеряет свои функции безопасности и надежности.

3.3.3 Смягчение последствий отказов в наземных операциях

Пользователи наземных транспортных систем в настоящее время используют радионавигационные службы GPS и ее расширений в качестве дополнения к другим доступным системам, не использующим средства радионавигации. В такой эксплуатационной парадигме пользователи согласованно используют другие имеющиеся технологии для смягчения как кратковременной потери сигналов GPS из-за местных препятствий, так и долговременной потери этой службы из-за отказа бортового оборудования пользователя или неблагоприятных условий эксплуатации. Ожидается, что в будущих приложениях требования к точности будут гораздо более строгими и поэтому система GPS и ее дополнение, скорее всего, будут играть более ответственную роль. Последствия отказа системы GPS и ее дополнений необходимо тщательно проанализировать в рамках общей транспортной системы с целью обеспечения продолжения безопасной и эффективной работы наземной транспортной системы.

Службы наземного транспорта совместно с промышленностью работают над тем, чтобы в критических системах обеспечения безопасности, использующих систему GPS и ее дополнения, учитывалась возможность отказа этих радионавигационных служб с целью смягчения последствий такого отказа и продолжения безопасной и эффективной работы национальной наземной транспортной инфраструктуры. На современном уровне это реализуется с помощью контроля работы групп пользователей и местных транспортных служб и введения минимальных необходимых эксплуатационных или функциональных стандартов. В будущем может потребоваться обучение разработчиков, государственных и местных транспортных компаний и перевозчиков основным эксплуатационным возможностям системы GPS, а также тому, что следует делать в случае ее отказа.

Наконец, поскольку ожидается, что доступность сигнала системы GPS может оказаться низкой для наземных пользователей из-за наличия городских препятствий, то будут использоваться альтернативные системы, которые выполняют проверку качества работы навигационной системы GPS и поддерживают непрерывную работу в случае отказа системы GPS.

3.3.4 Смягчение последствий отказов в железнодорожных перевозках

Развиваемая Федеральным управлением железных дорог (ФУЖД) программа Интеллектуальных железнодорожных систем способствует интегрированному подходу к технологии, в которой используется взаимосвязанные синергетичные и избыточные системы. Например, поскольку GPS подвержена отказам из-за преднамеренного глушения или непреднамеренных помех, то ФУЖД приветствует использование в качестве резервных технологий и процедур, которые не восприимчивы к целенаправленным или не преднамеренным помехам. К этим технологиям и процедурам относятся инерционные навигационные системы, сети датчиков, сигнальные системы и диспетчерская служба. Такие избыточные системы и процедуры обеспечивают безопасную и эффективную работу железнодорожного транспорта в случае отказа или перерыва в работе GPS. Аналогично, поскольку все радионавигационные системы восприимчивы к помехам, то радионавигационные системы не считаются допустимыми в качестве резервных систем для GPS на железнодорожном транспорте.

Понимая, что спутниковые навигационные службы могут работать с перерывами, ФУЖД будет:

- Работать над внедрением на железнодорожном транспорте приемников, невосприимчивым к преднамеренным помехам.
- Способствовать внедрению недорогих инерционных навигационных блоков (Inertial Navigation Units - INU) в системах безопасного управления поездами (Positive Train Control - PTC).
- Разрабатывать средства для автоматической коррекции данных блоков INU с помощью сигналов от железнодорожных датчиков либо вручную, когда локомотив проходит мимо километрового столба.
- Разрабатывать стандарты и архитектуру для оборудования, применяющегося на железнодорожном транспорте.
- Способствовать внедрению надежных и безотказных форматов сигналов в службы спутниковой навигации и в систему их дополнения, например, в Национальную службу по дифференциальному глобальному местопределению (NDGPS).
- Работать совместно с другими ведомствами и международным сообществом над предотвращением и смягчением последствий отказов и перерывов в сигналах служб спутниковой навигации и в системах их дополнения, например, в NDGPS.

3.3.5 Смягчение последствий отказов для не относящихся к навигации приложений

Общие приложения местопределения включают геодезию и картографию; сельское хозяйство, реакцию на чрезвычайные ситуации и законодательные действия; пожарные службы, управление ресурсами

окружающей среды и материальное обеспечение. Такие приложения имеют очень разную длительность и иногда используются в единичных областях. Из-за гибкой природы приложений местоопределения их работа обычно приостанавливается вплоть до восстановления сигнала системы GPS в этой области. Оптическое и инерционное геодезическое оборудование является резервными средствами, которые могут удовлетворить требованиям к точности соответствующих приложений, в зависимости от класса оборудования и степени подготовки операторов

3.3.6 Смягчение последствий отказов в НАСА

Приемники служб точного местоопределения GPS (GPS PPS) были использованы в качестве навигационных средств воздушно-космических аппаратов многоразового использования, они были выбраны в силу того, что они менее восприимчивы к перерывам в передаче сигналов.

Инерционная навигационная система (Inertial Navigation System - INS), которая является основной навигационной системой, корректирует свои данные положения с помощью сигналов от GPS (одна цепочка) и от систем ТАКАН на аппаратах OV-103 (Discovery) и OV-104 (Atlantis), и от трех цепочек GPS на аппарате OV-105 (Endeavour). Таким образом, кратковременные перерывы в работе GPS будут первоначально компенсироваться работой системы INS. Если работа службы GPS будет прервана до входа в атмосферу, то аварийные процедуры предусматривают отслеживание полета с помощью радара диапазона С наземного базирования. Дополнительное резервирование обеспечивается за счет лага и барометрических высотомеров, а также микроволновых систем посадки на площадках в космическом центре имени Кеннеди, в Эдвардсе на базе ВВС США, на ракетном полигоне в Белых песках, а также на аварийных посадочных площадках во Франции и Испании. Во время входа в атмосферу посадочные площадки могут отслеживать наличие помех для системы GPS. Во время повторного входа посадочная площадка в космическом центре имени Кеннеди непрерывно отслеживает наличие помех для GPS.

Ряд приемников GPS был испытан на космических аппаратах для навигации в реальном масштабе времени и определения высоты. Система GPS упрощает астрономические наблюдения на орбите Земли и снижает стоимость эксплуатации и полосу частот систем связи. Если работа системы GPS будет прервана, то для навигации будет использована наземная станция слежения и резервные бортовые приборы, например, магнитометры, датчики Земли и направленные антенны для определения высоты. Методы смягчения последствий отказа варьируются от использования методов навигации меньшего уровня точности до какого-либо отсутствия методов смягчения.

3.4 Стратегия перехода к аэронавигации

3.4.1 Переход к спутниковой радионавигации

Федеральное авиационное управление (FAA) переходит к предоставлению служб спутниковой навигации (SATNAV), основанных в основном на системе GPS, дополненной:

- дополнительная система авиационного базирования (ABAS), такая как автономный контроль целостности (RAIM);
- дополнительная система спутникового базирования (SBAS), такая как широкозонная дополяющая система (WAAS),
- дополнительная система наземного базирования (GBAS), такая как дополнительная система локальной зоны (LAAS).

В результате такого перехода будет уменьшаться потребность в навигационных службах наземного базирования и соответственно будет снижаться количество наземных средств федерального уровня. Но потребуются значительное время для оснащения потребителя средствами спутниковой навигации.

Скорость и степень перехода к спутниковой навигации зависит от ряда факторов, связанных с:

- техническими характеристиками NAS (национальной системы по организации воздушного пространства);
- выполнением основных вех программы по GPS и дополнительным к ней системам;
- готовностью потребителя.

Конкретные средства навигации, выводимые из эксплуатации, будут определяться по критериям, которые разрабатываются в настоящее время. Эти планы перехода к спутниковой навигации будут продолжать координироваться с пользователями аэрокосмической индустрии и представителями авиационной промышленности.

3.4.2 Проблемы связанные с переходом к спутниковой авиации (SATNAV)

При проведении воздушных операций система GPS представляет уход от традиционных навигационных систем наземного базирования. Службы наземных систем ограничены местоположением, где они установлены. Системы VOR/DME (всенаправленные маяки и дальномерная аппаратура) и TACAN (тактическая аэронавигационная система) обеспечивают «точечную» навигацию воздушных средств по азимуту и дальности, в то время как GPS используется для зональной навигации (RNAV). Во время перехода должны находиться в эксплуатации оба типа систем. Операции захода на посадку с использованием GPS могут осуществляться для любых взлетно-посадочных

полос в национальной системе по организации воздушного пространства с использованием или без использования наземного радионавигационного оборудования. Требования по ослаблению влияния местности и препятствий, а также модернизации аэропорта остались такими же, как и для случая захода на посадку с помощью системы точной посадки по приборам – ILS. Для реализации всех возможностей GPS при заходе на посадку необходимо разработать новый критерий для аэропортов, не соответствующих требованию точного захода на посадку. Дополнительные системы локальной зоны наземных систем функционального дополнения (GBAS LAAS) обеспечивают точный заход на посадку для многочисленных границ взлетно-посадочных полос в аэропорту. На них не влияют помехи за счет многопутевого распространения сигнала, отраженного от других самолетов. Таким образом, система LAAS (дополнительная система локальной зоны) позволяет увеличить скорость приема самолетов по сравнению с системой посадки по приборам. Но во время переходного периода должны эксплуатироваться оба типа захода на посадку.

4 Требования потребителя к радионавигационным системам

Термин «требования» включает в себе широкий спектр желаний потребителя, потребностей и необходимых условий. Не все правительственные организации достигают своих требований одинаковым способом. Они должны рассмотреть требования гражданских и военных потребителей и обеспечивать службы в пределах своих возможностей. Потребителям минобороны приходится работать по всему миру с радионавигационными системами гражданского назначения и вооруженных сил НАТО, одновременно сохраняя способность использования радионавигационных сигналов военного назначения.

Согласно законодательному акту (статья 49 Свода законов США, раздел 44505), Федеральное авиационное управление (FAA) должно эксплуатировать авиационные системы общего назначения, которые отвечают «требованиям безопасной и эффективной навигации и контроля за движением гражданской и военной авиации, за исключением требований вооруженных сил, которые имеют специфику в условиях военных действий». Чтобы ответить на требования авиационных пользователей, «Руководитель Федерального авиационного управления (FAA) будет выбирать системы, которые наилучшим образом будут удовлетворять этим требованиям и максимально координировать системы управления воздушным движением и ПВО».

Согласно законодательному акту (статья 14 Свода законов США, раздел 81), Береговая охрана США должна развертывать, поддерживать и эксплуатировать (1) средства морской навигации для вооруженных сил США или коммерческих целей». По просьбе минобороны Береговая охрана США сможет эксплуатировать средства воздушной навигации и электронные средства для навигационных систем», требуемых для обеспечения потребностей вооруженных сил США, особенно в условиях военных действий.

Согласно законодательному акту (Акт о федеральных скоростных автомагистралях) для удовлетворения требований торговли и национальной обороны, должна быть разработана система скоростных автомагистралей между штатами и в рамках национальной обороны. Этот акт не структурирован для поддержки национальной эксплуатации радионавигационных систем для автомагистралей.

Требования гражданских и военных потребителей для радионавигационных служб основаны на технических и рабочих характеристиках, необходимых для проведения военных операций, транспортной безопасности и экономической эффективности. Для гражданской авиации, потребителей морского и военного назначения в задачах, похожих на задачи гражданских потребителей (например, навигация по маршруту), требования определяются в конкретной «фазе навигации». Эти фазы дифференцированы, главным образом, особенностями навигационных задач, выдвигаемым движущим средством при прохождении им различных участков своего маршрута. Фазы навигации не используются при наземной транспортировке из-за большей гибкости, которой обладают наземные

потребители при определении своего местоположения. Требования будут различаться в зависимости от намерений пользователя, типа используемой транспортной системы и местоположения потребителя.

Специфика военных задач и требования национальной безопасности предполагает различный набор требований к характеристикам, которые необходимо рассматривать с разных точек зрения. Конечно, требования для военного потребителя всегда предполагают использование большего количества функциональных возможностей системы для обеспечения служб с равными или увеличенными требованиями при выполнении тактических или стратегических задач в данных географических районах, независимо от действий противника. Все потребители требуют, чтобы системы используемые службами безопасности, были бы одинаково защищены. В последующем обсуждении, гражданские и военные требования представлены в формате тактико-технических характеристик (по возможности).

4.1 Требования к радионавигационным системам

Радионавигационные требования определяются с помощью процесса, начинающегося с осведомленности о потребностях служб в каком-либо районе или потребностях какого-либо класса потребителей. Как правило, эти потребности уточняются для обеспечения торговли, национальной безопасности или общественной безопасности. Они создаются с помощью внутренней работы администрации, других федеральных агентств, обществом пользователей или по требованию Конгресса и подтвержденных анализом эффективность-стоимость. Эти требования для какого-либо района или класса пользователя не являются полными. Процесс установления требований включает оценку:

допустимый уровень безопасных рисков для правительства США, пользователя и общественности как одна из функций обеспечивающей службы;
экономические потребности в смысле обслуживания, необходимого с точки зрения параметра эффективность/стоимость для коммерции и общественности. Сюда входит и подробное изучение требуемого обслуживания с учетом полученных преимуществ;

влияние общей стоимости на принятие правительственного решения по радионавигационной системе потребителя.

Постановление правительства об обеспечении радионавигационными службами является предметом бюджетного обсуждения Конгрессом и распределения приоритетных программ организациями.

4.2 Требования к авиационным радионавигационным системам

Авиационная навигация представляет собой процесс пилотирования самолета от одного места к другому и включает в себя определение

местоположения, ориентацию, направление курса и расстояние до заданного места назначения, определение отклонения от заданной траектории маршрута.

Требования к навигационным характеристикам диктуются фазой полета, близостью самолета к местности или другим самолетам, и процессом управления воздушным движением.

Навигация по правилам полета при визуальном наблюдении (VFR) проводится, главным образом, по наземным реперным точкам, но не может быть соединена авионикой. Навигационная авионика часто используется в полете по правилам полета при визуальном наблюдении при эшелоне полета ниже 180 и при работе по правилам полета по приборам.

Критерий разделения, устанавливается Федеральным авиационным управлением. При этом учитываются ограничения по линиям связи, навигации и разведки (CNS), а также мощное влияние других факторов, например, возникновение турбулентности, преобладание погодных условий и способность вмешательства системы управления воздушным движением. Обычно разведывательная служба делится на две категории:

Совместная: Разведка, при которой данная цель совмещается с процессом, использующим бортовое оборудование для снабжения, получения и происхождения разведывательной информации (измерения местоположения, распознавание и т.д.).

Несовместная: Разведка цели вне зависимости от информации, полученной о цели.

Критерий разделения требует высокой степени уверенности в том, что самолет будет оставаться в пределах заданного воздушного пространства. Размеры этого пространства частично известны с помощью оговоренной вероятности того, что характеристики навигационной системы будут оставаться в пределах заданной ошибки.

«Навигационная система» подразумевает, что все ее элементы обеспечивают навигационное обслуживание на протяжении каждой фазы полета. Не может один набор навигационных и рабочих требований, даже если он отвечает главному требованию безопасности, одинаково отвечать различным комбинациям рабочих условий, возникающих в различных частях мира. Требования, которые пригодны для самых суровых областей, могут казаться чрезмерными, если применяются к другим областям. В общем случае, требования к навигационной системе включают:

а. Эта навигационная система должна подходить для использования на всех типах самолетов, требующих обслуживания без незаконного ограничения характеристик работы системы или функций этих типов самолетов; например, маневренности, экономии топлива и боевой способности;

b. Навигационная система должна быть безопасной, надежной и доступной; а соответствующие элементы должны обеспечивать обслуживание на всем используемом воздушном пространстве, невзирая на время, погоду, местность и условия распространения;

c. Целостность навигационной системы, включая представление информации в кабине, должна составлять 100%, и обеспечивать своевременное оповещение об ошибках, аварийной работе или сбое в работе системы;

d. Навигационная система должна восстанавливаться от временной потери сигнала без необходимости полного возврата в исходное состояние;

e. Навигационная система должна обеспечивать максимально осуществимую защиту от возможности грубых ошибок на входе, неправильной установки или неверной интерпретации выходных данных;

f. Для подтверждения качества работы бортового и внешнего навигационного оборудования навигационная система должна обеспечивать пилота адекватными средствами;

h. Любой источник – референчный элемент всей навигационной системы должен обладать способностью оперативно обеспечивать навигационной информацией одновременно и мгновенно все воздушные средства, которым она необходима, в пределах зоны покрытия;

i. Совместно с другими полетными приборами, навигационная система должна обеспечивать информацией пилота и авиационные системы для выполнения следующих функций:

- непрерывного определения положения самолета;
- непрерывного наведения по отклонению от траектории пути;
- непрерывного определения продольной дальности;
- уведомление (сигнализация) о местоположении в ручном режиме или автоматически;
- непрерывный мониторинг качества работы навигационной системы и;
- полета в режиме «автопилота» или в режиме ручного управления;

j. Навигационная система должна быть совместима с общей системой Управления воздушным движением (АТС), которая включает в себя требования по рабочим характеристикам для целей связи и разведки;

к. Навигационная система должна обеспечивать эффективный переход на протяжении всех фаз полета, для которого он предназначен, с минимальным влиянием на действия в кабине, дисплеи и рабочую нагрузку;

l. Навигационная система должна позволять пилоту определять местоположение самолета с точностью и на частоте, которые (а) гарантируют самолету уверенность, что он все время будет находиться в установленном защищенном воздушном пространстве, (b) выполнять требование нахождения в диаграмме направленности и захода на посадку; и (с) оповещать наземные пункты, если эта система навигации не удовлетворяет этим требованиям.

m. Навигационная система должна позволять устанавливать и обслуживать любую полезную систему для движения по маршруту для соответствующих фаз полета;

n. Система должна обладать значительной гибкостью для того, чтобы проводить изменения при движении по маршруту и в местах нахождения в диаграмме направленности, не вызывая чрезмерных неудобств или стоимости для провайдеров или пользователей системы;

o. Навигационная система должна обеспечивать информацией, необходимой для максимального использования аэропортов и воздушного пространства;

p. Навигационная система должна удовлетворять критерию «эффективность-стоимость» как на государственном уровне, так и на уровне пользователей;

q. Навигационная система должна быть разработана с учетом снижения чувствительности к помехам от смежного радиоэлектронного оборудования и не вызывать нежелательные помехи для любой связанной или смежной радиоэлектронной аппаратуры, установленной на борту или на земле.

r. Навигационная система должна компенсировать замирание (или плавное уменьшение) уровня сигнала или других аномалий, связанных с распространением сигнала в пределах рабочей области;

s. Навигационная система должна эксплуатироваться в соответствующем спектре радиочастот, пригодном для обслуживания навигационной системы.

Для любых маршрутов IFR самолет должен быть оснащен соответствующим навигационным оборудованием. Во многих случаях требуется использовать специальную навигационную систему такую как VOR или ILS. Были разработаны новые маршруты, основанные на зональной навигации, (обозначенные как маршруты «Q» и «T») и методы, использующие разнообразные навигационные системы такие как GPS, GPS/WAAS, DME/DME и DME/DME/ IRU, хотя проводимые операции будут также ограничены для этих систем.

Характеристики ошибки сигнала навигационной системы непосредственно влияют на определение минимальной ширины коридора маршрута. Необходимо рассматривать временную корреляцию ошибок,

скорость изменения и величину ошибки. Распределение ошибок координат должны содержать как случайную, так и постоянную составляющую. При определенных условиях постоянную составляющую можно легко компенсировать в том случае, если ее характеристики известны и являются постоянными величинами. Необходимо рассмотреть величину, природу и распределение ошибок как функцию времени, местности, типа самолета, маневренности самолета и других факторов. Оценка ошибки представляет собой сложный процесс, и сравнение систем на основе количества одиночных ошибок является неправильным.

4.2.1 Этапы воздушной навигации во время полета и требования к текущей точности

Четыре этапа воздушной навигации представляют собой: навигацию при движении по маршруту (включая океанические и удаленные области), навигацию на конечном участке маршрута, навигацию при заходе на посадку и посадка, навигацию при движении по поверхности земли. В таблице 4-1 приведены навигационная инфраструктура и службы NAS (Национальная система по организации воздушного движения).

4.2.1 Навигация при полете по маршруту

Этот этап является частью маршрута, начинающегося после отлета и заканчивающегося перед переходом к этапу захода на посадку. Основные требования к навигации на этом этапе приведены в разделе 4.2. Добавим, что при обеспечении навигации на этом этапе навигационная система должна быть эксплуатационно совместима с системой, применяемой при заходе на посадку и при посадке. Работа устройств при движении на высокой и низкой высоте характеризуется обычно от умеренной до высокой плотности движения воздушного транспорта. Это вызывает необходимость использования более узкого маршрутного коридора по сравнению с участком маршрута, проходящим над океаном. Обычно в качестве дополнения к наземному мониторингу за положением воздушного судна применяется независимое наблюдение. В целях безопасности и эффективности полета также необходимо использовать информацию высотомеров.

Таблица 4-1 Элементы и службы навигационной инфраструктуры

| Эксплуатационные службы | Системы и инфраструктура | | | | |
|--|--|---|--|---|---|
| | Навигационные средства наземного базирования | ГНСС | Бортовые системы | Освещение аэропорта | |
| Незональная навигация – операции с участием наземных навигационных средств | Полет по маршруту | VOR (Victor and Jet линии) VORTAG(Victor and Jet линии) TACAN (используется MO) DME (определение фиксации) NDB (на Аляске и для некоторых удаленных от берега маршрутов) | GPS, SBAS (как замена NDB, DME) | Барометрический высотомер, инерциальные системы | Не применимо |
| | Прибытие и отлет | VOR (SID, STAR) VORTAG(Victor and Jet линии) TACAN(используется MO) (SID, STAR) DME (определение фиксации) NDB | GPS, SBAS (как замена NDB, DME) | Барометрический высотомер, инерциальные системы | Не применимо |
| | Заход на посадку по приборам | Заход на посадку и посадка курсовой радиомаяк, LDA VOR DME NDB TACAN(используется MO) р/л методы (ASR) (используется MO) | Не примен. | Барометрический высотомер | Освещение, если необходимо при проведении операций и мин.требования см.АС 150/5300-13 |
| Вертикальное наведение при заходе на посадку по | ILS, PAR(используется MO) | См. ниже «Проведение зональной навигации» | Барометрический высотомер, р/л VNAV EFVS/HUD (не являясь навиг.системой, | Освещение, если необходимо при проведении операций и мин.требования см.АС | |

| | | | | | |
|--|--|--|--|---|---|
| | приборам | | ции» | она снижает риск и может использоваться при соответствующих санкциях | 150/5300-13 |
| Зональная навигация | Полет по маршруту | DME/ DME (резервные службы) VOR/DME резервные службы) Loran-C (AC 90-45A) eLoran | GPS, SBAS | Инерциальная система (как часть многодатчиковой системы) | Не применимо |
| | Прибытие и отлет | DME/ DME (резервные службы) VOR/DME резервные службы) Loran-C (AC 90-45A) eLoran | GPS, SBAS | Инерциальная система (как часть многодатчиковой системы) | Не применимо |
| | Заход на посадку по приборамR NAV и RNP (горизонтальное наведение) | Заход на посадку и посадка Зональная навигация (ограниченное применение) DME/ DME (резервные службы) eLoran | GPS, SBAS, GBAS | Инерциальная система (как часть многодатчиковой системы), барометрический высотомер, баро-VNAV | Освещение, если необходимо при проведении операций и мин. требования см. AC 150/5300-13 |
| Заход на посадку по приборамR NAV и RNP (вертикальное наведение) | Баро совместно наземными средствами, например eLoran DME/ RNAV DME/INS | VNAV с навигац. eLoran DME/INS | SBAS, GBAS барометрический высотомер, баро-VNAV, EFVS/HUD | Освещение, если необходимо при проведении операций и мин. требования см. AC 150/5300-13 | |

4.2.1.1.1 Навигация при полете над океаном и в удаленных областях

В этот этап входит проведение операций над океаном или удаленных областях, которые характеризуются, главным образом, низкой плотностью воздушного транспорта. Удаленные области – это области с особыми географическими условиями или условиями окружающей среды, которые, как правило, отличаются сложной местностью, в которой, с точки зрения эффективности-стоимость трудно осуществлять полное навигационное покрытие. Типичным примером удаленных областей являются гористая

местность, области, находящиеся на расстоянии от берега, а также большие участки Аляски. Применяемая навигационная система должна соответствовать требованиям для особых областей в целях обеспечения безопасной навигации и применения критерия бокового разделения маршрутов полета. Организованные системы слежения в Северной Атлантике и Тихом океане обеспечивают прокладку маршрутов, оптимальных с точки зрения метеоусловий. Новая авионика CNS (связь, навигация и разведка) позволяет уменьшить пространственное разнесение самолета в случае, если не используется РЛС. С помощью новых методов можно уменьшить ранее установленное разнесение путем (например, сообщений о местоположении и синхронизации), сохраняя при этом эквивалентный уровень безопасности.

Исходя из существующих в настоящее время минимальных требований к характеристикам навигационного оборудования (MNPS) стандарт по боковому разнесению в воздушном пространстве для системы слежения Северной Атлантики составляет 60 морских миль. Стандарт по боковому разнесению, в соответствии с требованиями к навигационному обеспечению RNP-10, в районах Тихого океана составляет 50 морских миль, в то время как в соответствии с RNP-10 величина бокового разнесения снижена до 30 морских миль в поперечном и 30 морских миль в продольном направлениях для самолетов как с автоматическим зависимым наблюдением (ADS), так и линией связи пилота контроллера (CPDLC) в пределах района океана.

4.2.1.2 Навигация на конечном этапе

Работа в области терминала обычно характеризуется от умеренной до высокой плотности движения воздушного транспорта, сходящимися маршрутами и переходами к полетным высотам. Необходима узкая ширина коридора. Обычно в качестве дополнения к наземному мониторингу применяется независимое наблюдение за положением воздушного судна.

На этом этапе обеспечивается переход от взлета до полета по маршруту и от полета по маршруту до этапа захода на посадку. Средства наблюдения обеспечивают контроллеров способностью с помощью радиолокационных методов обслуживать самолеты согласно правилам IFR и VFR, обеспечивать рекомендациями в целях обеспечения безопасности, а также упорядочивать входные и выходные транспортные потоки в пределах зоны данного терминала.

Успехи в области технологий авиационной навигации, использующей требования к RNAV и RNP позволят снизить нагрузку на пилота и контроллера во время полета и способствовать более эффективному использованию воздушного пространства. Эти изменения в результате приведут к улучшению: безопасности, возможности прогнозирования, рабочей эффективности и уменьшению влияния окружающей среды в пределах указанных областей.

4.2.1.2.1 Вылет

Вылет начинается после достижения самолета окончания взлетной полосы и продолжается до тех пор, пока не произойдет перехвата структурой авиалинии, контролирующей движение самолетов по маршруту или до тех пор пока службы терминала, обслуживающие воздушное движение, не передадут контроль диспетчерским службам, обслуживающим воздушное движение по маршруту.

4.2.1.2.2 Подлет

Этап подлета начинается тогда, когда самолет уходит с высоты, на которой он совершал полет, и заканчивается при достижении места, определяемого для конечного этапа захода на посадку (FAF).

4.2.1.3 Навигация на этапе взлета, заходе на посадку и посадки

Основные требования, изложенные в разделе 4.2, применяются на этапах: взлета, захода на посадку и посадке. Дополнительно, требования к особым процедурам и зоне клиренса определены в TERPS [6].

Критерий минимальных требований к характеристикам навигационного оборудования меняется для случаев точного и неточного захода на посадку.

4.2.1.3.1 Этап взлета

Этап взлета начинается от начального скольжения и заканчивается точкой отрыва на взлетной полосе.

4.2.1.3.2 Этап от захода на посадку до посадки

Основная классификация метода включает в себя:

- Метод неточного захода на посадку: Стандартный метод захода на посадку по приборам, в котором отсутствуют данные электронного прибора о наклоне плоскости планирования.

- Метод с вертикальным наведением: метод, который позволяет использовать стабилизированный спуск с помощью вертикального наведения без значений точности, требуемых при использовании традиционного метода точного захода на посадку. В США был разработан критерий для навигации по отклонению от заданного маршрута и вертикальной навигации (LNAV/VNAV) и методы захода на посадку с использованием средств вертикального наведения (LPV), которые соответствуют данной классификации. LNAV/VNAV методы обеспечивают наведение как в вертикальной, так и в азимутальной плоскостях при максимальной рабочей высоте полета 250 футов и видимости 3/4 мили. Методы захода на посадку с использованием средств вертикального наведения (LPV) обеспечивают наведение как в вертикальной, так и в азимутальной

плоскостях при максимальной рабочей высоте полета 200 футов и минимальной видимости 1/2 мили. Эти минимально достигаемые значения при использовании средств LPV зависят от характеристик широкозонной дополняющей системы WAAS в месте расположения данного аэропорта, окружающей местности и препятствий вокруг аэропорта, инфраструктуры данного аэропорта. Методы захода на посадку с использованием средств вертикального наведения (LPV) с самым минимально достижимым потолком полета самолета (200 футов) обычно обозначают как LPV-200.

- Метод точного захода на посадку: Стандартный метод захода на посадку по приборам, в котором используется электронный наклон плоскости планирования для обеспечения более жестких допустимых отклонений, чем при использовании методов: LNAV/VNAV, LPV или LPV-200.

Замечание: Заход на аварийную посадку, как часть описанного захода на посадку по приборам, проводится в случае, если посадка не может быть выполнена безопасно.

4.2.1.3.2.1 Метод неточного захода на посадку и навигация по отклонению от заданного маршрута (LNAV)

Методы неточного захода на посадку основаны на использовании особых навигационных систем. Минимальная безопасная высота, область, очищенная от препятствий, минимальная видимость, окончательный участок при заходе на посадку ит.д. – все это является функцией достигаемой навигационной точности и других факторов.

Достигнутые способности методов неточного захода на посадку меняются очень значительно в зависимости от месторасположения навигационного оборудования относительно фиксированного положения и типа применяемой навигационной системы.

Требования за состоянием целостности для неточного захода на посадку обеспечат пилота либо предупреждением, либо удалением сигнала в течении 10 сек от момента возникновения выхода системы из допустимых значений.

LNAV метод – это особая категория методов неточного захода на посадку, которая основана на наведении с помощью GPS зональной навигации (RNAV GPS).

4.2.1.3.2.2 Заход на посадку с помощью средств вертикального наведения (LNAV/VNAV и LPV)

LNAV/VNAV и LPV - это методы захода на посадку с помощью зональной навигации, которая при заходе на посадку обеспечивает наведение в азимутальной и вертикальной плоскостях. Некоторые системы управления полетом (FMS) обладают возможностью LNAV/VNAV наведения путем объединения RNAV-наведения и отклонений с барометрическим

вертикальным наведением и данных об отклонении. Однако на точность средств вертикального наведения с использованием барометров влияет как холодная, так и жаркая погода, что требует рабочих ограничений.

4.2.1.3.2.3 Метод точного захода на посадку и посадка

Проведение операции точного захода на посадку и посадки начинается при достижении места, определяемого для конечного этапа захода на посадку (FAF) и продолжается через касание земли до момента остановки. Этот окончательный участок при заходе на посадку может определяться точной информацией по наведению и отклонению заданного курса по вертикали и по азимуту (метод точного захода на посадку). Средства точного захода на посадку обеспечивают самолет наведением по вертикали и горизонтали, а также информацией о местоположении. ILS – это существующая в настоящее время система точного захода на посадку и посадки. В будущем точный заход на посадку будет обеспечиваться наземными системами функционального дополнения GBAS. Система WAAS SBAS (спутниковая система функционального дополнения широкозонной системы) технически не обеспечивает возможности точного захода на посадку, но выполняет обслуживание, эквивалентное заходу на посадку по категории 1 (CAT-I), в аэропортах с соответствующей инфраструктурой. Система LPV-200 может обеспечивать заход на посадку с высотой принятия решения 200 футов и минимальной видимостью ½ мили, подобно самым наихудшим условиям по категории 1. В системах точного захода на посадку и посадки должны устраняться опасные ложные сигналы : для категории 1 в течение 6 секунд, для категории II и III – в течение 2 секунд.

4.2.1.4 Наземный (на территории аэродрома) этап навигации

Проведение наземных операций включает в себя навигацию в аэропорту до взлетно-посадочной полосы и от нее. Эти операции в настоящее время проводятся визуально, однако, применение таких навигационных систем как GPS и GBAS позволит в системах воздушного транспорта следующего поколения осуществлять движение самолета неvisually.

4.2.2 Повышенные требования к авиационной навигации

В начале 2003 года группа по изучению требований к навигационному обеспечению и специальных рабочих требований (RNPSORSG) рассмотрела требования к навигационному обеспечению ИКАО, приняв во внимание опыт, полученный от первоначальных применений до современных промышленных направлений. Она разработала соглашение, которое в настоящее время является концепцией по базовым навигационным характеристикам (PBN) и также руководство по ее эксплуатации. Оно заменяет руководство к требованиям

по навигационному обеспечению (RNP) (документ 9613, 2-е издание). Эта замена повлияла на ряд документов ИКАО:

- ИКАО, приложение 11, правила диспетчерских служб воздушного транспорта
- ИКАО, процедуры проведения воздушной навигации, управление воздушным транспортом (PANS-ATM, Doc. 4444-ATM/501)
- ИКАО, процедуры проведения воздушной навигации, объемы авиационных операций I и II (PANS-OPS, Doc 8168)
- ИКАО, методология организации воздушного пространства для определения интенсивности потока самолетов принимаемых аэропортом (Doc 9689)
- ИКАО руководство к организации диспетчерских служб воздушного транспорта (Doc. 9426-AN/924)
- ИКАО, региональные дополнительные процедуры для управления воздушным транспортом (Doc 7030). Особенно следует отметить, что такие выражения как RNP-тип и RNP-значение, ранее связанные с RNP- концепцией (включая и более раннее издание ИКАО документ 9613, называемый как руководство по RNP) не используются больше в концепции PBN и в документах ИКАО уничтожены.

4.2.2.1 Навигация при полете по маршруту

В США применение системы RNAV 2 обеспечивает континентальную концепцию Airspace Concept при полете по маршруту. Процедура движения по маршруту с применением RNAV 2 была согласована по критерию RNAV 2 ИКАО. Зональная навигация RNAV 2 обеспечивает Airspace Concept, в состав которой входит радиолокационная разведка и линия прямой связи командира пилота (голосовая).

4.2.2.2 Навигация при полете по маршруту над океаном

Океанические и удаленные континентальные Airspace Concepts обслуживаются с помощью RNP10 и RNP 4. Оба этих навигационных применений основываются на ГНСС для обеспечения навигации Airspace Concept. В случае RNP 10 не требуется использование разведывательной службы. В случае RNP 4 необходимо использовать автоматическое зависимое наблюдение – контракт (ADS-C).

4.2.2.3 Навигация на конечном участке полета

Одним из основных прогнозируемых изменений для конечного участка полета является увеличенное использование средств зональной авиации RNAV и RNP. Существующие концепции для конечного участка воздушного

пути, которые включают прилет и отлет, обеспечиваются средствами зональной авиации RNAV (RNAV 1).

4.2.2.4 Навигация на этапах взлета и захода на посадку и при посадке

С целью оптимального использования воздушного пространства и снижения шума одним из основных прогнозируемых изменений при навигации на этапах взлета и захода на посадку и при посадке является увеличенное использование средств зональной авиации RNAV и RNP. Применение средств зональной навигации RNAV и RNP при процедуре отлета позволит увеличить гибкость механизма отлета, а также расширить возможности избегать областей, чувствительных к шумам.

4.2.2.4.1 Квазиточные методы и базовые навигационные характеристики

Если позволяют воздушное пространство и географическое положение, то с приходом широкозонных дополняющих систем WAAS средства вертикального наведения (LPV) будут применяться в США повсеместно. Последние достижения в области программного обеспечения делают расширенную службу LPV системы WAAS доступной более чем на 99% внутри границ сопредельных штатов США и южной части Аляски. Аэропорты, оснащенные соответствующей инфраструктурой, в пределах зоны покрытия будут применять методы захода на посадку LPV-200.

4.2.2.4.2 Метод точного захода на посадку и посадки

Концепция захода на посадку по приборам покрывает все сегменты метода захода на посадку по приборам, т.е. начальный этап, промежуточный, окончательный этап и аварийный заход. Они будут предъявлять все большие требования к RNP, требуя значений точности навигации менее 0,1 морских миль. Обычно для этого этапа полета характерны три RNP-применения: новые методы применительно к взлетно-посадочным полосам, никогда не обслуживаемые по приборам; методы, либо замещающие, либо служащие в качестве резервных к существующим приборным методам, которые основаны на различных технологиях, и методы, разработанные для усиления доступности аэропорта в заданных условиях окружающей среды.

Улучшения рабочих характеристик навигации увеличивает уровень безопасности при проведении посадки и остановки.

4.2.2.5 Наземный (на территории аэродрома) этап навигации

В настоящее время проведение наземных операций связано, главным образом, с использованием визуальных референций; однако, навигация будет работать в качестве входного источника для перспективных наземных операций передвижения в NextGen, например, разведывательных системах.

4.3 Требования к будущим морским навигационным системам

4.3.1 Этапы морской навигации

Морская навигация в США состоит из четырех главных этапов, которые идентифицированы как: навигация во внутренних водах, вход в гавань и причаливание, береговая навигация, навигация в океане. Могут быть разработаны стандартные требования по навигационной безопасности и приемлемой экономической эффективности для этих четырех этапов. Специальные требования, которые могут быть созданы для особой деятельности кораблей, должны быть адресованы отдельно.

4.3.1.1 Навигация во внутренних водах

Навигация во внутренних водах проводится в ограниченных районах, подобно навигации при входе в гавань и причаливании, однако, в случае навигации во внутренних водах основное внимание уделяется к речным судам и их требованиям к длительным путешествиям в ограниченных водах, обычно переправляемых с помощью баржи и буксира в системе западных рек США.

В некоторых районах, для судов дальнего плавания при навигации в гавани и судов для плавания во внутренних водах разделяется использование одних и тех же ограниченных водных путей. Различие между этими двумя этапами зависит, главным образом, от типа данного судна, поскольку корабли дальнего плавания и обычные суда для внутренней торговли имеют различия по своим физическим характеристикам, оснащению и персоналу. Эти различия имеют существенное влияние на требования к средствам навигации. К судну для отдыха и другим относительно небольшим суднам, находящимся в водах, и применяемым как для дальнего плавания, так и для внутренних перевозок, предъявляются менее жесткие требования.

4.3.1.2 Навигация при входе в гавань и причаливании.

Навигация при входе в гавань и причаливании проводится во внутренних водах после навигации на прибрежном этапе. Для кораблей, выходящих из моря или открытых вод Великих Озер, этап захода в гавань начинается, как правило, с зоны перехода между относительно неограниченными водами, где

выполняются навигационные требования для этапа береговой навигации, и чуть ограниченными водами около или в пределах входа в реку или гавань, где для навигатора начинается этап навигации в гавани. Обычно, вход в гавань требует навигации определенного канала, который в той части, направленной к морю, имеет ширину от 180 до 600 м, если он используется большими кораблями, но может и сужаться до 120 м при удалении от моря. Каналы, используемые малыми судами, могут иметь размеры порядка 30 м.

Сточки зрения определения стандартов или требований для безопасной навигации и в целях экономической эффективности, существуют некоторые общие правила вхождения в порт и причаливание. В каждом случае, природа водного пути, физические характеристики судна, необходимость маневренности судна для избежания столкновений, близость с опасностью на суше, - предъявляют более жесткие требования по точности и информации по наведению в реальном времени, чем на этапе береговой навигации.

Этап вхождения в гавань и причаливание построен на решении задач точной навигации больших кораблей для дальнего плавания и Великих озер в узких каналах между переходной зоной и намеченным причаливанием.

4.3.1.3 Береговая навигация

Береговая навигация – это этап навигации, когда корабль находится в пределах 50 морских миль от берега или ограничен континентальным шельфом (глубиной 200 м), где безопасный водный путь составляет, по крайней мере, 1 морскую милю, при одностороннем пути, или 2 морские мили при двустороннем пути. На этом этапе корабль находится в воде рядом с основными наземными массивами или группой островов, где трансокеанический характер движения транспорта направлен в указанный район причаливания; где движение транспорта между портами, по существу, параллельно береговым линиям; и в пределах которых корабли меньшей дальности обычно проводят свои операции. В системах распределения транспорта по маршрутам, при проведении научной и промышленной деятельности на континентальном шельфе часто имеют дело с этапом береговой навигации. Навигацию кораблей в открытых водах Великих озер также можно рассматривать как береговую навигацию.

Граница между береговой навигацией и навигацией в океане одним из следующих правил:

- нахождение на расстоянии 50 морских миль от суши;
- внешняя граница удаленного от берега мелководья, или другие опасности на континентальном шельфе;
- другие водные пространства, в которых определена схема разделения движения водного транспорта, и где требования по точности навигации становятся более жесткими, чем требования по безопасности для навигации в океане.

4.3.1.4 Навигация в океане

Навигация в океане – это этап, при котором корабль находится вдали от континентального шельфа (глубиной 200 м) на расстоянии более 50 морских миль от суши, где практически не используется визуальное определение местоположения до суши, или до стационарных или плавающих средств. Навигация в океане осуществляется далеко от наземных массивов, так что опасности мелководья и столкновений сравнительно малы.

4.3.2 Современные требования к морской навигации

Требования к навигации судна зависят от типа и его размеров, направления деятельности, в которой занято данное судно (транзит из одного пункта в другой, рыболовство) и географического региона, в котором оно работает (например, океан или прибрежный район), а также других факторов. Требования по безопасности для навигации продиктованы физическими ограничениями окружающей среды и данного судна, необходимостью избегать столкновения, посадку на мель и т.д.

Обсуждаемые выше этапы морской навигации устанавливают рамки для определения безопасности навигационных требований. Однако, исходя из экономических и эксплуатационных соображений необходимо также рассмотреть широкое разнообразие судов, которые пересекают океаны и воды США. Например, навигационная точность (которая выше значения точности, необходимой для безопасности) существенно важна для экономии больших кораблей дальнего плавания, имеющих высокую почасовую стоимость. Для рыболовецких и нефтяных судов возможность точного определения местонахождения и возвращения в продуктивные или перспективные районы, и в то же самое время возможность обхода подводных препятствий или узких районов, дает большие экономические выгоды. Эффективность поисково-спасательных операций подобным образом зависит от навигационной точности поблизости от района бедствия.

При планировании системы правительство США стремится к выполнению минимальных требований по безопасности для каждого этапа навигации и извлечению максимальной экономической пользы от обслуживания потребителей. Поскольку большинство морских пользователей оснащены навигационным оборудованием лишь по минимуму, даже с точки зрения анализа эффективность-стоимость для каждого индивидуального случая, эта политика правительства путем экономических стимулов способствует продвижению безопасности на море.

В таблицах 4-2, 4-3, 4-4 и 4-5 представлены характеристики системы, отвечающие требованиям морских потребителей, или для достижения особых преимуществ. Эти требования относятся к вопросам безопасности навигации. Правительство США осознает обязательства по удовлетворению этих требований в целях общенациональных интересов. Правительство США не признает полных обязательств по удовлетворению этих требований, но не

стремится удовлетворять их, если цена этих требований не может быть подтверждена выгодой с точки зрения национальных интересов. С целью сравнения качества работы систем, эти требования каталогизируются по группам в выражениях характеристик системы, воспроизводящих минимальные рабочие характеристики для удовлетворения этих требований или для достижения особых преимуществ.

4.3.2.1 Навигация во внутренних водах

На систему водного транспорта во внутренних водах приходится большое количество торговых судов, среди которых судоходные средства, движущиеся с малой скоростью, такие как комбинации маломощных буксиров и барж. Буксируемые суда во внутренних водах могут быть более широкими и длинными, чем большие корабли дальнего плавания, которые заходят в порты США. Навигационные коридоры, применяемые этим внутренним транспортом, часто являются более узкими, чем коридоры, используемые большими кораблями при заходе в порт. Ограниченная видимость и ледяное покрытие являются основными проблемами при навигации во внутренних водах, также как и при навигации при заходе в порт и причаливании. Длинная, подобная ленте природа типичных путей внутренних вод создает особые трудности для предполагаемого пользователя точными навигационными системами наземного базирования. Непрерывный сдвиг навигационных коридоров в некоторых нестабильных водах создает дополнительные проблемы для предполагаемого пользователя любой радионавигационной системы, обеспечивающей измерение координат в фиксированной координатной системе.

Особые водные пути, такие как река Св.Лаврентия и некоторые проходы по Великим озерам, определены достаточно точно, но при наличии густого тумана корабли должны стоять на якоре. В дополнение в вопросам, связанным с безопасностью, это облагается существенным экономическим взысканием. Если густой туман возникает внезапно, то кораблю необходимо пробиваться в трудных условиях для очистки якорной стоянки или рискованной остановки в канале. Современные требования для навигации во внутренних водах представлены в таблице 4-2.

В таких районах в настоящее время в целях безопасной навигации применяются оптические и звуковые средства навигации, РЛС и системы связи между кораблями. Однако, как полагают специалисты, на данном этапе навигации все возрастающую роль будут играть дифференциальные GPS (DGPS).

Таблица 4-2. Современные требования для морских пользователей в целях планирования и разработки систем – этап навигации во внутренних водах.

| Требования | Характеристики, минимально отвечающие требованиям | | | | | | | | |
|---|---|--------------|-----------------------------|------------------|-----------------|------------------------|------------------|-----------------------------|---------------------------|
| | Точность м, 2 сигмы | | Покры- тие | Доступ- ность | Надеж- ность | Фикс. интер- вал | Размер- ность | Возмож- ности системы | Неопред- ленность |
| | Прогноз. | Повтор. | | | | | | | |
| Безопасность навигации (все корабли и буксиры) | 2-5 | 2-5 | Внутрен- ние воды США | 99,9% | * | 1-2 | 2 | Неогра- ничены | Разрешено с вер. 99,9% |
| Безопасность навигации (туристические корабли и малоразмерные суда) | 5-10 | 5-10 | Внутрен- ние воды США | 99,9% | * | 5-10 | 2 | Неогра- ничены | Разрешено с вер. 99,9% |
| Речное машино- строение и судопроиз- водство | 0.1** - 5 | 0.1** - 5 | Внутрен- ние воды США | 99,9% | * | 1-2 | 2 или 3 | Неогра- ничены | Разрешено с вер. 99,9% |

* - в зависимости от времени проведения навигации

** - размер по вертикали

4.3.2.2 Вход в гавань и причаливание

Штурман при движении судна в ограниченных водах должен с большой точностью управлять его движением, чтобы не сесть на мель либо не удариться о подводные или полуподводные скалы, либо не столкнуться с другим судном на переполненных водных путях. При невозможности развернуть судно и серьезных ограничениях остановить движение судна для решения навигационных проблем он должен учитывать суммарную ошибку при навигации, чтобы избежать столкновений с препятствиями. Суммарная ошибка в этих случаях обычно составляет несколько футов.

Для безопасной навигации штурман постоянно должен подтверждать с высокой точностью местоположение судна, вместе с информацией, отражающей любое отклонение судна от намеченного курса, и почти непрерывной и мгновенной индикацией направления, в котором штурман должен следовать.

В таблице 4-3 представлены оценки этих требований. Однако, для эффективного использования требований, представленных в данной таблице, пользователь должен иметь возможность относить эти данные к

непосредственному позиционированию. Непрактично пытаться наносить координаты местоположения на диаграмму традиционным способом. Для использования радионавигационной информации, которая воспроизводится с менее чем 10-секундным интервалом, необходим особый вид автоматического дисплея. Применяются технологии, использующие наряду с радионавигационной информацией и другие данные.

Минимальный критерий качества: Точность, радионавигационной системы, требуемая для обеспечения полезной информацией на этапе навигации при заходе в гавань и причаливании меняется для разных портов и размеров судна. В более ограниченных каналах для самых больших по размерам судов точность по дальности может составлять порядка 8-20 м (2 сигмы). В таких ограниченных условиях необходимо более точно определять требования по радионавигации для судов, отличающихся по размерам. Конференции пользователей радионавигационных систем показали, что для многих мореплавателей радионавигационные системы становятся вспомогательным средством при заходе в гавань и причаливании.

Таблица 4-3. Современные требования для морских пользователей в целях планирования и разработки систем – этап навигации при заходе в гавань и причаливании.

(a)

| Требования | Характеристики, минимально отвечающие требованиям | | | | | | | | |
|--|---|-------------------------|--------------------------------------|------------------|-----------------|---------------------------------|------------------|-----------------------------|------------------------|
| | Точность м, 2 сигмы | | Покрытие | Доступ- ность | Надеж- ность | Фикс. интер- вал (сек) | Размер- ность | Возмож- ности системы | Неопред- ленность |
| | Прогноз. | Повтор. | | | | | | | |
| Безопасность навигации (большие корабли и буксиры) | 8-20 ^{***} | - | Заход в порт и причаливание | 99,7% | ** | 6-10 | 2 | Неограничены | Разрешимо с вер. 99,9% |
| Безопасность навигации (малоразмерные суда) | 8-20 | 8-20 | Заход в порт и причаливание | 99,9% | ** | *** | 2 | Неограничены | Разрешимо с вер. 99,9% |
| Разведка ресурсов | 1- 5 [*] | 1- 5 [*] | Заход в порт и причаливание | 99% | ** | 1 | 2 | Неограничены | Разрешимо с вер. 99,9% |
| Речное машиностроение и судопроизводство-этап | 0,1 ^{****} - 5 | 0,1 ^{****} - 5 | Коридор при заходе в порт и пристань | 99% | ** | 1-2 | 2 или 3 | Неограничены | Разрешимо с вер. 99,9% |

(b)

| | |
|--------------|---|
| Преимущества | Меры минимального критерия качества работы, удовлетворяющие требованиям потребителя |
|--------------|---|

| | | | | | | | | | |
|---|------|------|-----------------------------|-------|----|-----|---|--------------|------------------------|
| Рыболовные, круизные и др. малоразмерные суда | 8-20 | 4-10 | Заход в порт и причаливание | 99,7% | ** | *** | 2 | Неограничены | Разрешено с вер. 99,9% |
|---|------|------|-----------------------------|-------|----|-----|---|--------------|------------------------|

- * - основано на требованиях, заявленных пользователем
- ** - в зависимости от времени проведения навигации
- ** - меняется в зависимости от порта
- **** - размер по вертикали

Непрерывные усилия направлены на удовлетворение требований и желаний пользователя в отношении радионавигационных систем на этапе вхождения в порт и причаливания.

Навигация на этапе вхождения в порт и причаливания выполняется путем использования стационарных и плавающих визуальных средств навигации, РЛС и звуковых предупреждающих сигналов. Желание снизить аварийные ситуации и облегчить движение транспорта в условиях ограниченной видимости и ледового покрытия привело к осуществлению VTS (службы движения судов) вместе с AIS (автоматической системой идентификации) в некоторых районах порта, и изучению использования радиосистем в качестве средств навигации. Значение оценки положения с помощью системы навигации составляет менее 1 м вблизи базовой станции. Достижимая точность при удалении от базовой станции снижается приблизительно на 1 м на каждые 150 км.

4.3.2.3 Навигация в прибрежном районе

Непрерывная, всепогодная радионавигационная служба в прибрежном районе должна обеспечивать, по крайней мере, точность определения местоположения, удовлетворяющая минимальным требованиям по безопасности общей навигации. Эти требования представлены в таблице 4-4. Более того, вся навигационная служба в данном прибрежном районе должна обладать хорошим качеством и быть экономически доступной для мореплавателей любого класса.

Таблица 4-4 - Современные требования для морских пользователей в целях планирования и разработки систем – этап навигации в прибрежном районе.

(а)

| Требования | Характеристики, минимально отвечающие требованиям | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|---------|-------------------|-------------|------------|----------------|-------------|---------------------|------------------------|
| | Точность м, 2 сигмы | | Покрывтие | Доступность | Надежность | Фикс. интервал | Размерность | Возможности системы | Неопределенность |
| | Прогноз. | Повтор. | | | | | | | |
| Безопасность навигации (все корабли) | 0,25 мор. Миль (460 м) | - | Прибрежные районы | 99,7% | ** | 2 мин. | 2 | Неограничены | Разрешимо с вер. 99,9% |

| | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------|---|-------------------|-----|----------|--------|---|--------------|------------------------|
| Безопасность навигации (круизные и др. малоразмерные суда) | 0,25-2 мор. мил и (460-3700 м) | - | Прибрежные районы | 99% | ** ** | 5 мин. | 2 | Неограничены | Разрешимо с вер. 99,9% |
|--|--------------------------------|---|-------------------|-----|----------|--------|---|--------------|------------------------|

(b)

| | | | | | | | | | |
|--|---|-------------------------|------------------------------|-------|----|--------|---|--------------|------------------------|
| Преимущества | Меры минимального критерия качества работы, удовлетворяющие требованиям потребителя | | | | | | | | |
| Коммерческое рыболовство (включая коммерч. рыб. спорт) | 0,25 мор. Миль (460 м) | 50-600 футов (15-180м) | Прибрежные и Рыболовные зоны | 99% | ** | 1 мин. | 2 | Неограничены | |
| Разведка ресурсов | 1,0-100 м* | 1,0-100 м* | Прибрежные зоны | 99% | ** | 1 сек | 2 | Неограничены | |
| Поисковые операции | 0,25 мор. Миль (460 м) | 300-600 фут (90-180м) | Прибрежные и рыболовные зоны | 99,7% | ** | 1 мин | 2 | Неограничены | |
| Спорт. мероприятия рыболовство | 0,25 мор. Миль (460 м) | 100-600 футов (30-180м) | Прибрежные зоны | 99% | ** | 5 мин. | 2 | Неограничены | Разрешимо с вер. 99,9% |

* - основано на требованиях, заявленных пользователем

** - в зависимости от времени проведения навигации

Требования по точности определения местоположения в целях безопасности на этапе навигации в прибрежных районах определяются:

- необходимостью проводить навигацию для больших судов в пределах однопутевого движения судов при приближении ко многим основным портам, в форватерах, установленных в удаленных от берега нефтяных зонах, и на безопасном расстоянии от мелей;

- необходимостью точно определять с целью соблюдения законов США и международных соглашений, границы рыболовецких зон и таможенных зон США, а также территориальных зон США.

Минимальный критерий качества работы:

Исследования, проведенные на правительственном уровне, установили, что навигационная система должна обеспечивать определение координат местонахождения с точностью 0,25 морских миль, которое удовлетворяет требованиям минимальной безопасности в случае, если такое определение координат может выполняться, по крайней мере, каждые 15 минут. Из таблицы 4-4 видно, что эти требования могут касаться лишь небольших круизных и других малоразмерных судов.

В таких направлениях, как морские научные исследования, гидрографическая разведка, торговое рыболовство, разведка нефтяных и минеральных месторождений, а также при проведении операции силами ВМФ США существует необходимость определения местоположения в прибрежном районе с более высокой точностью, чем с случае общей навигации. В этих особых случаях определение местоположения с помощью радиоизлучения будет классифицироваться скорее как радиолокация, а не радионавигация. Как видно из таблицы 4-4 самые строгие требования для любой из этой общей группы специальных операций, в частности, для сейсмической разведки по повторяемой точности составляют порядка от 1 до 100 м (2 сигмы), а для большинства применений скорость передачи данных – раз в секунду.

Навигационное обслуживание в прибрежных районах обеспечивается с помощью системы Logan, GPS и дифференциальных GPS. Вместе с радиомаяками для навигации на некоторых торговых судах необходимо согласно международным требованиям по поисково-спасательным операциям использовать радиопеленгаторы (RDF).

Таблица 4-5 - Современные требования для морских пользователей в целях планирования и разработки систем – этап навигации на океане

(а)

| Требования | Характеристики, минимально отвечающие требованиям | | | | | | | | | |
|--|---|-------------|--------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------|----------------------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | Точность м, 2 сигмы | | | Покры- тие | Доступ- ность | Надеж- ность | Фикс. интер- вал | Размер- ность | Возмож- ности системы | Неоп- ред- лен- ность |
| | Прог- ноз. | Пов тор. | Отно сит. | | | | | | | |
| Безопасность навигации (все корабли) | 2-4 мор. Миль (3,7-7,4) км(мин) 1-2 мор. Миль (1,8-3,7) км(треб) | - | - | По всему земному шару | 99%, каж- дые 12 часов | ** | 15мин -треб. 2 ч (мах). | 2 | Неогра- ничены | Разре- σιμο с вер. 99,9% |

(b)

| Выигрыш | Характеристики, минимально отвечающие требованиям | | | | | | | | | |
|--|---|-------------|--------------|---|------------------|-----------------|------------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | Точность м, 2 сигмы | | | Покры- тие | Доступ- ность | Надеж- ность | Фикс. интер- вал | Размер- ность | Возмож- ности системы | Неоп- ред- лен- ность |
| | Прог- ноз. | Пов тор. | Отно сит. | | | | | | | |
| Мах.эффекти вность больших кораблей | 0,1-0,25* мор. Миль (185- 460 м) | - | - | По всему земному шару, кроме полярных регионов | 99% | ** | 5мин | 2 | Неогра- ничены | Разре- σιμο с вер. 99,9% |

| | | | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------------------|----------------|----------------------|---|-----|----|-------|---|--------------|------------------------|
| Разведка ресурсов | 10-100м* | 10-100м* | - | По всему земному шару | 99% | ** | 1 мин | 2 | Неограничены | Разрешимо с вер. 99,9% |
| Поисковые операции | 0,1-0,25 мор. миль (185-460 м) | 0,25 мор. миль | 0,1 мор. миль (185м) | Районы национальной морской службы поиск и спасение | 99% | ** | 1 мин | 2 | Неограничены | Разрешимо с вер. 99,9% |

* - основано на требованиях, заявленных пользователем

** - в зависимости от времени проведения навигации

4.3.2.4 Навигация в океане

Требования к обеспечению безопасности навигации в океане для всех типов кораблей представлены в таблице 4-5. Эти требования должны обеспечивать корабли способностью избегать сближения с рискованными препятствиями (например, небольшими островками или рифами) и правильно корректировать курс судна при приближении к суше или обеспечивать движение в ограниченных водах. Во многих случаях, а также при проведении гидрографических исследований, для определения местоположения или безопасного возвращения в район морских бедствий необходимо проводить повторные измерения. Экономическая эффективность при безопасном транзите в открытом океане зависит от непрерывной доступности точного измерения местоположений, чтобы судно могло двигаться наикратчайшим безопасным путем, минимизируя таким образом время транзита.

Для надежной навигации, в обычных условиях, требования к точности и частоте измерений местоположений в открытом море не являются очень строгими. В качестве минимальных требований прогнозируемая точность составляет значения от 2 до 4 морских миль при максимальном интервале проведения измерений – не более 2-х часов. Эти минимальные требования позволят проводить приемлемую надежную навигацию в океане, и обеспечивают возможность штурману легко перейти к более точной навигации при приближении к суше. Поскольку эти минимальные требования позволят проводить навигацию для всех судов с относительной надежностью в открытом море, то при более жестких требованиях прогнозируемая точность составит значение от 1 до 2 морских миль и интервале проведения измерений не более 15 минут. Доступность навигационного сигнала составит 95% всего времени. Более того, в любой 12-часовой период времени вероятность получения информации от данной системы составит, по крайней мере, 99%.

Большие круизные суда и небольшие коммерческие рыболовные суда, совершающие плавание за пределами зоны действия прибрежной навигационной системы, для приемлемого уровня безопасности, оснащаются

некоторыми средствами определения их местоположения с интервалом не более нескольких часов. Чем больше судно, тем, в случае чрезвычайных ситуаций, это является более важным. Однако многие операторы таких судов будут рисковать при плавании в океане без использования надежных радионавигационных систем до тех пор, пока эти системы не будут обладать относительно низкой стоимостью.

Минимальный критерий качества: экономическая эффективность при трансокеанном передвижении, особые направления морской деятельности и безопасность в чрезвычайных ситуациях требуют от навигационной точности больше, чем в случае точности для обеспечения безопасности движения по маршруту от одного пункта в другой. Эти требования приведены в таблице 4-5. Выигрыш в прогнозируемой точности составляет порядка 10 м для специальных направлений морской деятельности и может достигать до 0,25 морских миль для больших, экономических судов, включая поисковые операции. Повторяемая точность при проведении поисковых операций должна также составлять, по крайней мере, 0,25 морских миль. Как показано в таблице 4-5, требуемый интервал проведения измерений должен составлять от 1 раза за 5 минут до 1 раза за 1 минуту. Доступность сигнала должна быть, по крайней мере, 95% около 99% для всех пользователей.

Навигация в открытом море выполняется путем использования систем наблюдения за звездами, инерциальных систем, систем Loran и GPS. В настоящее время лучшей системой является GPS. Всеобщее покрытие с помощью таких наземных систем как Loran еще не используется на практике.

4.3.3 Будущие требования к морским навигационным системам

Требования к морской навигации, представленные в предыдущих разделах, основаны на изучении требований пользователей и систем оценки специалистов, т.е. будущие требования являются продуктом современных технологий и опыта практической эксплуатации современных систем. Принципиальными факторами, которые будут влиять на будущие требования, являются эффективность и ее основные составляющие: надежность, безопасность, экономика, окружающая среда и энергосбережение.

Специальные требования по радионавигации могут возникнуть исходя из нового законодательства в области окружающей среды и правил, разрабатываемых для снижения аварийности судов. Таким образом, роль коммерческих судов, участвующих в проведении морских операций может потребовать использования дополнительных возможностей навигационных систем.

4.3.3.1 Безопасность

4.3.3.1.1 Увеличение риска при столкновениях с препятствиями и посадкой на мель

Опасные грузы (нефтепродукты, химические вещества и др.) в больших объемах перевозятся по прибрежным и внутренним водам США. Дополнительно, все увеличивающийся объем других судов, способность

передвижения на больших скоростях и все возрастающее количество малых судов приводит к увеличению риска столкновения и посадки на мель. Экономические ограничения приводят хотя и к безопасной эксплуатации судна, но и к более жестким требованиям ко всем навигационным системам.

4.3.3.1.2 Увеличение размера и снижение маневренности морских судов

Желание снизить стоимость и увеличение экономичности в морском транспорте привели к созданию больших по размеру судов и сочетаний баржа-буксир, которые являются относительно менее мощными и маневренными, чем их предшественники. Соответственно необходимо использовать навигационные системы с улучшенными характеристиками.

4.3.3.1.3 Большая потребность интеграции систем управления транспортными средствами и систем навигационного наблюдения

С целью обеспечения приемлемого уровня безопасности в водах США правительство принимает постоянное участие в совершенствовании систем управления транспортными средствами. Радионавигационные системы становятся важной составляющей системы управления транспортными средствами. Как полагают специалисты, дифференциальная GPS (DGPS) и автоматическая система идентификации (AIS) играют все более возрастающую роль в зонах действия таких служб как, например, службы движения судов (VTS).

4.3.3.2 Экономичность

4.3.3.2.1 Большая перегруженность во внутренних водах США, а также при заходе в порт и причаливании

В дополнение к снижению безопасности за счет перегруженности в ограниченных водах, возникают экономические недостатки в случае, если береговые средства не используются эффективно и рационально. Точные радионавигационные системы обладают большей эффективностью и снижают задержку при транзите.

4.3.3.2.2 Всепогодные операции

В настоящее время на проведение операций на море влияют низкая видимость и ледяной покров. Служба Береговой охраны рассматривает вопрос о сочетании систем навигации для проведения всепогодных операций на море.

4.3.3.3 Окружающая среда

При исчерпании энергетических запасов на берегу, разведка и эксплуатация ресурсов будет происходить дальше от берега в направлении внешнего континентального шельфа США. Как полагают, рыболовство будет продолжаться в особой экономической зоне США. В результате этих

направлений деятельности могут создаваться требования для навигационных служб повышенного качества, а для географической расширенной зоны и для расширенной зоны действия при глубинной разработке ресурсов.

4.3.3.4 Энергосбережение

Потребность в энергосбережении и снижении стоимости транспортных перевозок дает мощный стимул в увеличении эффективности транспортных средств, которая зависит и от использования более совершенных навигационных систем.

4.4 Требования к космической радионавигации

4.4.1 Сообщество пользователей космической навигации

В настоящее время НАСА использует GPS для обеспечения орбитального околоземного пространства и проведения околоземных научных экспедиций, также задач проведения человеком космической разведки на орбите, во время начала входа в атмосферу. Добавим, что в будущем при проведении космических операций систему GPS могут использовать и другие правительственные агентства. Существует много примеров использования GPS коммерческим космическим сообществом США для спутникового созвездия систем связи на низкой околоземной орбите (LEO) и коммерческих спутников дистанционного зондирования земной поверхности.

4.4.2 Использование GPS сообществом космических пользователей

Сообщество космических пользователей США использует GPS в ходе ряда операций. На борту данного спутника для вычисления его местоположения используется GPS. Эти координаты являются входной информацией для навигационного программного обеспечения, с помощью которого уточняются параметры орбиты данного спутника. GPS обеспечивает точную синхронизацию по времени, а также определяет положение космического аппарата в пространстве.

Для навигации в Спейс Шаттл были сертифицированы двухчастотные GPS приемники, которые являются менее чувствительными к прерываниям радиосигналов во время приземления. Космический центр им. Джонсона при НАСА включил в НИОКР разработку GPS приемников для космического аппарата с человеком на борту.

Стандартные GPS приемники не являются одинаковыми для некоторых космических операций, проводимых на орбитах выше LEO (низкой околоземной орбиты). Особенностью GPS приемников, находящихся в разработке, для таких применений заключается в том, что при использовании GPS не нужно будет проводить остальную модернизацию.

Исследовательские спутники используют GPS приемники для точного определения местонахождения, поддерживая, таким образом, бортовые устройства, предназначенные для научных исследований. Цель этих

исследований состоит в обеспечении точного определения местонахождения спутника в пределах 10 см в реальном времени. Способность осуществлять измерения с такой точностью приведет к осуществлению многочисленных научных измерений, выполнение которых в настоящее время невозможно представить в таких областях как океанография и картографирование.

Применение GPS сигналов для научных наблюдений также является предметом непрерывных исследований. Примером таких исследований является использование GPS сигналов для изучения атмосферы с помощью измерений через атмосферу Земли и наблюдение GPS сигналов, отраженных от поверхности Земли. Самые последние разработки бортовых космических приемников GPS НАСА – это устройства с программным обеспечением.

4.4.3 Требования к современным космическим радионавигационным системам

Требования к космическим радионавигационным системам делятся на следующие категории применения:

4.4.3.1 Навигация космических кораблей

Бортовая навигационная аппаратура космического аппарата состоит из GPS и систем, дополняющих GPS, применяемых в реальном времени для навигации, точного определения времени и положения аппарата в пространстве. В этом смысле к бортовой навигации и точности определения положения предъявляются следующие требования:

- трехмерная ошибка определения местоположения не должна превышать 1 м (1 сигма) при трехмерной ошибке скорости, не превышающей 0,1 м/сек (1 сигма);
- ошибка определения местоположения не должна превышать 0,01 град по каждой оси (1 сигма);
- временной сдвиг между UTC (координированным временем) (Обсерватория ВМС США) и масштаб времени GPS не должен превышать 1 микросекунду (1 сигма).

Следует заметить, что требуемые значения точностей, перечисленные выше и полученные в ходе фильтрации GPS данных, представляют собой не мгновенные решения, а рассматриваются в качестве требований в реальном масштабе времени.

В настоящее время НАСА совместно с Минобороны США работает над уточнением этих параметров характеристик системы для целей обеспечения навигационными службами в объеме пространственного обслуживания (SSV) GPS, который покрывает пространство между 3000 км и геостационарной околоземной орбитой (GEO) (~ 36000 км).

4.4.3.2 Научно-техническое обеспечение

Для точного определения местоположения в пространстве при проведении измерений алгоритмическое и программное обеспечение GPS позволяет провести анализ данных в режиме постобработки. Требования по

точности заключаются в определении местоположения в пределах 5 см. Однако, в будущем для некоторых средств наблюдения за земной поверхностью потребуется более точное определение местоположения в пределах 1-2 см.

GPS приемники, применяемые на борту спутников для атмосферных исследований, используют двухчастотные GPS сигналы для измерения замирания этих сигналов при прохождении сквозь атмосферу.

4.4.3.3 Критерии GPS

Управление НАСА поставило перед собой задачу по координации усилий среди заинтересованных гражданских и военных ведомств идентифицировать геодезические требования для удовлетворения упреждающих требований по PNT (местопределению, навигации и синхронизации) в течение срока службы системы GPS III. В состав этих агентств входят: Национальное агентство геокосмической разведки (NGA), Обсерватория ВМФ США (USNO), Национальное управление по исследованию океана и атмосферы (NOAA), Управление по геологии США и Научно-исследовательская лаборатория США (NRL).

4.5 Требования к наземной радионавигации

4.5.1 Категории наземного транспорта

4.5.1.1 Автомагистрали

Радионавигационное применение для автомагистралей простирается от точного стационарного и динамического наблюдений до слежения и управления при движении по маршруту. Для таких точных применений основные требования предъявляются к геодезической точности, целостности и надежности. При менее строгих применениях соответственно снижаются требования к точности, целостности и надежности. Ведется разработка систем, которые используют радионавигационные данные в качестве входной информации для принятия всеобъемлющего навигационного решения о мере безопасности применений.

В рамках транспортной системы федеральными агентствами разрабатываются пути улучшения безопасности и эффективности национальной транспортной системы. Для этого значительные усилия прикладываются к разработке методов, направленных на обеспечение безопасности и эффективности в целях снижения человеческих потерь и повреждений на дорогах. В последнее время большое внимание сконцентрировано на GPS и ее дополнениях. Минтранспорта были проведены исследования по «интеллектуальным» транспортным системам (ITS), которые в дальнейшем обеспечат безопасность и надежность путешественникам. В таблице 4-6 представлены службы перевозчики, которые нуждаются в использовании радионавигационных средств.

Таблица 4-6 ITS-службы, нуждающиеся в использовании радионавигационных средств

| |
|---|
| <p>Управление по передвижениям и перевозкам Предварительная информация о передвижении Информация о маршруте для водителя Путеводитель по маршруту Управление при происшествиях Управление спросом на передвижение</p> |
| <p>Общественный транспорт Управление общественным транспортом Персональные общественные перевозки</p> |
| <p>Операции, проводимые коммерческими движущимися средствами Управление коммерческим парком движущих средств</p> |
| <p>Аварийное управление Аварийное управление движущимися средствами Предупреждение об аварии и личная безопасность</p> |
| <p>Перспективные системы контроля и безопасности за движущимися средствами Исключение столкновений при смене полос</p> |

Эти исследования, которые направлены на улучшение безопасности и эффективности системы наземного транспорта, являются основой для определения требований для радионавигационных систем. Поскольку эти системы интегрируют информацию, полученную от GPS, дифференциальных GPS, инерциальных систем, систем согласования по картам местности, счетчиков вращения колес, локальных маяков и т.д., то определение требуемых параметров зависит от уровня зависимости каждой из этих подсистем.

Для некоторых систем в целях увеличения безопасности и эффективности были определены точности менее 1 метра. При сочетании с другими подсистемами в движущемся средстве и его инфраструктуре, были предложены значения точностей порядка 10 см в горизонтальном направлении (95%). В ходе продолжающихся исследований значения точности будут уточняться. При этом будут также уточняться уровни целостности и доступности.

4.5.1.2 Транзит

Транзитные системы также получают выигрыш от применения тех же самых радионавигационных технологий. Система автоматического местоопределения транспортного средства оказывает помощь в управлении парком автотранспортных средств, планировании расписаний, информации для пользователя в реальном времени, и при чрезвычайных ситуациях. Добавим, что в сельской и малонаселенной местности передвижение по случайному маршруту будет выгодно отличаться от движения с наведением по маршруту. Осуществляется также автоматическое предупреждение об остановке движения. Преимущество применения радиолокации вместе с двухпутевой системой связи в ряде районов США для транзитного общественного транспорта было доказано. Были документально подтверждены улучшения временных параметров, эффективность использования парка автотранспортных средств, а также реакция на чрезвычайные ситуации. В настоящее время свыше 60000 транзитных движущих средств применяют системы автоматического местоопределения транспортного средства, использующие GPS.

4.5.1.3 Железнодорожный транспорт

Национальная служба дифференциальной GPS (NDGPS) является существенным дополнением к системе безопасного управления поездами (PTC), обеспечивая приемлемое и надежное определение местоположения, которое применяется при наземных и морских перевозках в пределах сопредельных штатов США и Аляски. Новые системы безопасного управления поездами (PTC) будут основываться на системах передачи данных и будут зависеть от использования цифровых данных связи на всем многообразии пути, включая радиосигналы, для сбора информации и интеграции ее с помощью микропроцессоров. Одним из принципиальных вопросов, относящихся к системе безопасного управления поездами (PTC), является ее доступность. Если система является доступной, то в целях обеспечения безопасности она будет широко эксплуатироваться. Такое широкое развертывание системы будет означать, что на большей части национальной железнодорожной системы удастся снизить вероятность столкновений поездов и других несчастных случаев. Для реализации максимальной безопасности железнодорожного сообщения каждый поезд необходимо будет оснастить такими универсальными бортовыми системами.

Требования к национальной службе дифференциальной GPS (NDGPS) при определении местоположения поезда заключаются в следующем:

- Наиболее жестким требованием при определении местоположения поезда для обеспечения системы безопасного управления поездами (PTC) является возможность определить с вероятностью 0,99999 на каком из двух путей находится данный поезд. Минимальное расстояние между центрами параллельных путей составляет 3,5 м. Поскольку GPS не может одна отвечать за требуемую непрерывность обслуживания и точность, система NDGPS совместно с системами согласования по картам местности, инерциальными навигационными системами, акселерометрами и другими устройствами и методами будут обеспечивать непрерывность обслуживания и требуемую

точность для удовлетворения жестких требований для системы безопасного управления поездами (РТС).

- Местоположение поезда – это одномерный результат с точно определенными точками (стрелками), в которых расходятся пути. С помощью системы NDGPS определяется местоположение с точностью до одного метра. Наиболее часто встречаемый интервал, при котором могут быть определены (стрелочные) разъезды, (местоположения, в которых поезд может отклониться от своего текущего курса) – это 15 м. Поскольку поезд ограничен при нахождении на пути, то это приводит к решению одномерной задачи вместо двух- или трехмерной задачи.

- Подробные данные геометрии пути для определенного маршрута движения сохраняются на борту локомотива (необходимо для вычисления алгоритма безопасного тормозного пути). На каком из двух параллельных путей находится поезд можно определить с помощью непрерывных записей информации о том, в каком направлении данный состав пересекает каждый разъезд (стрелку) (в прямом или обратном). Для выполнения этой операции используется несколько основных технологий. Железные дороги для товарных поездов, принадлежащие частному сектору, железные дороги для общественного транспорта эксплуатируются согласно ж/д правилам, многие применяют GPS для уточнения путевых карт.

Таблица 4-7 Требования к системе позиционирования наземного транспорта и точность навигационной системы

| Режим | Точность (м) 95% |
|---|------------------|
| Скоростные автомагистрали: | |
| Навигация и наведение при движении по маршруту | 5-20 |
| Автоматический мониторинг движущих средств | 30 |
| Автоматическая идентификация движущих средств | 30 |
| Общественная безопасность | 10 |
| Управление ресурсами | 30 |
| Реакция на несчастный случай или чрезвычайную ситуацию. | 30 |
| Отклонение от столкновения с препятствиями | <1 |
| Геофизический обзор | 5 |
| Геодезический контроль | <1 |
| Железная дорога: | |
| Безопасное управление поездами (РТС) | 1 |
| Определение местонахождения | 0.3 |

| | |
|---|--------|
| дефективных участков пути (TDL) | |
| Автоматическое картографирование | 0.1 |
| Мониторинг мостов для безопасности мостов | 0,001 |
| Транзит: | |
| Управление и контроль транспортного средства | 30-50 |
| Автоматическое голосовое оповещение об остановке автобуса | 5* |
| Реакция на чрезвычайную ситуацию | 75-100 |
| Сбор данных | 5 |

* за 25-30 м до автобусной остановки.

- Ассоциация американских железных дорог представила обновленные требования для всех участников железнодорожного сообщения. Эта Ассоциация настаивает также на том, чтобы программа по национальной системе дифференциальных GPS (NDGPS) была доведена до полной эксплуатационной готовности (FOC), и за счет модернизации системы НА-NDGPS (высокоточной NDGPS) обеспечивала бы безопасность и эффективность движения на железных дорогах. Как отражено в таблице 4-7, администрация Федерального управления железных дорог (FRA) таким же образом обновила требования для позиционирования, навигации и синхронизации Федерального управления железных дорог.

4.5.2 Требования к современным наземным транспортным средствам

Продолжают уточняться требования для использования радионавигационных систем для наземных движущих средств. Многие наземные средства гражданского назначения, которые применяют радионавигационные системы, в настоящее время коммерциализированы. Примером могут служить пользователи скоростных автомагистралей, которые используют внутренние навигационные устройства и средства наведения по маршруту, автоматическое определение местонахождения движущего средства, автоматический мониторинг движущегося средства, автоматическое отправление, и слежение за опасным грузом. Продолжаются исследовательские работы, например, по вопросам управления ресурсами, инвентарного контроля на автомагистралях и уверенного разделения поездов.

Навигационная точность, доступность и целостность, а также требования к наземным режимам работы транспортных средств и соответственно связанные с ними требования по безопасности (включая непрерывный режим обслуживания) представлены в эксплуатационных требованиях *Air Force Space Command/Air Combat Command Operational Requirements Document (ORD) AFSPC/ACC 003-92-I/II/III for Global Positioning System (U)* (ссылка 7). Примеры требований к системе позиционирования наземного транспорта и точности навигационной системы представлены в таблице 4-7. Добавим, что участки

местности являются важным фактором, который должен быть рассмотрен при анализе системы.

Особый интерес связан с вопросом избежания столкновений. Существует тенденция, связанная с уходом от навигационных систем, базирующихся на инфраструктуре, и все большим применением автономных систем, базирующихся на движущих средствах. По-видимому, это является начальным этапом в разработке таких систем, но будет использоваться соответствующее сочетание систем, основанных на инфраструктуре и движущем средстве, с применением радионавигационных служб.

Для определения требованиям к железнодорожному транспорту его и эксплуатационным характеристикам с середины 80-х годов проводились испытания с использованием GPS и дифференциальной GPS.

5 Рабочие планы в области систем радионавигации

В этом разделе кратко изложены планы федерального правительства по созданию радионавигационных систем для использования в гражданском и в военном секторах. Основное внимание уделено трем аспектам планирования: (1) усилиям, необходимым для поддержания имеющихся систем в удовлетворительном рабочем состоянии; (2) разработкам, необходимым для улучшения имеющихся систем с целью удовлетворения всех потребностей пользователей в ближайшее время; (3) оценка имеющихся и предлагаемых радионавигационных систем относительно возможности удовлетворения будущих потребностей пользователей. Таким образом, план создает основу для эксплуатации, разработки и развития систем.

5.1 Рабочие планы

5.1.1 Глобальная система позиционирования (GPS)

GPS является многофункциональной спутниковой радионавигационной системой, которая принадлежит федеральному правительству и эксплуатируется министерством обороны, отвечая требованиям внешней и внутренней безопасности, а также гражданским, коммерческим и научным целям. GPS обеспечивает двухуровневое обслуживание: служба стандартного местоопределения объектов (SPS), работающая в L1 диапазоне с использованием C/A кода и служба точного местоопределения объектов (PPS), которая работает в L1 и L2 диапазонах с использованием P(Y) кода. Доступ к службе точного местоопределения объектов (PPS) был ограничен вооруженными силами США и федеральными агентствами США, а также вооруженными силами и правительствами отдельных стран-союзников. Это ограничение определяется вопросами национальной безопасности страны. Служба стандартного местоопределения объектов (SPS) используется всеми потребителями на бесплатной непрерывной всемирной основе.

Возможности, которые обеспечиваются службой SPS, указаны в Стандарте функционирования службы стандартного местоопределения объектов системы глобального местоопределения (ссылка 9), размещенного на веб-сайте навигационного центра при Береговой охране США: <http://www.navcen.uscg.gov>.

В национальном агентстве геокосмической разведки (NGA) выдаются более точные данные о GPS орбитах для нужд Минобороны, а также данные об GPS орбитах с меньшей точностью для остальных пользователей. NGA эксплуатирует глобальную сеть из 11 мониторинговых станций системы GPS, географически дополняющих 6 станций мониторинга для ВВС США. Управление NGA станций осуществляется с большой избыточностью (по основным компонентам), обеспечивая выдачу высококачественных данных. Эти данные также передаются в реальном времени Космическому

командованию ВВС США для использования их при проведении операций с участием GPS. Эта комбинированная сеть слежения (NGA – GPS ВВС США) используется для определения опорной сети Всемирной геодезической системы WGS 84, стандартной эталонной геодезической системы для GPS и для всех данных по позиционированию, навигации и геодезии для пользователей Минобороны. GPS данные и информацию, выдаваемую NGA, можно найти на сайте <http://earth-info.nga.mil/GandG/sathtml>.

МО за 48 часов подаст уведомление об изменениях в рабочем состоянии созвездия спутников, которые влияют на службы, предоставляемые пользователям GPS SPS в мирное время, за исключением плановых испытаний помехоустойчивости GPS. В случае плановых событий, влияющих на службы, предоставляемые пользователям GPS, правительство США также, по крайней мере, за 48 часов до этих событий выдаст Замечания для пользователей системы Навстар (NANU), как указано в *Стандарте функционирования службы стандартного местоопределения системы глобального местоопределения* (ссылка 9).

Координация плановых испытаний на помехоустойчивость обычно начинается за 60 дней до проведения испытаний. Сразу после утверждения плановых испытаний пользователи будут оповещаться Береговой охраной США, а также Федеральным авиационным управлением (FAA), не ранее, чем за 72 часа до начала испытаний. Уведомление МО передается по Навигационной информационной службе (NIS) Береговой охраны США и по системе оповещения пилотов (NOTAM) Федерального авиационного управления (FAA). Системы NIS и NOTAM также используются для оповещения о внеплановых отключениях системы, возникающих из-за отказа компонент системы или внепланового технического обслуживания.

В будущем GPS будет представлять собой радионавигационную систему общего пользования федерального уровня. GPS будет расширена и усовершенствована для удовлетворения требований военного и гражданского секторов по точности, зоне действия, применимости, непрерывности и целостности. Минобороны будет обслуживать номинальное созвездие из 24 спутников. Запасные спутники будут запускаться по мере необходимости для поддержания состава созвездия по мере того, как спутники будут изнашиваться и, в конце концов, выходить из строя.

5.1.2 Модернизация GPS

Действия по модернизации GPS направлены на повышение точности местоопределения и синхронизации, повышения доступности сигнала, возможности поддержки целостности слежения и на улучшение сегмента управления и эксплуатации. По мере ввода этих улучшений пользователи могут продолжать использовать имеющиеся приемники, совместимые с IS-GPS-200 (ссылка 10), поскольку обратная совместимость по передаваемому сигналу является важным требованием как для гражданского, так и для военного

секторов. Хотя пользователи GPS на имеющемся оборудовании смогут работать с теми же самыми или лучшими уровнями технических характеристик по сравнению с имеющимися в данный момент, для полного использования любых новых улучшений структуры сигнала пользователям нужно модифицировать имеющееся у них оборудование или приобрести новое оборудование.

Модернизация GPS является многоэтапным процессом, который должен выполняться на протяжении следующих 15 или более лет. Для улучшения возможностей GPS по поддержке гражданских пользователей правительство США добавит три дополнительных кода к уже существующему сигналу гражданского назначения L1 C/A

- частота L1C (1575,42 МГц), обеспечивающая лучшие характеристики, по сравнению с существующим C/A – сигналом, который используется приемниками гражданского назначения, и совместимая с Европейской декартовой системой координат;

- новый гражданский код L2C на частоте L2 – 1227,6 МГц;

- L5 (1176,45 МГц) для удовлетворения потребностей, важных для обеспечения жизни и для других соответствующих применений, таких как гражданская авиация.

Кроме того, на частотах L1 и L2 будет передаваться защищенный и спектрально разделенный код (M-код). Первый запуск спутника с возможностью передачи сигнала L2C состоялся в 2005 году, а первый запуск спутника с возможностью передачи сигнала L5 запланирован на 2009 год. Планируется, что на орбитах примерно к 2016 году будет находиться двадцать четыре спутника, способных передавать сигнал L2C, а 24 спутника с возможностью передачи сигнала GPS L5 будут выведены на орбиту примерно к 2018 году. Перед объявлением полной эксплуатационной готовности (Full Operational Capability - FOC) будут обеспечены не все эксплуатационные характеристики новых гражданских сигналов и пользователи могут использовать эти сигналы под свою ответственность.

Как было опубликовано в Государственном реестре от 23 сентября 2008 года (том 73, № 185), правительство США зафиксировало поддержание характеристик сигналов GPS: L1 C/A, L1 P(Y), L2C и L2 P(Y), с помощью которых осуществляется бескодовый и полукодовый доступ к GPS, по крайней мере, до 31 декабря 2020 года. Полагают, что к этой дате пользователи бескодового и полукодового доступа к приемным устройствам осуществят переход к использованию кодовых сигналов гражданского назначения.

В мае 2008 года ВВС США объявило о контракте на разработку следующего поколения GPS спутников, известных как GPS III. Для удовлетворения будущих требований гражданских и военных пользователей эти спутники должны повысить точность, готовность и целостность созвездия GPS, а также улучшить противодействие активным помехам. Первый запуск спутника GPS III планируется осуществить в 2014 году.

5.1.3 Дополнения к GPS

Служба стандартного местоопределения объектов GPS SPS не удовлетворяет всех потребностей различных групп пользователей приложений гражданской навигации, местоопределения и синхронизации.

Для расширения GPS с целью удовлетворения конкретных эксплуатационных потребностей пользователей используются различные дифференциальные методы. Однако очень важно отметить, что гражданские дифференциальные системы и пользователи гражданских дифференциальных систем зависят от возможности приема гражданского сигнала GPS для вычисления местоположение с помощью дифференциальных методов.

5.1.3.1 Морские и национальные дифференциальные GPS

В конце 1980-х годов с целью удовлетворения потребностей участков навигации при прибрежном плавании и подхода и входа в порт (HEA) для автоматического местоопределения по маякам Береговая охрана начала разработку системы морской дифференциальной GPS (MDGPS). Служба MDGPS была полностью сертифицирована в марте 1999 года после того, как сеть стала отвечать стандартам технических характеристик, предусмотренных для навигации HEA. Публичный закон 105-66, раздел 346 (111 положение 1449) санкционируют усовершенствование и расширение системы MDGPS Береговой охраны США в систему Национальной сети дифференциальной GPS – NDGPS, добавляя внутреннюю, удаленную от моря часть страны. Управление по исследованиям и инновационным технологиям (RITA) координирует программу, касающуюся внутренней части страны. В настоящее время ряд федеральных ведомств, несколько штатов и научных организаций объединили свои усилия по развитию системы NDGPS на всей территории США.

В настоящее время каждая система NDGPS полностью соответствует всем техническим условиям для полной эксплуатационной готовности MDGPS, как было объявлено Береговой охраной США. Система NDGPS не была спроектирована для удовлетворения требований авиационной целостности.

В дополнение к передаче дифференциальных поправок в реальном времени система NDGPS также поддерживает систему Национальных базовых станций (CORS) по постобработке для геодезических приложений, потребности Лаборатории систем предсказаний Национальной метеорологической службы для краткосрочных прогнозов осадков, и консорциума спутниковой системы радионавигации "Навстар" (UNAVCO) по отслеживанию подвижек тектонических плит. Кроме того, если условия эксплуатации допускают, можно добавлять дополнительные рабочие возможности, например, передача навигационных или метеорологических предупреждений и информации о морской безопасности (то есть, данные НАВТЕКС) для обеспечения безопасной навигации на море.

В настоящее время 39 станций Береговой охраны США и 9 станций инженерного корпуса сухопутных сил США обеспечивают охват территорий сопредельных штатов США, Великие озера, Пуэрто-Рико, часть Аляски и

Гавайских островов и бассейн Миссисипи. Часть системы NDGPS, касающаяся внутренней территории страны, служит дополнением системы морской дифференциальной GPS (MDGPS). Планируется обеспечить двойное покрытие территорий сопредельных штатов США, отдельных районов Гавайских островов и Аляски, которое определяется как комбинированная национальная дифференциальная GPS. В настоящее время в системе NDGPS существует 38 станций при минтранспорта, которые на 95% обеспечивают одиночное покрытие 48 смежных штатов и на 65% - двойное покрытие. Такая комбинированная служба дифференциальных GPS обеспечит однородное покрытие территорий сопредельных штатов США, Гавайских островов и Аляски независимо от наземных и искусственных препятствий, либо других поверхностных препятствий. Такое покрытие достигается за счет использования передачи данных на средней частоте, оптимизированной для наземных приложений. Было показано, что такая система передач является достаточно надежной для работы в горных массивах и в других местах с препятствиями. Наконец, завершенная система NDGPS обеспечит высоконадежную функцию целостности GPS для пользователей, которым нужны такие приложения, как уверенное управление поездами и точное ведение сельского хозяйства, управление природными ресурсами и окружающей средой, управление аварийными ситуациями. После полного ввода станции в эксплуатацию станция контролируется и обслуживается Береговой охраной США для обеспечения необходимой технической поддержки для приложений, обеспечивающих навигацию. Наиболее современное состояние покрытия сигналами для конкретного участка можно узнать на Интернет-сайте Центра навигации Береговой охраны США по адресу www.navcen.uscg.gov.

Были определены две основные вехи по увеличению точности системы GPS: станция одиночного покрытия и станция двойного покрытия (только для смежных штатов США). При одиночном покрытии, которое вступит в эксплуатацию не ранее 2010 года (в ожидании финансирования), пользователям будет предоставлено покрытие, по крайней мере, одной станцией в любой точке территории смежных штатов США. Второй этап – это двойное покрытие на всей территории смежных штатов, которое, как ожидают, вступит в эксплуатацию не ранее 2012 года.

5.1.3.1.1 Рекапитализация системы DGPS

Поскольку срок службы первоначальных опорных станций и мониторов целостности подходит к своему завершению, Береговая охрана США осуществляет проект рекапитализации морских станций, увеличивая срок их службы до 15 лет, обеспечивая при этом существенное улучшение характеристик (точности и целостности), гибкость и ремонтпригодность. Улучшения сосредоточены на двух главных компонентах системы: опорные станции – используются для вычисления и передачи псевдодальностных корректирующих сигналов для более совершенного обслуживания

потребителей; мониторы целостности (Integrity Monitors) – для проверки правильности передачи корректирующих сигналов. Другим преимуществом рекапитализированной структуры является совершенствование. Как только новая спутниковая навигационная система будет использовать декартовы сигналы и другие новые GPS сигналы, Береговая охрана США будет уравновешена приемниками типа «подключил и заработал», разрабатываемые в настоящее время изготовителями, улучшая, таким образом, характеристики национальной дифференциальной системы GPS.

Минтранспорта не будет финансировать рекапитализацию NDGPS в 2008 году. В последнее время минтранспорта решило, что эта задача будет приоритетной; поэтому разрабатывается план финансирования не ранее 2009 года.

5.1.3.1.2 Высокоточная национальная дифференциальная система GPS (NA-NDGPS)

Для улучшения характеристик системы NA-NDGPS Федеральное управление по автодорогам (FHWA) и Федеральное управление железных дорог (FRA) финансируют НИОКР по высокоточной NDGPS. Первая станция высокоточной NDGPS начала работать в тестовом режиме в 2001 году при финансировании из межведомственного исполнительного совета GPS (IGEB). IGEB признал возможное преимущество для многих федеральных ведомств, штатов и общественности после ввода в эксплуатацию национальной высокоточной системы. В настоящее время эксплуатируются две высокоточные станции NA-NDGPS, обеспечивающие точность 10-15 см в пределах своей зоны действия. Ожидается дальнейшее улучшение точностных характеристик и разработка целостности с задержкой до троего от 1 до 2 сек. После завершения таких модернизаций будет разработан стандарт NA-NDGPS.

Для этого были изучены несколько методов. Их можно сгруппировать по трем основным категориям: улучшенное ионосферное и тропосферное прогнозирование; увеличенная информация для обеспечения передачи GPS наблюдений; добавление соответствующих данных к передаче текущих данных. В последующих разделах приведено обсуждение каждого из этих методов.

5.1.3.1.2.1 Улучшенное ионосферное и тропосферное прогнозирование

В результате ионосферных и тропосферных искажений при GPS определении местоположения возникают достаточно большие ошибки.

Единственным практическим методом, который снижает эту проблему, является использование пространственных и погодных моделей для оценивания и прогнозирования величины этих искажений и обеспечение поправок при высокоточном определении местоположения и навигации.

Для этого в национальном управлении по исследованию океана и атмосферы (NOAA) были разработаны и испытаны две модели атмосферы: US-TEC для ионосферы и NOAA Trop, модель задержки сигнала при

прохождении тропосферы в реальном времени. US-TEC используется алгоритмически, в то время как NOAA Trop в настоящее время выполняется экспериментально. Было показано, что с помощью этих методов обеспечиваются поправки задержки сигнала при прохождении через атмосферу, значительно улучшая при этом точность оценки координат и надежность работы системы. Федеральное управление по автодорогам (FHWA) совместно с Береговой охраной США и NOAA оценивает эффективность использования этих погодных моделей для создания дифференциальных поправок при передаче и использования этих поправок для разрешения неопределенности значения фазы несущего колебания.

5.1.3.1.2.2 Увеличение информации для обеспечения передачи GPS наблюдений

Второе направление исследований заключается в изучении эффективности передачи результатов наблюдений навигационных спутников. Для получения максимальной прибыли основное внимание этой программы направлено на разработку недорогих модификаций существующих систем NDGPS. В апреле 2002 года была модифицирована NDGPS станция вблизи Hagerstown, MD, а в 2003 года – 2-ая станция, расположенная около Hawk Run, PA. Эта программа делилась на два этапа.

На этапе 1 была выполнена проверка концепции, в ходе которой определялась целесообразность модификации NDGPS систем и оценивалась точность при использовании одиночной станции. В качестве максимально допустимого значения была выбрана скорость передачи данных – 1000 бит/сек.

К NDGPS системе вблизи Hagerstown были добавлены второй передатчик, линия передачи и дуплексер. Испытания начались вскоре после монтажа дополнительного оборудования. В ходе испытаний с использованием одиночной станции было достигнуто горизонтальное разрешение порядка 10 см (95%) от истинного на дальности порядка 250 км. Результаты этих испытаний были задокументированы в заключительном отчете этапа 1 на сайте <http://www.tfhrc.gov/its/ndgps/021110/index.htm>.

5.1.3.1.2.3 Добавление требуемых данных

При селективной доступности GPS (GPS SA), равной 0, долговременные требования к GPS по псевдодальностным поправкам могут быть упрощены и данные по дальности могут быть не нужны пользователям. Поставщики услуг интенсивно развивают методы для полного использования новых доступных возможностей каналов передачи данных, позволяющих улучшить качество работы системы. Эти методы включают в себя:

- улучшенные «пост SA» алгоритмы создания поправок эталонной станции, которые позволяют повысить точность системы,
- улучшенный процесс мониторинга целостности, который снизит уязвимость пользователя,

- дифференциальные поправки, которые позволяют использовать псевдодальности WAAS (широкозонной дополняющей системы) в определении местоположения дифференциальной GPS,
- улучшенные альманахи маяков, которые дают возможность пользователям разумно выбрать наиболее подходящий маяк исходя из характеристик сигнала,
- высокоточные атмосферные поправки, получаемые в NOAA, использующие данные влажной и сухой тропосферы и атмосферы,
- сетевое распределение поправок между смежными радиомаяками,
- распределение точных орбитальных данных по линии передачи данных дифференциальной GPS.

5.1.3.2 Широкозонная дополняющая система (WAAS)

Система WAAS является спутниковой системой увеличения точности, ее эксплуатирует Федеральное авиационное управление FAA. Эта система обеспечивает повышенную точность навигации воздушных судов, доступность и целостность сигнала для воздушных судов. Хотя система WAAS разработана в основном для нужд авиации, ее сигналы широко доступны в приемниках, изготовленных для использования в других системах навигации.

FAA приняла в эксплуатацию систему WAAS в июле 2003 года. Служба WAAS поддерживает взлет, движение по маршруту, подлет и операции захода на посадку, включая неточные заходы и процедуры захода на посадку с оценкой положения в вертикальной плоскости. Система WAAS также поддерживает и дополнительные возможности, например, процедуры улучшенного (по кривой и по ломанной) посадки и взлета, более эффективную навигацию на маршруте и параллельное управление операциями взлета, предупреждение о пересечении взлетных курсов, высокоскоростное отключение системы наведения и другие наземные операции в аэропортах.

Система WAAS будет постепенно расширяться для использования сигнала L5 с модернизированных спутников GPS вместо полукодового сигнала L2, применяемого в настоящее время для определения ионосферных поправок. Новая двухчастотная WAAS-авионика с использованием сигналов L1 и L5 улучшит точностные характеристики средств измерения вертикальной координаты (LPV).

5.1.3.3 Дополняющая система локальной зоны действия (LAAS)

LAAS - это наземная система функционального дополнения к GPS с локальной зоной действия. Система LAAS разрабатывается Федеральным авиационным управлением FAA. Ожидается, что LAAS обеспечит необходимую точность, доступность, целостность, покрытие и непрерывность сигналов для начальной поддержки точных заходов на посадку категории I, а впоследствии и точных заходов категорий II и III. В отличие от существующей

системы посадки по приборам ILS, одиночная наземная станция LAAS может обеспечить возможность точной посадки с любой стороны взлетно-посадочной полосы аэродрома.

LAAS будет дополнять систему GPS путем предоставления пользователям дифференциальной коррекции за счет широковещательной передачи данных в УКВ диапазоне. LAAS позволит надлежащим образом оснащеному самолету выполнить точные заходы на посадку вблизи оснащенного системой LAAS аэродрома. LAAS также позволит надлежащим образом оснащеному самолету выполнять заходы по криволинейной или ломаной траектории и параллельное управление операциями взлета, предупреждения о пересечении взлетных курсов, высокоскоростное отключение системы наведения и наземные операции в аэропортах.

LAAS категории 1 разрабатывается совместно авиационными службами Австралии, изготовителями и пользователями. Федеральное авиационное управление планирует завершить утверждение проекта системы в 2008 году, проведение НИР на разработку прототипа LAAS категории III в 2010 году, и утверждение ОКР в 2012 году.

5.1.3.4 Объединенная система точного приземления и посадки (JPALS)

Система JPALS - система посадки, применяемая всеми военными ведомствами. В этой системе используется защищенный канал связи дециметрового диапазона для обеспечения дополнительной информацией соответствующего самолета при вычислении данных управления (точность, целостность и непрерывность) при посадке. В системе JPALS с фиксированной базой используется канал связи дециметрового диапазона.

5.1.3.5 Система Национальных базовых станций непрерывного действия (CORS)

Национальная геодезическая служба развернула национальную систему CORS для поддержки ненавигационных приложений GPS с постобработкой, особенно точного 3-х мерного позиционирования с точностью нескольких сантиметров. Совсем недавно сеть CORS также использовалась в качестве сети мониторинга тропосферной и ионосферной активности этими двумя научными сообществами. Национальная сеть CORS была дополнительно модернизирована для использования в качестве основы для будущих приложений, которые поддерживают местоопределение в режиме реального или почти реального времени (они отличаются от навигационных приложений отсутствием компонента для обеспечения безопасности жизни). Национальная система CORS обеспечивает код дальности и данные о фазе несущей и от национальной сети станции GPS с помощью доступа через Интернет. По состоянию на июнь 2008 года данные были предоставлены для более, чем 1200

станций.

Национальная геодезическая служба NGS управляет и координирует ввод данных со станций слежения GPS, развернутых более чем 200 группами вместо того, чтобы развертывать независимую сеть опорных станций. В частности, используются данные со станций, эксплуатируемых отделами МТ и МВБ, которые поддерживают требования навигации в реальном масштабе времени (в основном это WAAS и NDGPS). Такие станции реального масштаба времени составляют примерно 17% от всех станций CORS. К другим станциям, которые в настоящее время вносят данные в национальную систему CORS, относятся станции, эксплуатируемые национальным управлением по исследованию океана и атмосферы (NOAA), национальным научным фондом (NSF) и НАСА для поддержки наблюдений за смещением земной коры; станции, эксплуатируемые властями штатов и местной администрацией для поддержки геодезических приложений; и станции, эксплуатируемые Лабораторией Земли при NOAA для поддержки метеорологических приложений. На рис. 5-1 показано разделение всей системы CORS по партнерам.

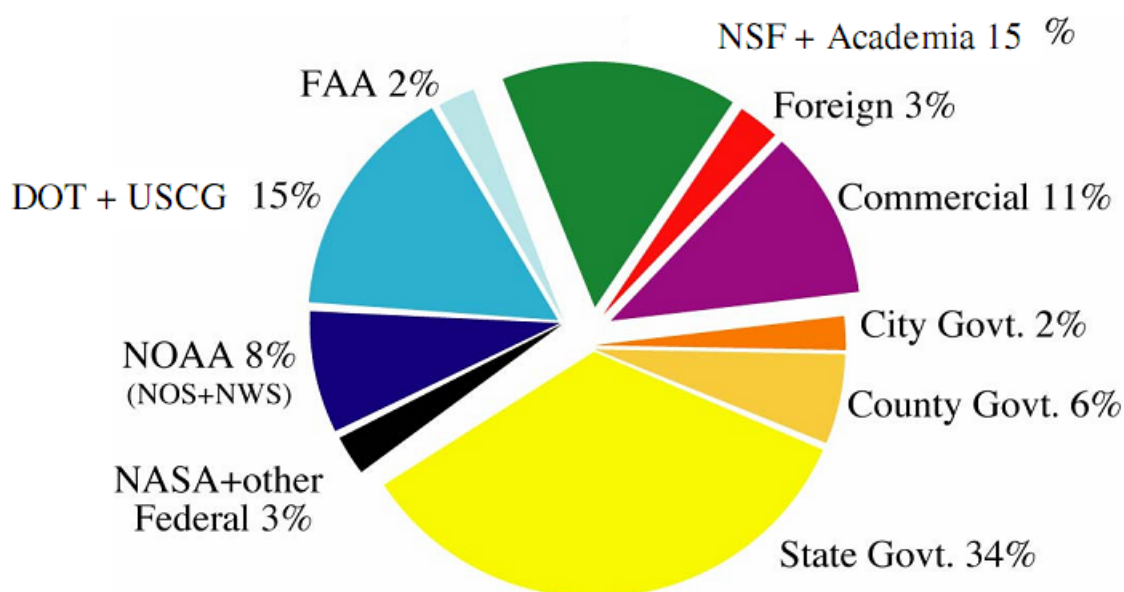


Рис. 5-1 Партнеры национальной системы непрерывно работающих опорных станций (CORS)

Национальная система CORS - это дополняющая GPS система, руководимая Национальным управлением по исследованию океана и атмосферы (NOAA), которое занимается получением и распределением GPS данных для точного определения местоположения объектов и моделирования атмосферы. Эта система является основой национальной пространственной эталонной системы, определяющей координаты местоположения объекта с высокой точностью для всех радионавигационных систем федерального уровня.

5.1.4. Система Loran

5.1.4.1 Система Loran-C

Loran-C - это автономная гиперболическая радионавигационная система, которая первоначально была разработана для предоставления военным пользователям радионавигационных служб с большей степенью покрытия и точности, чем ее предшественник (система Loran-A). Затем она была выбрана для использования в качестве радионавигационной системы гражданским флотом в прибрежных водах США. Эта система одобрена Федеральным авиационным управлением (FAA) как дополнительная система для Национальной системы управления воздушным движением (NAS) для этапов полета по маршруту и на конечном участке полета, у аэропорта, а также была одобрена Береговой охраной США как средство морской навигации в прибрежной зоне. Она также доступна для использования в качестве первичного или вторичного источника точной частоты для обеспечения точной синхронизации. Система Loran-C обеспечивает горизонтальное перекрытие 48 смежных штатов, их прибрежные районы, большую часть Юга Аляски Brooks Range.

МВБ (министерство внутренней безопасности) продолжает эксплуатировать систему Loran-C в краткосрочной перспективе, в то же время при возможном финансировании преобразуя ее в модернизированную и расширенную систему eLoran.

5.1.4.2 eLoran

eLoran – это следующее поколение системы Loran. Система eLoran является независимым, наземного базирования, дополнением к GPS. Она позволит сохранить пользователям службы местоопределения, навигации и синхронизации в условиях выхода из строя системы GPS. Усовершенствованная система eLoran обладает лучшими характеристиками точности, целостности, и непрерывности, чем Loran-C, которая продолжает отвечать традиционным требованиям. Система eLoran также может обеспечивать эталонное время и частоту, необходимые для телекоммуникационных систем и других компонентов критически важной инфраструктуры США.

Такое улучшение было реализовано за счет модернизации оборудования станции, добавлением канала передачи данных по сигналу в пространстве и приемников цифровой обработки сигнала. Система eLoran разработана с точки зрения совместимости с Loran-C. Однако, для использования полных возможностей системы eLoran пользователей необходимо оснастить новыми приемными устройствами.

Комбинация инфраструктуры и усовершенствования оборудования пользователя даст возможность новой системе eLoran обеспечивать операции точного захода на посадку (0,3 морской мили) для авиационных пользователей, а также операций захода в порт и причаливания (от 10 до 20 м).

5.1.5 Всенаправленные радиомаяки (VOR) и дальномерная аппаратура (DME)

Система всенаправленных радиомаяков VOR была разработана для обеспечения пеленга от воздушного судна на передатчик VOR. Дальномерная аппаратура определяет расстояние от воздушного судна до передатчика DME. Во многих местах функции DME выполняются тактической аэронавигационной системой ТАКАН, которая также обеспечивает азимутальное наведение для военных пользователей. Такие совмещенные средства называются станциями VORTAC. Некоторые станции VOR также передают метеорологическую информацию.

FAA эксплуатирует приблизительно более 1000 станций VOR, VOR/DME и VORTAC. Дополнительно МО эксплуатирует приблизительно 50 станций, которые расположены в основном на военных базах в США и за границей и которые доступны для всех пользователей. Текущие службы станций VOR будут поддерживаться на их текущем уровне до 2010 года, чтобы службы авиации могли оснастить свои воздушные суда авионикой SATNAV и чтобы они получили опыт работы с такими системами.

Начало снижения числа станций VOR ожидается в 2010 году. VOR службы будут постепенно сокращаться в соответствии с критерием стандарта планирования авиалиний после соответствующих согласований. Службы будут сокращаться сначала на тех объектах, где в них нет необходимости или где уже используются удовлетворительные альтернативные варианты. Системы VOR будут эксплуатироваться в период перехода к системе спутниковой навигации SATNAV для поддержки операций полетов по приборам (IFR), а также служить в качестве независимой навигационной службой в рамках Национальной системы управления воздушным движением (NAS).

FAA планирует поддерживать эксплуатацию станций дальномерной аппаратуры DME для обеспечения навигаций по маршруту и установить дополнительные маломощные станции дальномерной аппаратуры для обеспечения точных заходов в системе посадки по приборам (ILS) согласно рекомендациям Группы летной безопасности гражданской авиации. FAA может также расширять сеть станций дальномерного оборудования (DME) для обеспечения средств зональной навигации (RNAV) для операций зоны аэродрома в главных аэропортах и для обеспечения непрерывной степени покрытия для операций RNAV.

5.1.6 Тактическая аэронавигационная аппаратура ТАКАН

ТАКАН - это тактическая система воздушной навигации для военных служб наземного, морского и воздушного базирования. Это военный эквивалент гражданской службы VOR/DME. ТАКАН обеспечивает информацию о пеленге и расстоянии за счет расположенных по соседству антенн азимутальной навигации и станций DME. ТАКАН в основном объединяется с гражданскими станциями VOR (станции VORTAC) для

предоставления военным самолетам возможности работать в рамках NAS и для предоставления дальномерной информации DME для гражданских пользователей.

В настоящее время FAA и МО эксплуатируют более 100 "автономных" станций ТАКАН для поддержки военных полетных операций в рамках NAS. МО также эксплуатирует примерно 30 стационарных станций ТАКАН, которые расположены на военных базах за рубежом и обслуживает более 90 мобильных станций ТАКАН и 2 мобильных станции VORTAC для развертывания в любом месте земного шара. FAA и МО продолжают анализировать и обновлять требования к планируемому переходу основных систем навигации от наземного базирования к космическому базированию.

Согласно требованиям МО эксплуатация системы ТАКАН наземного базирования будет продолжаться до тех пор, пока все военные самолеты не будут надлежащим образом интегрированы в систему GPS, и система GPS-PPS не будет сертифицирована на все соответствующие операции в национальном и международном регулируемом воздушном пространстве, включая процедуры, таблицы кодов и т.д. В будущем планируется вывод из эксплуатации систем ТАКАН, но дата еще не установлена. Система ТАКАН морского базирования будет находиться в эксплуатации до тех пор, пока не произойдет успешного развертывания заменяющей ее системы. Военно-морской флот, Береговая охрана и Командование морскими перевозками ВМС эксплуатирует примерно несколько сотен станций ТАКАН морского базирования.

5.1.7 ILS –система посадки по приборам

Система посадки по приборам (Instrument Landing System - ILS) является системой обеспечения точного захода на посадку, содержащей курсовой и глиссадный радиомаяки. Она часто дополняется маркерными УКВ радиомаяками или дальномерами DME (или и тем и другим вместе). Полностью точный заход на посадку также обеспечивается дальностью видимости пилотом взлетно-посадочной полосы (RVR), с использованием посадочных огней. Во время этапов захода на посадку и при самой посадке система ILS обеспечивает информацию в вертикальной плоскости и по азимуту (наведение) и связана с особенностями расстояния до конца взлетно-посадочной полосы конкретного аэродрома. Индикация расстояния обеспечивается с помощью маркерных маяков или дальномеров DME.

В зависимости от своей конфигурации и от других систем, установленных в аэропорту и на воздушном судне, система ILS может поддерживать заходы на посадку категорий I, II и III.

ILS является стандартной гражданской системой точного подхода к аэропорту в США и за границей. FAA эксплуатирует более 1200 систем ILS, из которых около 100 являются системами категории II и III. Добавим, что МО

эксплуатирует в США около 160 систем ILS. Нефедеральными спонсорами в США эксплуатируется менее 200 систем ILS.

По мере интеграции в Национальную систему по организации воздушного пространства (NAS) дополнительных станций на основе систем GPS (WAAS и система функционального дополнения с локальной зоной действия (LAAS)) и возрастания степени оснащения и подготовки пользователей количества станций ILS категории I будет уменьшаться. FAA не планирует вывод из эксплуатации любых систем ILS категории II или III, пока LAAS не будет способна предоставить эквивалентные службы и не будут решены проблемы слабой защищенности GPS. После этого может быть рассмотрен вопрос о снижении количества станций ILS категории II/III. Вплоть до доступности систем LAAS новые и модернизированные требования к точным заходам на посадку в системах категории II и III будут обеспечиваться с помощью ILS.

5.1.8 Всенаправленные радиомаяки (NDB)

В некоторых аэропортах в качестве неточных средств захода на посадку применяются авиационные всенаправленные радиомаяки (NDB); они также используются в качестве радиоконпасов обычно совместно с другими внешними маркерами системы ILS для упрощения пилотом нахождения курса ILS без использования радаров, а также используются как вспомогательные средства маршрутной навигации.

В системе NAS насчитывается более 1300 NDB. Примерно 300 из них принадлежат Федеральному правительству, а остальные средства не являются федеральными и принадлежат в основном штатам, муниципальным властям и администрации аэропортов.

FAA начала процесс вывода из эксплуатации автономных радиомаяков NDB, поскольку теперь пользователи оснащены системами GPS. Радиомаяки NDB используются в качестве радиоконпасов или других требуемых стационарных средств для коррекции подходов в системе ILS (например, коррекция начального подхода, обработка второго круга захода на посадку) если отсутствуют эквивалентные средства наземного базирования, в этом случае эти радиомаяки необходимо поддерживать в рабочем состоянии до тех пор, пока не будет выведена из эксплуатации вся система ILS. Будет сохранено большинство радиомаяков NDB, которые задают низкочастотные воздушные магистрали над Аляской или служат международными стыковочными пунктами в некоторых морских регионах, например, в Мексиканском заливе.

5.2 Навигационные информационные службы

5.2.1 Навигационная информационная служба USCG

USCG NIS, известный ранее как информационный центр GPS, является

оперативным органом Службы гражданских GPS (CGS), который обеспечивает гражданских пользователей GPS информацией о статусе GPS. Входная информация основана на данных, поступающих от подсистемы контроля GPS, МО и других источников. Задача NIS состоит в сборе, обработке и своевременном распространении радионавигационной информации, получаемой от систем GPS, Loran и дифференциальных GPS (DGPS), а также обобщенной информации морской навигации. Веб-сайт NIS также обеспечивает потребителя информацией о стратегических изменениях и разработках, связанных с радионавигационными системами, особенно GPS. Он является частью Комитета по взаимодействию со службами гражданских GPS (CGSIC) в процессе обмена информацией между провайдерами и пользователями с помощью:

- автоматического распространения информации о статусе и выходе из строя GPS по серверу со списком пользователей;
- сбора информации от потребителей в поддержку CGSIC и менеджеров и операторов GPS.

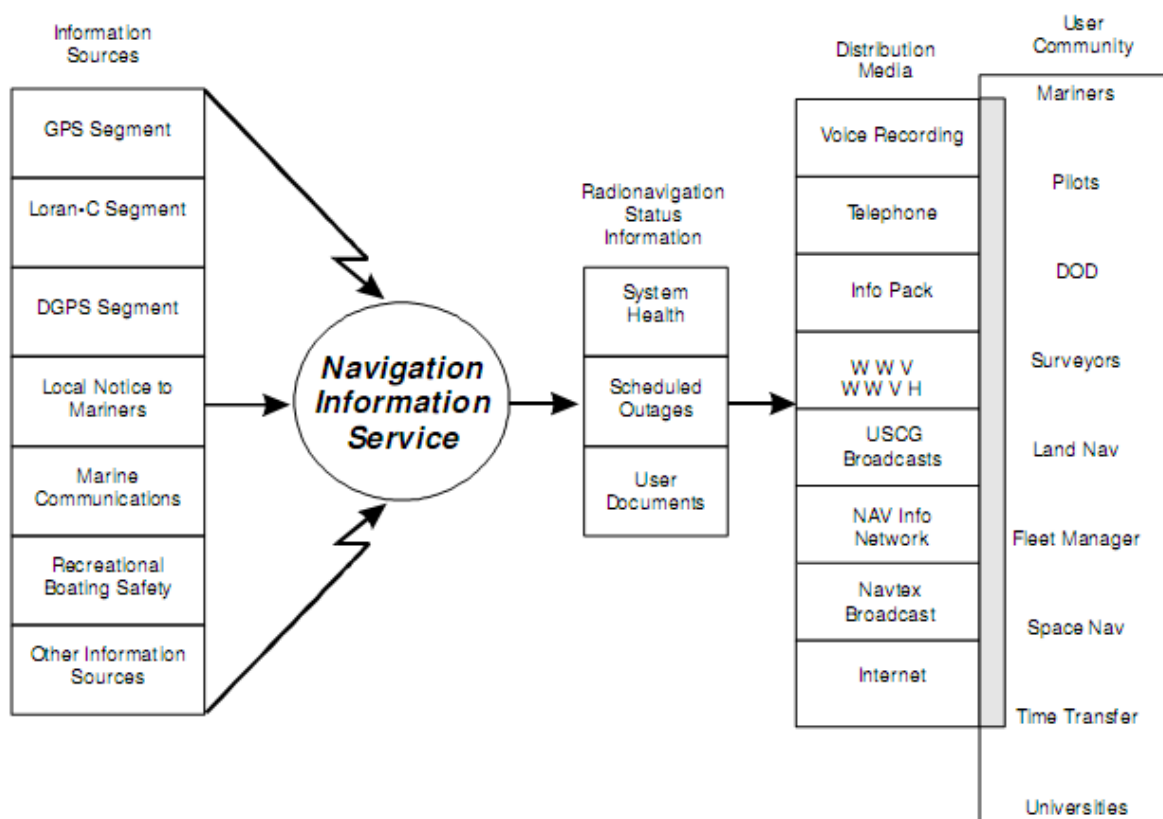


Рис.5-2 Поток NIS информации

Функции, выполняемые информационными навигационными службами (NIS):

- в качестве узла для неавиационных гражданских пользователей по проблемным вопросам, связанных с GPS;

- обеспечение службы консультативного радиовещания (ОАВ);
- отвечает на вопросы по телефону, в письменном виде или по электронной почте;
- обеспечение информацией общественность через доступные службы NIS;
- обеспечение инструкцией по доступу и пользованию информационными службами;
- поддержание консультативных, учебных и других справочных пособий и материалов для пользователей;
- обеспечение записей GPS вещательной информации, баз данных GPS, или данных, относящихся к эталонным.

Таблица 5-1. Службы NIS

| Служба | Доступность | Тип информации | Номера контактных телефонов |
|--|--|---|--|
| Дежурная NIS | 24 часа | Запросы пользователей | (703)313-5900 факс (703) 313-5920 |
| Интернет | 24 часа | Состояние, прогноз, история, выход из строя, данные NGA, федеральный радио-навигационный план | http://www.navcen.uscg.gov ftp://ftp.navcen.uscg.gov |
| Запись голосовой информации NIS | 24 часа | Прогнозирование состояний, историческая информация | (703)313-5907 |
| WWW-сигналы для NIST радиостанций | Минуты 14,15 | Прогнозы состояния | 2.5, 5, 10, 15 и 20 МГц |
| WWVH-сигналы для NIST радиостанций | Минуты 43 и 44 | Прогнозы состояния | 2.5, 5, 10 и 15 МГц |
| Береговая охрана США | При вещании | Прогнозы состояния | УКВ диапазон для морского применения |
| Предупреждения от NGA | 24 часа | Прогнозы состояния | (310)227-3147 MCDWWNWS@nga.mil |
| Еженедельные уведомления NGA для моряков | Обновленные еженедельные уведомления в режиме онлайн | Прогнозы состояния Выход из строя | (301)227-3126 MCDNtM@nga.mil |
| Автоматическая передача уведомлений Nainfonet для морских систем | 24 часа | Прогнозы Исторические альманахи | (301)227-3126 |

| | | | |
|---|--|---|---|
| Передача данных NAVTEX | Все станции ведут передачу 6 раз в день в выборочное время | Прогнозы Выход из строя | 518 кГц (301)227-4424.9600 |
| Прогноз RAIM (автономного контроля целостности в приемоиндикаторе) | 24 часа | Запрос пользователя, прогнозирование состояния для станций RNAV (зональной навигации), и RAIM на маршруте | http://www.raimprediction.net |

Информация по GPS и радионавигационным системам, эксплуатируемым Береговой охраной США, может быть получена из Навигационного центра береговой охраны США - USCG's NAVCEN, 7327 Telegraph Road, Alexandria, VA 22315-3998. В таблице 5-1 и на рисунке 5-2 представлены службы, с помощью которых NIS обеспечивает информацией оперативное консультативное радиовещание. 24-часовая горячая линия NAVCEN: (703)313-5900. Адрес e-mail NAVCEN: webmaster@smtp.navcen.uscg.mil. и веб-сайт: <http://www.navcen.uscg.gov/>.

5.2.2 GPS NOTAM. Аэронавигационная информационная система

МО уведомляет о выходе из строя спутника GPS с помощью системы извещения пилотам – NOTAM. Эти NOTAM-извещения переформатируются в замечания для пользователей системы Навстар (NANU) с помощью второго дивизиона по космическим операциям (2SOPS) на модулированном непрерывном сигнале GPS. Эти выходы из строя передаются в Управление NOTAM США, которое представляет собой объединенный офис МО и Федерального авиационного управления (FAA), по крайней мере, за 48 часов до плановой остановки. Второй дивизион по космическим операциям также извещает Управление NOTAM США о внеплановых выходах из строя. Спутниковые извещения NOTAM выпускаются как внутренними NOTAM при опознавателе KGPS, так и внешними NOTAM при идентификаторе KNMH. Эта информация доступна для гражданских и военных авиационных пользователей.

К сожалению, NOTAM является бессмысленным для пилотов до тех пор, пока не будет объяснено влияния выхода из строя GPS спутника на готовность проведения операций.

Использование GPS для воздушной навигации по правилам полета по приборам (IFL) имела возможность обнаруживать спутниковые аномалии выхода из допустимых отклонений. Такая возможность обеспечивается с помощью автономного контроля целостности в приемоиндикаторе - RAIM, алгоритм которого содержится в GPS приемнике. Все приемные устройства,

сертифицированные для обеспечения навигации по правилам полета по приборам, должны обладать автономным контролем целостности RAIM, или любой аналогичной возможностью. WAAS авионика получает информацию о целостности, главным образом, из WAAS сообщений, а также обладает функцией автономного контроля целостности (RAIM) в те моменты времени, когда воздушное судно находится вне зоны действия SBAS (спутниковая система функционального дополнения), или когда сообщения не используются.

Для того чтобы приемник выполнял функцию автономного контроля целостности RAIM, должны быть наблюдаемы как минимум 5 спутников с удовлетворительным геометрическим фактором. Поскольку GPS созвездие из 24 спутников не было спроектировано для обеспечения достаточного уровня перекрытия, автономный контроль целостности не всегда доступен даже в случае, если все спутники находятся в рабочем состоянии. Следовательно, если спутник выходит из строя или он находится вне зоны видимости, то ситуация становится неопределенной.

Местоопределение и продолжительность периодов выхода из строя может быть предсказана с помощью компьютерного анализа, и сообщаться пилотам во время планирования предполетного задания. Предупреждение о выходе из строя в определенном местоположении обеспечивает пилота информацией относительно возможности автономного контроля целостности GPS RAIM для планируемых операций, особенно в случае неточного захода на посадку в назначенном месте.

GPS NOTAM для особого местоположения вычисляются на основе критерия в RTCA/DO-208, *Минимальный стандарт рабочих характеристик для бортового дополнительного навигационного оборудования, использующего GPS* от июля 1991 года и Стандартизованные технические требования (TSO) – C129(a), *Бортовое дополнительное навигационное оборудование, использующее GPS*. Основной алгоритм автономного контроля целостности (RAIM), как определено в MOPS и TSO, использовался для вычисления NOTAM для GPS. Прогнозирование автономного контроля целостности зональной авиации (RNAV RAIM) на конечном этапе и на маршруте, удовлетворяющее требованиям предполетного наведения AC 90-100A, можно получить на www.raimprediction.net.

Данные GPS принимаются с помощью антенны, расположенной на крыше Центра командования системами контроля воздушным движением (ATCSCC). Данные NOTAM альманаха и спутника подаются на вход алгоритма автономного контроля целостности (RAIM) и обрабатываются относительно базы данных аэродромов для определения местоположения конкретных событий выхода из строя. Далее эта информация распространяется в виде извещений NOTAM пилотам военной авиации США, а также в качестве аэронавигационной информации на станции обслуживания полетов США для гражданских пилотов. Это происходит ежедневно в течение 48-часового периода перед планируемым выходом из строя или в том случае, когда возникают изменения в работоспособности и исправности спутника. Эти системы оповещения о выходе из строя автономного контроля целостности

GPS для военных и гражданских пилотов функционируют с 1995 года.

GPS NOTAM военного назначения распространяются через Интернет-службу NOTAM минобороны (DINS), и системы распределения, основанной на веб-информации. Пример GPS NOTAM приведен ниже:

- A) KLAX
- B) 0901081018
- C) 0901081045
- E) QXXXX GPS неточный заход на посадку недоступен.

Это уведомление NOTAM означает, что неточный заход на посадку с помощью GPS в международном аэропорту Лос-Анжелеса 8 января 2009 года от 10.18 до 10.45 неприемлем.

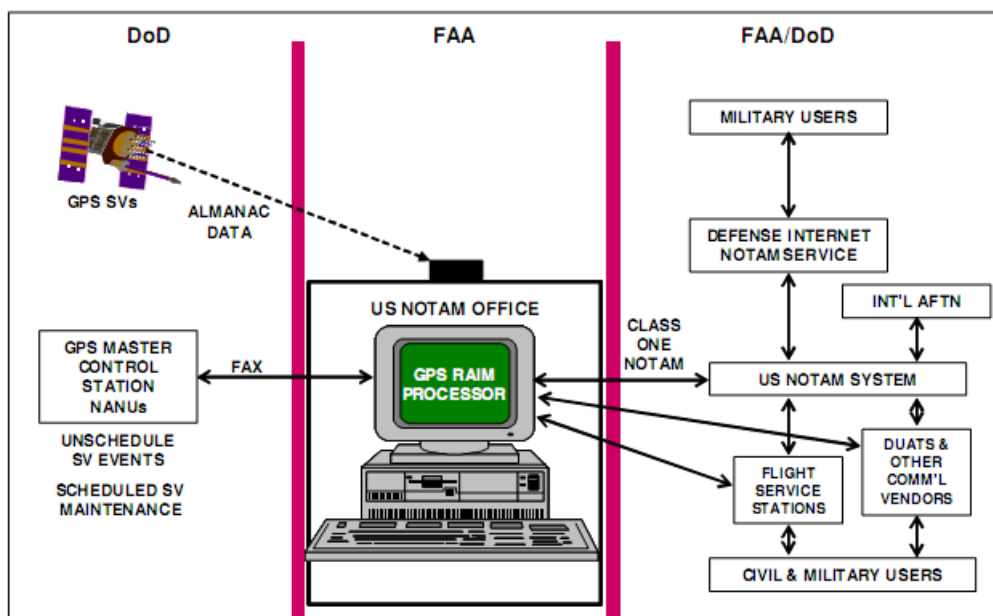


Рис. 5-3 Система распределения GPS NOTAM и аэронавигационной информации

Федеральное авиационное управление (FAA) обеспечивает подобную GPS информацию о выходе из строя. Это управление использует такое же, как и МО для вычисления своей аэронавигационной информации, извещение GPS NOTAM, но в аэронавигационном формате. Эта информация распространяется через станции обслуживания полетов (FSS), продавцов системы прямого доступа пользователя (DUATS) и других коммерческих посреднических структур (рис. 5-3). В нижних 48 штатах, Гавайях и Пуэрто-Рико система FS-21 станции обслуживания полетов фирмы Локхид Мартин взаимодействует в режиме онлайн с алгоритмом прогнозирования автономного контроля целостности RAIM Volpe Центра и обеспечивает GPS/RAIM-информацией специалистов службы обеспечения полетов. Службы обеспечения полетов

Федерального авиационного управления FAA на Аляске получают GPS/RAIM-информацию с помощью наложения графической информации, производимой фирмой Harris Corporation, которая имеет доступ к оперативной системе поддержки (OASIS). Использование GPS в режиме неточного захода на посадку на назначенный аэродром обеспечивается по запросу службы обеспечения полетов. Пилот может запрашивать информацию на расчетное время прибытия или доступность к GPS в интервале времени вплоть до 48 часов.

5.2.3 WAAS NOTAM и Аэронавигационная информационная система

Широкозонная дополняющая система WAAS дает возможность пилотам с помощью NAS (Национальной системы управления воздушным движением) улучшить навигационные данные. Использование WAAS зависит от рабочего состояния созвездия спутников GPS, компонентов WAAS (контрольные станции, главные станции, наземная линия передачи данных на спутник, положение геостационарных спутников и состояние системы связи), влияние ионосферы, которое не контролируется FAA. Спутниковая навигация отличается от наземных навигационных средств, поскольку влияние спутников, вышедших из строя, может быть неизвестно. Пилотам необходимо знать, где и когда система WAAS не будет использоваться. Это потребует объемной модели предупреждающей службы (SVM), которая может ретранслировать пилотам и FAA информацию о предполагаемых выходах из строя GPS на какой-то период времени для определенных областей Земли и аэродромов. Необходимо, чтобы система WAAS распределяла два типа извещений NOTAM: (1) извещение об ухудшении состояния системы (например, выход из строя спутника) и (2) алгоритмическое прогнозирование возможного влияния выхода из строя системы GPS.

Для создания прогнозируемых WAAS NOTAM извещений определяется пригодность модели WAAS-системы к обслуживанию, а также предполагаемые области выхода системы GPS из строя. Используемая в настоящее время модель обслуживания WAAS SVM была разработана в Volpe центре. Модель обслуживания SVM основана на анализе состояния спутников GPS, принимаемом от Главной станции управления GPS в формате NOTAM извещений Федерального авиационного управления (FAA); данные альманаха GPS от приемника GPS с резервной станцией базы BBC в Schriever; информации о местоположении для аэропортов с зональной навигацией (RNAV) и GPS из перечня, представленного Федеральным авиационным управлением FAA в Стандартах авиационных систем, которые в Volpe центре преобразуются в базу данных.

Эта модель SVM обеспечивает пригодность WAAS-системы для различных районов в течение 24-часов. Эти данные обрабатываются на интервале 1 мин. для 30-часового прогнозируемого окна. Любые прогнозируемые сбои системы форматируются в NOTAM извещения и используют следующие критерии:

1. NOTAM извещения, основанные на координатах опорной

- станции в районе аэропорта.
2. NOTAM извещения о сбоях системы, получаемые за 1 минуту.
 3. NOTAM извещения выдаются в течении, как минимум, 15 минут, невзирая на продолжительность сбоя системы.
 - a. Три минуты прибавляются к времени начала сбоя системы.
 - b. Три минуты добавляются к моменту окончания сбоя системы.
 4. Сбои системы, основанные на ограничении при ошибках по вертикали более 50 м или по горизонтали более 40 м.
 5. Сбои, разделенные по времени меньше 15 минут, комбинируются в одиночный сбой системы.

Сбои основаны на недоступности WAAS службы для LNAV (навигации по отклонению от заданного маршрута), для LNAV/VNAV (навигации по отклонению от заданного маршрута и ошибок по высоте), для LPV (средств вертикального наведения) при заходе на посадку. Система разработана таким образом, что информацией о сбоях обеспечивается проведение операций на маршруте. В случае недоступности WAAS службы, этот алгоритм возвращается к определению пригодности горизонтального наведения на основе TSO C145/146 RAIM) с помощью системы FDE (обнаружения ошибок и их устранения) и определение селективной доступности (SA).

Извещения NOTAM для определенного аэродрома посылаются на станцию обслуживания полетов FSS. Эти извещения преобразуются в формат для внутренних (США) извещений NOTAM. Для того, чтобы показать, что NOTAM информация является недоступной, аэродромы, которые определены как имеющие недостаточно высокую доступность, т.е. 98%, или среднее значение сбоев составляет один сбой в день или за несколько дней, обозначаются как «inverse W» (W). К таким аэропортам при планировании полетов применяются определенные ограничения.

Функция создания WAAS NOTAM извещений принадлежит комплексу для проведения военных операций при Федеральном авиационном управлении (FAA MILOPS). Система WAAS NOTAM определяет сбои, отформатированные как NOTAM извещения, от модели службы WAAS (WAAS SVM), далее производит разбор текста извещения для определения станции обслуживания полетов FSS, ответственной за данные местоположения, и затем передает этот текст как сообщение Сервиса В на автоматическую станцию обслуживания полетов (AFSS). Специалисты станции обслуживания полетов изучают этот NOTAM текст и передают его на американскую систему NOTAM (USNS) для обработки. После обработки система USNS посылает ответ назад на первоначальную станцию обслуживания полетов FSS с номером USNS NOTAM.

Для каждой такой процедуры прогнозируемые сбои основываются на состоянии взлетно-посадочных полос аэропорта. Выражение «НЕНАДЕЖНЫЙ» используется в сочетании с GPS и извещением WAAS NOTAM, как инструкция пилотам, демонстрирующая тот факт, что ожидаемый уровень WAAS обслуживания (LNAV, LNAV/VNAV, LPV) не может быть

пригоден. НЕНАДЕЖНЫЕ NOTAM извещения являются предсказуемыми и выпускаются для планирования полетов. На начальном этапе захода на посадку на те участки, где NOTAM извещения оповещают, что служба WAAS НЕНАДЕЖНА, если WAAS авионика показывает доступность навигации по отклонению от заданного маршрута и вертикальной навигации LNAV/VNAV, или навигации с помощью средств вертикального наведения LPV, то с использованием такого вертикального наведения можно завершить заход на посадку, применяя дисплейный уровень обслуживания. Если сбой происходит во время захода на посадку, то возвращение к навигации по отклонению от заданного маршрута LNAV может быть необходимым. НЕДОСТУПНЫЕ NOTAM извещения широкозонной системы WAAS свидетельствуют о выходе из строя или неисправности системы WAAS.

Система WAAS NOTAM в настоящее время рассматривается с точки зрения ее улучшений и изменений, которые автоматизируют этот процесс и при изменении состояния системы более своевременно будут обеспечивать пользователей точными обновленными данными.

5.2.4 Морские информационные системы

Береговая охрана США обеспечивает защищенную передачу данных в прибрежном районе с помощью морских радиостанций УКВ диапазона с симплексным каналом 22А и передачу текстов NAVTEXT с помощью системы глобальных морских бедствий и безопасности (GMDSS) NAVTEXT на частоте 518 кГц.

Навигационное предупреждение

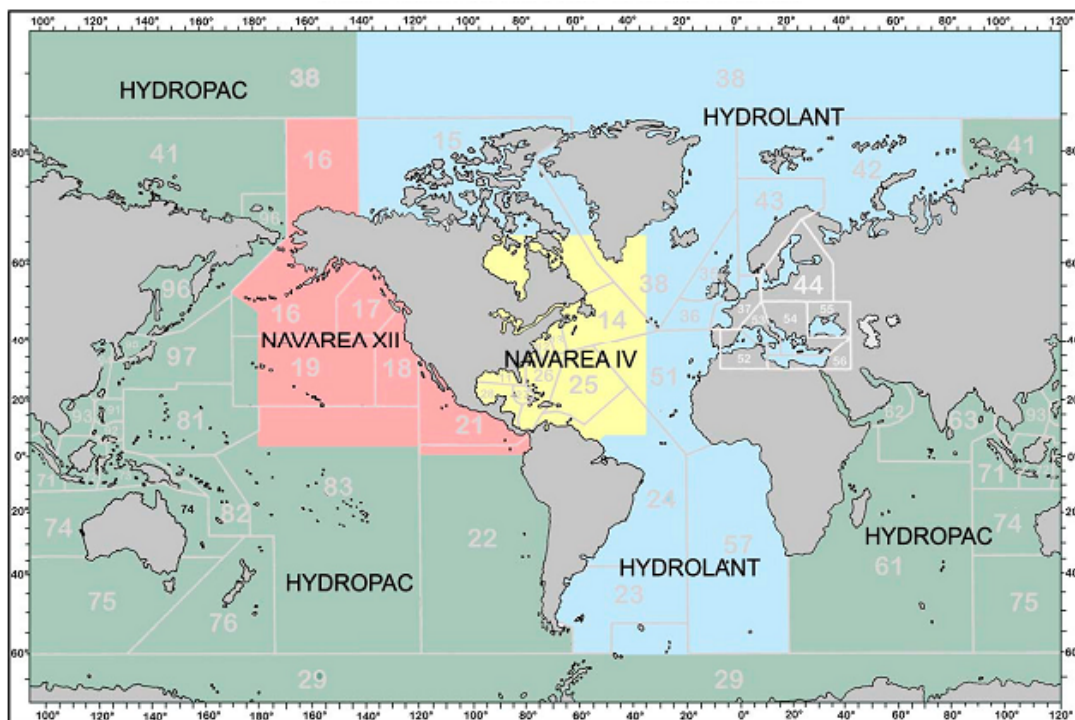


Рис.5-4 NGA морская широкоэвещательная система предупреждения , охватывающие районы NAVAREA IV и XII

Управление по глобальной навигации национального агентства геокосмической разведки (NGA) является районным координатором для обеспечения морских навигационных предупреждений для двух из 16 навигационных районов NAVAREA (зоны в Международной гидрографической организации (ИГО) и ИМО, установленные Всемирной навигационной службой предупреждения), перекрывающих Северную Америку, см. рис.5-4. NAVAREA координаторы накапливают информацию с прибрежных стран внутри каждого навигационного района NAVAREA и распространяют информацию, которая включает в себя сбои или изменения, касающиеся основных навигационных средств, включая GPS; вновь обнаруженные крушения, препятствия или природные опасности; военные операции; поисково-спасательные операции; проведение учений в открытом море; научных исследований и других направлений деятельности. NAVAREA сообщения направляются на один из 4-х спутников Inmarsat-C, в зависимости от района перекрытия океана, см. рис.5-5. Все торговые суда водоизмещением свыше 300 английских тонн (=1016,06 кг) необходимо оснастить приемопередатчиком Inmarsat-C. Такой приемопередатчик имеет встроенный GPS приемник, который служит для автоматического определения навигационного района NAVAREA, где эти суда могут получать соответствующие сообщения. Он является частью системы GMDSS (глобальных морских бедствий и безопасности) и обеспечивает перекрытие прибрежных районов, которое превышает береговое вещание, или перекрытие, при котором береговая станция становится нерабочей, например, как это случилось во время урагана Катрина. Национальное агентство геокосмической разведки (NGA) обеспечивает глобальную службу вещания с помощью создания сообщений HYDROLANT и HYDROPAC, направляемых на ВМС США и суда, включенные в международную сеть навигации.

Всемирная навигационная служба предупреждений Широковещательная служба навигационных районов NAVAREA

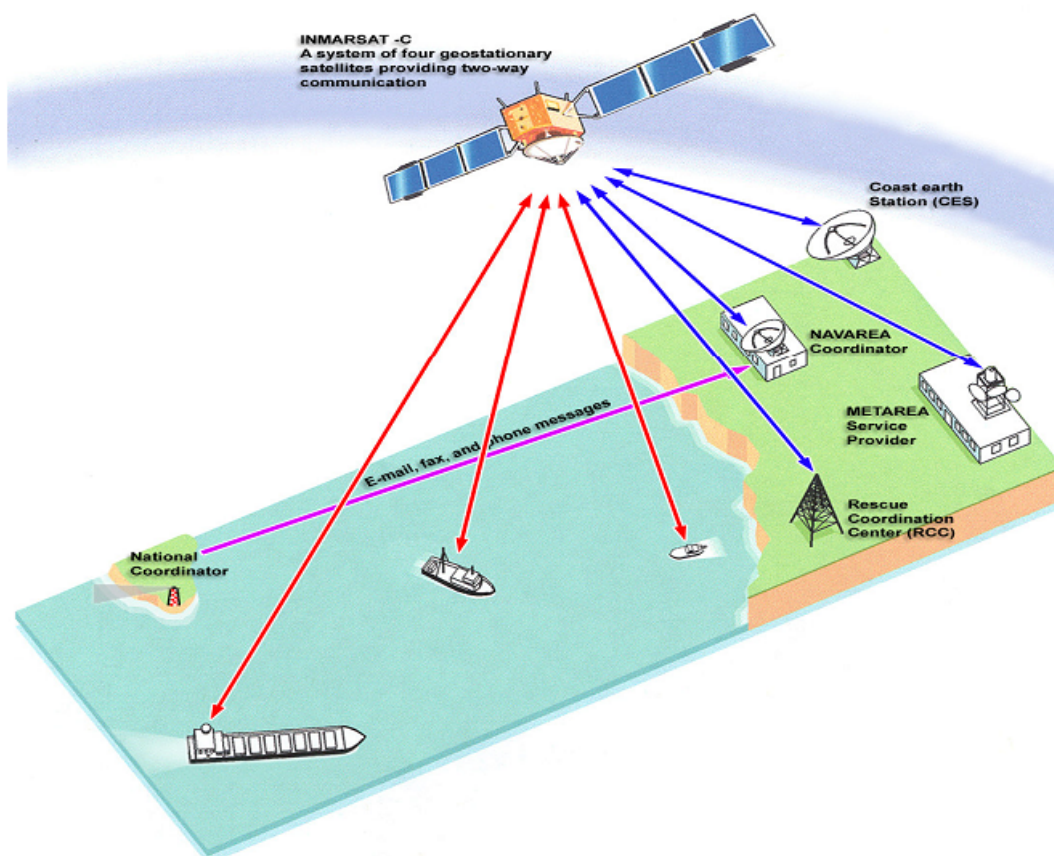


Рис.5-5 ИНО/ИМО Всемирная навигационная служба предупреждения, NAVAREA –широковещательная служба

Управление по глобальной навигации национального агентства геокосмической разведки (NGA) обеспечивает в режиме онлайн замечания для мореплавателей, в которые входят и замечания о выходе из строя GPS. Национальное агентство по геокосмической разведке NGA также предоставляет инструкцию для морских навигаторов «Использование морских карт с помощью GPS».

5.3 NASA GPS данные и службы для космических пользователей

5.3.1 Международная служба GNSS (IGS)

Международная служба GNSS (IGS), которая ранее называлась Международная служба GPS, была официально создана в 1993 году Международной геодезической ассоциацией. Свою работу она начала 1 января 1994 года. Она известна как международная научная служба, которая придерживается политики открытых данных и равноправного доступа. НАСА финансирует Центральное Бюро Глобальной навигационной спутниковой системы (IGS), которое находится в Лаборатории реактивного движения (Jet Propulsion Laboratory (JPL)), и глобальный информационный центр, расположенный в Центре космических полетов им. Годдарда. За более чем 10-летнюю деятельность служба IGS превратилась в координационную сеть, в состав которой входят свыше 350 станций слежения, принадлежащих 200 организациям из 80 стран. Среди сотрудничающих организаций и агентств США можно отметить NOAA's NGS (Национальная геодезическая служба Национального управления по исследованию океана и атмосферы), USNO (Обсерватория ВМС США), NGA (Национальное агентство геокосмической разведки), и NSF (Национальный научный фонд). Назначение этой службы состоит в обеспечении высококачественных данных и измерений, используемых в качестве стандарта для Глобальной навигационной спутниковой системы GNSS для поддержания научных исследований в области землеведения, междотраслевых научных приложений и образования, а также других применений, приносящих пользу обществу. Около 100 станций IGS делают сообщения с задержкой не более 1 часа. Эту и другую информацию можно получить на Интернет-сайте IGS по адресу: <http://igsb.jpl.nasa.gov>.

5.3.2 Космические средства определения дальности (SBR) и метрическое слежение с помощью GPS (GPS MT)

Технологии космической навигации, GPS и космического определения дальности (SBR) обеспечивают безопасность и являются ключевыми компонентами следующего поколения архитектуры запуска и измерения дальности, которая разрабатывается НАСА при участии МО и ФУГА. Базируемый в космосе дальномер может обеспечить создание более экономичной инфраструктуры безопасности запуска и измерения дальности, в то время как дополнительная универсальность, безопасность и эксплуатационные свойства дальномера позволяют лучше подготовить более разнообразные и распределенные космические операции в будущем. В ноябре 2006 года был подписан Меморандум для GPS-MT к 1 января 2011 года для всех запусков ракет минобороны, НАСА и коммерческих пусков, осуществляемых на восточных и западных базах. Выполняются также пилотные проекты с использованием отслеживания на базе системы GPS с

помощью спутниковой системы слежения и ретрансляции данных (TDRSS) как основного средства для отслеживания полетов ракет-носителей. Ожидается, что в будущем ракеты-носители многоразового использования (RLV) станут смешанным авиационно-космическим транспортом.

5.3.3 Глобальная дифференциальная GPS и дополнительная служба TDRSS для спутников (TASS)

Глобальная дифференциальная система GPS (GDGPS) является высокоточной системой дополнения GPS, разработанной Лабораторией реактивного движения - Caltech's Jet Propulsion Laboratory (JPL) для обеспечения позиционирования, синхронизации и определения орбитальных координат в реальном времени для научных задач, выполняемых НАСА. Сеть Глобальной дифференциальной GPS состоит из 100 двухчастотных, опорных станций GPS, эксплуатируемых с 2000 года. Результаты этой службы, получаемые в реальном времени, также используются для оценивания ситуаций GPS, мониторинга природных бедствий, геопространственное определение местоположения чрезвычайных ситуаций (E911), а также других применений гражданского и военного назначения. Планы НАСА на будущее включают разработку спутников дополнительных служб сети спутников-ретрансляторов, для распространения сообщений о дифференциальной коррекции в реальном времени GDGPS на спутники Земли и для обеспечения возможности точного автономного определения орбиты, выполнения обработки результатов научных исследований и планирования операций на орбите Земли. Сигнал системы TASS будет передаваться в S-диапазоне с принадлежащих НАСА спутников TDRSS. Он также обеспечит сигнал дальности, синхронизованный с GPS. С 2006 года продолжается демонстрация TASS сигнала для передачи данных космическому пользователю.

5.4 Будущее – Построение национальной структуры местоопределения, навигации и синхронизации (МНС)

Поскольку радионавигационная система, подобная GPS, будет оставаться краеугольным камнем архитектуры национального МНС, будущие и текущие возможности системы требуют инновационного мышления. Для того чтобы полностью понять возможности системы и определить направление для достижения эффективных решений, межведомственной группой, спонсируемой МО (зам. МО по информационной инфраструктуре) и минтранспорта (МТ) (Управлением по исследованиям и инновационным технологиям), было предпринято изучение структуры предприятий для национальной системы МНС. Этой группой были выработаны рекомендации, которые в июне 2008 года были приняты руководством МО и МТ. Эта исследовательская группа определила следующие вопросы, которые вызывают наибольшее беспокойство:

- гарантированное позиционирование, навигация и синхронизация (МНС) в реальном времени в физически затрудненных условиях окружающей

среды;

- гарантированное позиционирование, навигация и синхронизация (МНС) в реальном времени при распространении электромагнитных волн в нестабильной окружающей среде, т.е. в условиях естественных и преднамеренных помех;

- повышение точности с заданной целостностью (особенно для будущих скоростных автодорог и железнодорожного применения);

- своевременное подтверждение (в некоторых ситуациях не более 1 сек), в случае, если происходит снижение или искажение МНС информации, особенно для случаев связанных с безопасностью жизнедеятельности или для того, чтобы избежать дополнительных разрушений;

- определение пространственного положения на большой высоте и ориентации для обеспечения высокоточной информацией о положении и ориентации;

- своевременный доступ пользователя к геопространственной информации для успешного проведения навигации;

- определение влияния окружающей среды, возможность моделирования МНС в сложных условиях окружающей среды; возможности своевременного моделирования и способность прогнозирования воздействий в городских условиях.

Решение этих вопросов создаст существенные проблемы для МНС сообщества и навигационных систем правительства США. Путь, предлагаемый данной группой по изучению архитектуры системы, включает видение правительственных служб МНС и стратегию, поддержанную 4-мя направлениями и рядом рекомендаций.

5.4.1 Лидерство США в глобальной системе МНС

Видение архитектуры национального МНС для «Лидерства США в глобальной системе МНС» основано на фундаменте, определяемом политикой Национальной системы МНС космического базирования. США могут лидировать путем эффективной разработки и эксплуатации способностей МНС, не используя при этом ненужных правительственных служб, которые определены ответственными правительственными ведомствами как отвечающие их требованиям. Добавим, что США следует установить и поддерживать стабильный курс, создавая внутреннее и международное доверие для коммерческого сектора при инновациях и усовершенствованиях системы МНС на конкурсной основе. Более того, ведомствам правительства США следует обеспечивать возможности МНС координированным способом, распределять информацию и представлять в более унифицированном виде данные путем поддержки внутриведомственной кооперации в масштабе всей системы МНС.

5.4.2 Стратегия – приведение к общему знаменателю

Архитектура национального МНС стремится к выполнению архитектурного видения путем продвижения стратегии «Greater Common Denominator». В данной архитектуре пользователи преимущественно зависят от внешнего источника информации МНС, подобно радионавигации, где увеличенные возможности отвечают требованиям расширенного сектора обычного пользователя. В этом смысле модернизация Глобальной навигационной спутниковой системы США является важным моментом с точки зрения существенного увеличения возможностей в глобальном масштабе для неограниченного количества пользователей.

В дополнение к пользователям, зависящим от внешних источников информации, данная архитектура сфокусирована на широком выборе таких автономных параметров (как, например, габариты, вес, мощность и стоимость), которые превосходят физический и электромагнитный импедансы. В данной архитектуре допускается также существование особых решений, при которых либо неэффективно, либо неуместно обеспечивать требуемой способностью, также обеспечивать устойчивость в некоторых применениях, или для того, чтобы отвечать регулярно по обязательствам перед агентствами. И наконец, США необходимо балансировать в сохранении преимуществ национальной безопасности в свете обеспечения увеличенных способностей на общественном уровне.

5.4.3 Вектор – многочисленные факторы (явления)

Архитектура национальной МНС использует множественные явления для обеспечения устойчивой доступности и используя пробелы для работы в условиях искажения физической и электромагнитной среды. «Множественные явления» относятся к разным явлениям, таким как радиочастоты и инерциальные датчики, а также различные источники и пути передачи данных, используя физические явления (например, множественные радиочастоты) для обеспечения взаимозаменяемых решений для пользователя. Multiple phenomenologies Vector (Вектор множественных явлений) включает вопросы, относящиеся к стандартам, критерию использования (особенно в том случае, когда используются источники зарубежной информации), а также смешанные источники информации: наземного, воздушного, космического базирования, а также внутренние источники информации для принятия единого решения.

5.4.4 Вектор – взаимозаменяемые решения

Для увеличения эффективности и использования разнообразных источников информации в Архитектуре национальной МНС применяется принцип взаимозаменяемости решений. Взаимозаменяемые решения обладают

степенью совместимости и взаимодействия, что позволяет комбинировать различные источники для получения наилучшего решения МНС.

В соответствии с внутренней политикой США способствуют продвижению принципов взаимозаменяемости и принятию его потребителем с помощью усовершенствования целей и объектов в области политики МНС и путем вхождения и лидерства США в международных форумах.

5.4.5 Вектор – Слияние МНС с системами связи

Архитектура национальной МНС способствует увеличению соединений пользователей с системами связи, применяемых в качестве источника МНС, не только как каналы передачи данных для усиления МНС и дополнительной информации. Это направление способствует слиянию МНС характеристик с новыми и эволюционными возможностями систем связи, что приводит к увеличению устойчивости за счет обслуживания пользователей в диапазоне частот, находящихся вне пределов традиционного радионавигационного спектра.

5.4.6 Вектор – Совместные организационные структуры

Архитектура национальной МНС способствует процессу координации, который строится на основе существующих организаций для содействия кооперации и разделения информации. Такая координация является важной как для рассмотрения, так и для оценивания прогресса по отношению к целям данной архитектуры, а также для рассмотрения и оценивания вклада данной архитектуры в национальные цели и интересы, представленные в политике Президента и в законодательстве. Данное направление также содействует определению и подъему Центров высшего мастерства для явлений и применений в пределах данного сообщества.

5.4.7 Дальние перспективы для МНС

Принципы руководства архитектуры национальной МНС направлены на обеспечение более эффективных возможностей МНС с помощью эволюции систем, поддерживаемых правительством, и служб до 2025 года. Эта архитектура, на уровне предпринимательства, поможет руководить будущими системами МНС и осуществлять выполнение решений, признавая важность отвечать требованиям пользователя. Будущее планирование перехода и выполнения при соответствующих вложениях, даст возможность эволюционизировать архитектуру системы до 2025 года.

Геодезические исходные данные и системы отсчета

А.1 Исходные данные

По общему определению, исходные данные – это количественная величина или набор количественных величин, которые могут служить основой для вычисления других количественных величин. Такое широкое определение ведет в свою очередь к двум определениям геодезических исходных характеристик:

- геодезические исходные данные – это набор постоянных величин, определяющих данную систему координат, используемую для геодезического контроля;

- геодезические исходные данные – это то, что определено выше, вместе с системой координат, набором всех точек и линий, координаты, длины и направления которых были определены путем измерений и вычислений.

Под первым определением понимаются, например, характеристики эллипсоида, и связанных с ним начала координат и ориентацией его осей. Под вторым определением, которое преобладает в картографировании на суше и на море, понимается характеристика эллипсоида, и связанного с ним начала координат и ориентацией его осей, в сочетании с наблюдаемыми опорными координатами. Первое определение воспроизводит идеальный вариант геодезических исходных данных, тогда как второе определение отражает реальные геодезические исходные данные.

Перед появлением искусственных спутников геодезическое положение при наблюдении определялось раздельно: либо горизонтально в двух измерениях: по широте и долготе, либо вертикально в 3-ем измерении: по высоте и глубине.

Горизонтальные исходные данные определялись с помощью опорного эллипсоида и 6-ти топоцентрических параметров, которые выражали начало отсчета и ориентацию. Пример – геодезические исходные данные для Северной Америки 1927 (NAD 27) Из-за ограничений и требований того времени, горизонтальные исходные данные, по определению, не являлись геоцентрическими.

Вертикальные исходные данные выражаются в форме ортометрической высоты. Их можно было разбить на две группы: те, которые определялись по среднему уровню моря (MSL), и другие, основанные на поверхностях, связанных с приливно-отливным движением океана, усредненной высоты или глубины воды. Примером первой группы являются геодезические исходные данные по вертикали для Северной Америки 1988 (NAVD 88), примером второй группы служит Среднее значение ниже уровня воды (MLLW). Вертикальные исходные данные зависят от двух элементов, аппроксимации или реализации Среднего уровня моря, и аппроксимации или реализации

ортометрической высоты. Например, NAVD 88, основанный на измерении угла места в Point Rimouski (Father's Point), использует ортометрические высоты Хельмерта в качестве аппроксимации истинных ортометрических высот. Наоборот, в национальных геодезических исходных данных по вертикали (NGVD 29) был закреплен набор опорных мер, связанных с приливно-отливным движением океана, без поправок для локальных водных поверхностей, расположенных на разной долготе. В этих исходных данных (NGVD 29) использовались обычные ортометрические высоты в качестве аппроксимации истинных ортометрических высот.

Трехмерные исходные данные определяются с помощью опорного эллипсоида и 6-ти геоцентрических параметров, которые выражают начало отсчета и ориентацию. В отличие от горизонтальных исходных данных, трехмерные исходные данные обеспечивают основу для точного определения эллипсоидных высот. Примером трехмерных исходных данных является NAD 1983 (NAD 83) и WGS 1984 (Всемирная геодезическая система WGS 84).

NAD 83 была утверждена как официальная система горизонтальных исходных данных для США в Федеральном реестре (V.54, No.113 p. 25318) от 14 июня 1989г.

NAVD 88 была утверждена как официальная система вертикальных исходных данных для США в Федеральном реестре (V.58, No.120 p. 34325) от 24 июня 1993г.

А.2 Геодезическая система отсчета

Используя орбиту спутника вокруг Земли, определение геодезического местоположения становится трехмерным, либо в прямоугольных координатах (X,Y,Z), либо преобразованное в геодезические координаты (широта, долгота, эллипсоидная высота) с помощью эллипсоида с центром Земли. С применением такого метода стало возможным определять местоположение с высокой точностью в прямоугольной опорной сети без характеристик эллипсоида. Примером такой опорной сети является международная земная опорная геодезическая сеть (ITRF 97). Геодезическая система отсчета представляет собой комбинацию опорной сети и эллипсоида. Как было замечено выше, геодезическая система отсчета является синонимом трехмерных исходных данных. Примерами геодезической системы отсчета являются NAD 83 и WGS 84.

Данная геодезическая система отсчета, применяемая нерасширенной GPS, является *Всемирной геодезической системой MO 1984, ее определением и отношениями с локальными геодезическими системами* (Ссылка 11). Подробное описание данных моделей, их параметры и неопределенности, а также отношения с другими системами представлены в ссылке. Самая последняя опорная сеть WGS 84 и ITRF 94 согласованы друг с другом с

точностью менее 5 см. Сеть NAD 83 отличается от сети WGS 84 и ITRF 94 на величину более 2 м.

Геодезической системой отсчета, используемой с помощью развертывания систем, дополняющих GPS, является NAD 83. Дополняющие системы MDGPS (служба ВМС дифференциальных GPS) и NDGPS (национальная служба по дифференциальному глобальному позиционированию) описаны в разделе 5.1.3.1. Поправки, определяемые дополняющими GPS системами, вносятся в NAD 83, давая возможность приемникам дифференциальной GPS (DGPS) легко получать координаты в системе NAD 83. Система национальных базовых станций непрерывного действия (CORS), описанная в разделе 5.1.3.5, включает в себя координатную базу данных как в геодезической опорной системе NAD 83, так и в опорной сети ITRF 2000 (ITRF 00) в сочетании с эллипсоидом Геодезической системы отсчета 1980 (GRS 80).

А.3 Геоид

Геоид – это особая равнопотенциальная поверхность, определяемая в гравитационном поле Земли, которая лучше всего подходит, в смысле наименьших квадратов, среднему значению уровня моря по всему земному шару. Следует отметить, что из-за влияния таких факторов, как атмосферное давление, температура, преобладающие ветра и потоки, а также изменения солёности воды, среднее значение уровня моря (MSL) будет отличаться от равнотенциальной поверхности на 1 м и более.

Геоид – это сложная, физическая поверхность, которая может меняться по высоте от геоцентрического эллипсоида вплоть до 100 м, при этом ее девиация от MLS редко достигает 2 м. Многие национальные региональные исходные данные по вертикали связаны с локальным средним значением уровня моря (LMSL), которое может значительно отличаться от глобального среднего значения уровня моря (MSL) из-за локальных эффектов, таких как спуска воды в реках и чрезвычайных береговых явлений, связанных с морскими приливами и отливами. Таким образом, национальные и региональные вертикальные исходные данные по всему миру, которые связаны с LMSL, будут значительно отличаться один от другого, если будем рассматривать их на глобальном уровне. Добавим, что благодаря реализации и аппроксимации ортометрической высоты для различных вертикальных исходных данных, другие отклонения, как было найдено, были на уровне метра и более при сравнении углов места с глобальным геоидным эталоном.

Для США была разработана модель геоида GEOID03, которая непосредственно соотносит высоты эллипсоида из трехмерных исходных данных NAD 83 с вертикальными исходными данными NAVD 88. Сравнение с высотами эллипсоида GPS по отметкам высоты показывает, что такое преобразование, в общем случае, может быть выполнено в смежных штатах Америки; оно составляет около 2,5 см (1 σ).

На глобальном уровне, для создания улучшенного глобального геоида была разработана модель гравитации Земли 1996 (EGM96). Геоид WGS 84 (EGM96) является точным, и составляет менее 1 м в областях, в которых измерялась гравитация.

А.4 Карты суши

Как обсуждалось ранее, исходные данные NAD 83 и NAVD 88 были согласованы с Конгрессом как исходные данные для США. В зависимости от масштаба картографирования и расположения контурных интервалов более старые NAD 27 и NGVD 29 исходные данные могут быть достаточными для представления Стандарта точности национальных пространственных исходных данных. За исключением самых больших масштабов карт, горизонтальные составляющие WGS 84 и NAD 83 эквивалентны. Используется трансформация исходных данных, относящихся к NAD 27 и NAD 83.

А.5 Морские карты

Как обсуждалось ранее, исходные данные NAD 83 и NAVD 88 были согласованы с Конгрессом как исходные данные для США. В глобальном масштабе Международной гидрографической организацией (ИНО) указано использование WGS 84 в качестве универсальных исходных данных. После этого горизонтальные характеристики основывались на исходных данных WGS 84 или в других совместимых геодезических системах отсчета, таких как NAD 83.

Все вертикальные характеристики и глубины также определяются относительно приливо-отливных поверхностей, которые могут отличаться для разных карт. Международная гидрографическая организация имеет согласование с самым низким и с максимальным приливо-отливным движением воды, используя их в качестве исходных данных для морского картографирования.

А.6 Аэронавигационные карты.

Как обсуждалось ранее, исходные данные NAD 83 и NAVD 88 были согласованы с Конгрессом как исходные данные для США. В глобальном масштабе ИКАО (Международная организация гражданской авиации) указано использование WGS 84 в качестве универсальных исходных данных. С тех пор горизонтальные характеристики основывались на исходных данных WGS 84 или в других совместимых геодезических системах отсчета, таких как NAD 83 или ITRF (Международная земная опорная геодезическая сеть) в комбинации с эллипсоидом GRS 80.

Все вертикальные характеристики и углы места также вычисляются относительно локальных исходных данных по вертикали, которые могут

отличаться на 1 метр и более от глобальной геоидной опорной системы (например, геоид WGS 84 (EGM96)).

А.7 Точности карт и диаграмм

При сравнении координат местоположения, полученных с помощью GPS, с координатами, полученными из карт или диаграмм, становится важным понимание факторов, влияющих на точность карт и диаграмм.

Ряд факторов непосредственно влияют на масштаб карт. Изготовление карт или диаграмм требует применения определенных стандартов, используемых в процессе изготовления карт. Ошибки при изготовлении оцениваются относительно сетки данной карты. Поэтому данная оценка представляет собой скорее относительную точность одиночного признака, а не относительную точность от признака к признаку. Это – «установленная точность карты или диаграммы». Другим фактором является символическое изображение признаков. Это дает ошибку в определении местоположения из-за физических характеристик, таких как, например, какое расстояние воспроизводится шириной линии, символизирующей признак. Другими словами, какой размер наименьшего объекта, который может точно соответствовать масштабу и координатам на карте или диаграмме. Также ограничивающим фактором, влияющим на точность, является неспособность карты или диаграммы пользователя точно передавать масштаб координат на карте или диаграмме, которые задаются сеткой или вычерчивают местоположение. С переходом к электронным картам неточностями, связанными с нанесением картографом вручную, можно пренебречь.

Картографическое представление также является источником ошибок. При попытке изобразить на карте или диаграмме два или более существенных признака очень близко друг от друга, картограф для лучшего представления или ясности может отобразить один признак слабо.

Ошибки основных данных для признаков, отображенных на карте, будут также влиять на точность. Например, некоторые рискованные ситуации на морских картах не всегда точно изучены, а, следовательно, неправильно позиционированы на данной карте.

В качестве предупреждения можно отметить, что эти карты были произведены при использовании разнообразных исходных данных. Координаты точки при одних исходных данных необязательно будут согласованы с координатами той же точки при других исходных данных. В результате, пренебрегая сдвигом исходных данных и не применяя соответствующее преобразование, можно получить существенную ошибку. Это применяется как в случае сравнения координат точки на двух различных картах, так и в случае сравнения координат точки, полученной с помощью GPS приемника, с координатами той же точки, полученной на карте.

Параметры системы и описания

В.1 Параметры системы

Системы, описанные в разделе В.2, определяются в виде параметров системы, которая определяется использованием и ограничениями пространственного сигнала отдельной навигационной системы. Это следующие параметры:

- характеристики сигнала, частота выдачи параметров
- точность, надежность
- доступность (пригодность), спектр сигнала
- покрытие (зона действия)
- размерность информации
- способности системы
- неопределенность
- целостность.

В.1.1 Характеристики сигнала

Пространственный сигнал характеризуется уровнем мощности, частотой, форматом сигнала, скоростью передачи данных, и другой информацией, существенной для полного определения средств, с помощью которых потребитель может получить навигационную информацию.

В. 1.2 Точность измерения параметров

В навигации, точность оцененного или измеренного значения координат платформы (движущееся средство, самолет или судно) в данный момент времени является степенью совпадения этих координат с истинным положением платформы в данный момент времени. Поскольку точность является статистической мерой качества работы системы, формулировка точности навигационной системы является бессмысленной до тех пор, пока она не включает формулировку неопределенности в определение местоположения, к которому она относится.

Статистическая мера точности

Ошибки навигационной системы определяются, главным образом, распределением известных ошибок. Таким образом, неопределенность в определении местоположения может быть выражена как вероятность того, что эта ошибка не превысит определенную величину. Полная обработка ошибок усложняется с учетом того, что эта общая ошибка включает в себя ошибки, вызванные нестабильностью передаваемого сигнала, погодными условиями, и другими физическими факторами среды распространения, ошибками приемных устройств, и ошибками, вводимыми пользователем. При определении или описании точности системы, обычно исключаются ошибки, вызванные человеческим фактором. В дальнейшем возникают осложнения за счет того,

что некоторые навигационные системы являются одномерными, в то время, как другие системы обеспечивают измерения двух или трехмерных координат местоположения.

При определении одномерной точности, или когда необходимо определять требования в ортогональных осях (например, продольные или поперечные отклонения) может быть использован 95% - доверительный уровень. Вертикальная или азимутальная точности могут определяться в одномерном виде, как 95% - доверительный уровень.

При оценке точности по двум координатам радиальная ошибка определяется как среднеквадратичное значение отклонения от истинного местоположения точки при совокупности измерений. Известно, что сначала определяют произвольно ориентированный набор ортогональных осей с началом координат в точке истинного местоположения. Затем определяют отклонения по каждой оси, суммируют и вычисляют квадратный корень. Если распределение ошибок эллиптическое, как часто бывает для стационарных наземных систем, то эти оси можно принять в качестве большой и малой осей эллипса ошибок. Тогда доверительный уровень будет зависеть от величины большой оси эллипса ошибок. Как только эллипс стягивается в линию, то доверительный уровень измерений по уровню 2σ достигает 95%; когда эллипс ошибок становится круглым, доверительный уровень достигает значения 98%. Ошибки определения координат с помощью GPS по уровню 2σ будут иметь вероятность 95 %.

В последних публикациях Службы стандартного местоопределения GPS (SPS GPS) и Стандартов качества работы службы точного местоопределения (PPS) МО изменила свои требования по горизонтальной точности до 2σ или 95%. Ранее, МО определяло горизонтальную точность в виде вероятности круговой ошибки CEP (CEP - радиус окружности, содержащей 50% всех возможных измерений). Для федеральных радионавигационных систем преобразование вероятности круговой ошибки CEP в 2σ осуществляется с помощью множителя 2,5.

Типы точности

Точность радионавигационной системы обычно относится к одному или нескольким определениям:

- Предсказуемая точность: - Точность положения, определенного радионавигационной системой относительно положения, определенного по карте. Оба решения - позиционное и по карте - должны быть основаны на тех же самых геодезических данных.
- Повторяемая точность - Точность, с которой пользователь может вернуться в положение, координаты которого были измерены ранее с помощью той же самой навигационной системы.
- Относительная точность - Точность, с которой пользователь может измерить свое положение относительно другого пользователя той же самой навигационной системы в то же самое время.

В.1.3 Доступность

Доступность навигационной системы есть процентная доля времени, когда можно пользоваться службами этой системы. Доступность является показателем способности системы обеспечить обслуживание потребителей в указанной зоне покрытия. Готовность (доступность) сигнала – это процентная доля времени, в которое навигационные сигналы, передаваемые от внешнего информационного источника, будут пригодны для использования. Готовность (доступность) - это функция как физических характеристик окружающей среды, так и технических способностей передающей аппаратуры.

В.1.4 Покрытие (зона действия)

Зона покрытия, обеспечиваемая радионавигационной системой, - это такая площадь по поверхности или такой объем в пространстве, в которых сигналы имеют достаточную интенсивность, чтобы пользователь мог определить положение с указанным уровнем точности. Покрытие зависит от геометрии системы, уровней мощности сигналов, чувствительности приемника, состояния атмосферных шумов и других факторов, которые влияют на доступность сигнала.

В.1.5 Надежность

Надежность навигационной системы является функцией частоты, с которой происходит сбой внутри системы. Она является вероятностью того, что система будет выполнять свои функции в течение указанного периода времени при данных условиях. Формально, надежность определяется периодом времени до первого отказа с вероятностью, не менее заданной.

В.1.6 Частота выдачи параметров

Частота выдачи параметров при выполнении измерений определяется количеством независимых измерений, проводимых с помощью данной системы в единицу времени.

В.1.7 Размерность измерений

Эта характеристика определяет, будет ли данная навигационная система обеспечивать одномерное определение местоположения, или двух- или трехмерное определение местоположения. Сюда относится и способность системы получать четвертое измерение (например, время) из данного навигационного сигнала.

В.1.8 Функциональные возможности системы

Способность системы определяется количеством потребителей, которые она может обслуживать одновременно.

В.1.9 Неоднозначность

Неоднозначность существует в том случае, когда данная навигационная система идентифицирует два или более возможных положений движущегося средства с помощью одних и тех же измерений и когда нет идентификации самого близкого к истинному положения.

В.1.10 Целостность

Целостность – это мера доверия, которая может быть отнесена к правильности информации, обеспечиваемой навигационной системой. В целостность входит возможность данной системы своевременно обеспечивать предупреждения о том, когда данная система не может быть использована для навигации.

В.2 Описание системы

В данном разделе представлены характеристики тех отдельных радионавигационных систем, которые используются в настоящее время или находятся в стадии разработки. Эти системы описаны в параметрах, ранее определенных в разделе В.1. Обсуждаются системы, используемые для гражданской навигации. Те системы, которые применяются исключительно в специальных целях МО, представлены в Базовом плане по местопределению, навигации и синхронизации главы комитета начальников штабов (CJCS MPNTP).

В.2.1 GPS

GPS, спутниковая радионавигационная система двойного назначения, принадлежащая правительству США и эксплуатируемая ВВС США. Система GPS предоставляет два уровня услуг. Служба точного местопределения (PPS) имеет ограниченный доступ, который предоставляется только вооруженным силам США, федеральным ведомствам США и некоторым вооруженным силам и правительствам союзников, а Служба стандартного местопределения (SPS) доступна для всех гражданских пользователей. Поскольку модернизация GPS продолжается с вводом новых сигналов гражданского назначения, то пропускные способности GPS становятся сопоставимыми с PPS.

GPS имеет три основных сегмента: космос, управление и пользователи. Спутниковый сегмент GPS состоит из созвездия из 24 спутников в 6 орбитальных плоскостях. Эти спутники находятся на средней околоземной орбите, около 20 200 км (10900 морских миль), при угле наклона 55 град, и 12 часовом периоде.

Комплекс управления GPS обладает сетью станций наблюдения и 4-мя

наземными антеннами с линией связи со спутниками. Эта сеть станций наблюдения использует GPS приемные устройства для пассивного слежения за всеми наблюдаемыми спутниками и получения данных о дальности из спутниковых сигналов. Для определения спутниковых «часов» и состояния орбит, а также для обновления навигационного сообщения каждого спутника информация от этих станций наблюдения обрабатывается на главной станции подсистемы наземного контроля и управления GPS (MCS). Эта обновленная информация передается на спутники с помощью наземных антенн, которые также используются для передачи и приема данных о работоспособности спутника и контрольной информации.

Сегмент пользователей GPS состоит из разнообразных конфигураций и интеграционных архитектур, которые включают в себя антенну и приемник-процессор для приема и вычисления навигационных решений, обеспечивающих пользователя информацией о координатах, скорости и точном времени.

Характеристики GPS сведены в таблицу В-1. Более подробную информацию о характеристиках службы GPS SPS (служба стандартного местоопределения GPS) можно найти в GPS SPS PS (ссылка 9).

А. Характеристики сигнала

Каждый спутник осуществляет передачу на 4 сигналах с протяженным спектром на двух частотах в L-диапазоне, L1 (1575,42 МГц) и L2 (1227,6 МГц). Несущая частота состоит из P(Y) псевдослучайного кода и C/A псевдослучайного кода; L2 несущая состоит из P(Y) псевдослучайного кода и L2C, который передает сигнал, используемый в настоящее время потребителями для снижения ионосферной ошибки потребителями сигнала L1 C/A от того же спутника. Точный код, который обозначается как P(Y), означает то, что этот псевдослучайный код может передаваться либо в незакодированном «P», либо в закодируемом «Y» виде. Псевдослучайные коды несущей на частотах L1 и L2 (используя сложение по модулю 2) синхронизированы по фазе относительно часов спутника и модулированы сообщением с навигационными данными на частоте 50 Гц. Как описано в разделе 3.2.7, модернизированные спутники будут передавать дополнительные сигналы.

Широкополосный сигнал SPS, принимаемый гражданским потребителем, имеет полосу 2,046 МГц с центральной частотой L1. Этот передаваемый широкополосный сигнал, который входит в состав GPS SPS имеет диапазон от 1563,42 до 1587,42 МГц. Минимальная мощность сигнала, принимаемого службой SPS, составляет -158,5 дБ/Вт. В данном сигнале содержится информация о спутниковых часах, об эфемеридах для передающего спутника, а также альманахах GPS созвездия, временных поправок GPS относительно UTS (всемирного координированного времени) и корректирующих параметров для компенсации ошибок, вызванных задержкой при прохождении сигнала через ионосферу. Эта информация используется в аппаратуре потребителя. Полная навигационная информация повторяется каждые 12,5 минуты. В течение этого

12,5-минутного цикла информация о спутниковых часах и эфемеридах для передаваемого спутника посылается 25 раз, т.е. эта информация будет передаваться кадрами каждые 30 сек. До тех пор, пока спутник будет передавать сведения о работоспособности бортовой аппаратуры, приемник может продолжать работать, используя эти данные, вплоть до 4-6 часов. Когда бы ни обновлялась информация о спутнике и его эфемеридах, приемник будет обновлять эти данные, как правило, каждые 2 часа.

Концептуально, определение местоположения с помощью GPS основано на взаимном пересечении 4-х отдельных векторов, у каждого из которых известно начало (отсчета) и его длина. Начало вектора для каждого спутника вычисляется на основании эфемерид спутника. Длина векторов вычисляется на основании временной задержки при распространении сигнала, как измеренная величина фазовой задержки псевдослучайного кода сигнала, передаваемого со спутника. Зная, что спутниковый сигнал распространяется со скоростью, близкой к скорости света, и, принимая во внимание задержку и корректирующие коэффициенты, связанные с распространением сигнала в ионосфере и с вращением Земли, приемник измеряет дальность между отдельным спутником и потребителем с помощью умножения измеренного времени распространения спутникового сигнала на значение скорости света.

Таблица В-1 Характеристики GPS/SPS

| Точность SPS (м), 95% Прогнозируемая | Доступность* службы | Покрывание | Надежность службы** | частота выдачи параметров | Размерность информации | Способность системы | Возможность неопределенности |
|---|------------------------|------------------------------|---|---------------------------|------------------------|---------------------|------------------------------|
| Гор. ≤ 9 Верг. ≤ 15 Время ≤ 40 нсек | 99% | Объем наземного обслуживания | 1-1x10 ⁻⁵ /час/ в пространстве | 1-20 в сек. | 3-мерная + время | неограничена | нет |

* точность и процентная доля доступности вычисляется с 24-часовым интервалом измерений. Статистические значения представлены для среднего значения местоположения в пределах глобального обслуживаемого объема. Прогнозируемая с вероятностью 95% горизонтальная ошибка может составлять значение не более 17 м, а прогнозируемая с вероятностью 95% вертикальная ошибка может составлять значение не более 37 м в наихудшем местоположении в пределах глобального обслуживаемого объема. Статистические данные по точности не содержат составляющих от одночастотной ионосферной модели, тропосферы и шума приемника. Доступные статистические данные применяются для вертикальных или горизонтальных ошибок, прогнозируемых с вероятностью 95%, для наихудшего случая определения местоположения.

** Пороговый уровень надежности превосходит в 4,42 раза верхнюю границу точности дальности пользователя (URA), соответствующую индексу «N» точности дальности пользователя (URA), которая в настоящее время

соответствует передаваемому спутнику.

В. Точность

Служба SPS имеет собой стандартно задаваемый уровень точности при определении местоположения, скорости и времени, доступной без ограничений любому потребителю на непрерывной всемирной основе. Служба SPS обеспечивает усредненную точность на глобальном уровне прогнозируемого позиционирования, равную 9 м (с вероятностью 95%) по горизонтали и 15 м (с вероятностью 95%) по вертикали, и точность передачи времени в пределах 40 нсек (с вероятностью 95%) UTC (Координированного времени). Для более детального рассмотрения см. Стандарты характеристик службы стандартного местоопределения SPS GPS (ссылка 9).

С. Доступность.

Служба стандартного местоопределения SPS обеспечивает среднее значение доступности на глобальном уровне 99%. Доступность службы базируется на ожидаемом значении горизонтальной ошибки менее 17 м (95%) и ожидаемом значении вертикальной ошибки менее 37 м (95%). Ожидаемое значение ошибки при позиционировании – это прогнозируемая статистическая величина, основанная на комбинировании геометрии разрешения местоположения и прогнозируемых ошибках дальномерного спутникового сигнала.

Д. Покрывтие (зона действия)

GPS покрывает весь земной шар. Покрывтие службы SPS GPS описывается в виде объема наземного обслуживания, который охватывает пространство от поверхности земного шара до высоты 3000 км.

Е. Надежность

Вероятность того, что дальномерная ошибка пользователя (URE) сигнала в пространстве службы SPS от передаваемого спутника не будет превышать, величину, в $\pm 4,42$ раза большую верхней границы значения точности дальности пользователя (URA), соответствующую URA индексу «N» для передаваемого спутника в настоящее время без использования своевременного сигнала тревоги, $> 1 \cdot 10^{-5}$ /час.

Ф. Частота выдачи параметров

Частота выдачи параметров, по существу, является постоянной величиной, и отвечает требованиям обработки приемного устройства, которое состоит в том, чтобы из шума восстановить сигнал с широким спектром при эффективной частоте выдачи параметров потребителю, равной от 1 до 20 раз в секунду.

Г. Размерность информации

Система GPS обеспечивает измерение местоположения по трем координатам и по времени, в том случае, если доступны 4 и более спутника, и

по двум координатам и времени в случае доступности трех спутников.

Н. Способность системы

Способность системы по обслуживанию пользователей неограниченна.

И. Неопределенность

Неопределенностей нет.

Ж. Целостность

Архитектура системы GPS характеризуется рядом особенностей: избыточным аппаратурным обеспечением, надежным программным обеспечением и строгим обучением операторов для минимизации нарушения целостности. Разрешение неожиданных аномалий целостности спутников может составлять до 6 часов. Даже наилучшее время отклика может составлять порядка нескольких минут, что недостаточно для ряда применений. Для таких применений для достижения необходимого своевременного сигнала тревоги можно использовать такие дополнительные системы как RAIM (встроенный в алгоритм приемника).

К. Спектр

GPS спутники работают на двух частотах L-диапазона: на частоте L1 – 1559-1620 МГц (диапазон аэрокосмической радионавигации и спутниковых служб), а L2 – 1215-1260 МГц. Третий планируемый гражданский сигнал L5 добавлен на частоте 1176,45 МГц в диапазоне работы аэрокосмической радионавигационной спутниковой службы - 1164-1215 МГц.

В.2.2 Дополнения к GPS

GPS может демонстрировать отличия от прогнозируемой системы, предназначенной для наземной и морской навигации, или для получения производных данных из навигационной информации. Эти отклонения могут быть вызваны аномалиями, связанными с распространением сигнала, случайными возмущениями синхронизацией сигнала и другими факторами.

Для удовлетворения требований по точности и целостности воздушных, наземных и морских пользователей GPS должна быть дополнена. Дифференциальная GPS (DGPS) является одним из методов удовлетворения этих требований.

Дифференциальная GPS (DGPS) улучшает GPS с помощью использования дифференциальных поправок к основным спутниковым измерениям. Работа дифференциальной GPS основана на точном знании географического местоположения одной или нескольких контрольно-корректирующих станций, которые используются для вычисления псевдодальностных поправок, основанных на его измерениях. Эти дифференциальные поправки затем передаются пользователю GPS, который использует данные поправки для принимаемых GPS сигналов или для вычисленных координат местоположения. Для гражданских пользователей

службы SPS дифференциальные поправки могут улучшить точность навигации до 7 м (2σ). Контрольно-корректирующая дифференциальная GPS находится в геодезически обозреваемом положении. С этого положения данная контрольно-корректирующая станция обычно отслеживает все спутники и вычисляет поправки на основе своих измерений и геодезического местоположения. Для улучшения навигационного разрешения эти поправки передаются пользователю GPS. Хорошо разработанный метод вычисления псевдодальностных поправок для каждого спутника, которые далее передаются пользователю и применяются для измерения псевдодальности пользователя перед тем, как с помощью приемного устройства вычисляется местоположение GPS, позволяет в результате получить высотное навигационное решение.

В данном методе обычно используется «всеми видимый» приемник на стационарной опорной станции, которая принимает сигналы от всех видимых спутников и измеряет псевдодальности до каждого из них. Поскольку данный спутниковый сигнал содержит информацию о спутниковых орбитах и приемник контрольно-корректирующей станции знает свое местоположение, то истинное значение дальности до каждого спутника может быть вычислено. Сравнивая значения вычисленной дальности и измеренной псевдодальности, может быть определено корректирующее выражение для каждого спутника. Эти поправки передаются и применяются для спутниковых измерений для каждого местонахождения пользователя. Данный метод предпочтителен, поскольку он обеспечивает наилучшее навигационное решение для пользователя. Этот метод применяется службой ВМС дифференциальных GPS при Береговой охране США (USCG MDGPS), Национальной сетью дифференциальной GPS (NDGPS) и дополнительной системой локальной зоны Федерального авиационного управления (LAAS FAA).

Этот вышеупомянутый метод был включен в широкозонную дополняющую систему (FAA WAAS) для GPS. В этой системе с помощью сети контрольно-измерительных станций GPS проводятся двухчастотные измерения псевдодальности GPS и скоростей всех обозреваемых спутников вместе с локальными метеорологическими условиями. Эти данные обрабатываются для получения высокоточных эфемерид, ионосферных и тропосферных калибровочных карт, поправок DGPS для эфемерид широкоэмиттерных спутников и временных поправок. В системе WAAS сообщения об этих GPS поправках и о целостности системы ретранслируются гражданским пользователям. Этот метод ретрансляции также обеспечивает подачу дополнительного дальностного сигнала, увеличивая, таким образом, доступность всей навигационной системы.

Пользователи GPS, не являющиеся потребителями навигационной информации и требующие точности в пределах нескольких сантиметров или применяющих постобработку для достижения точностей от нескольких дециметров до нескольких метров или использующих дополнительные меры, несколько отличаются от пользователей навигационной информации. Для постобработки, использующих определение дальности с помощью C/A кода, результаты реальных наблюдений от контрольной станции передаются

пользователю. Далее эти пользователи вычисляют поправки с помощью своего программного обеспечения. Другие пользователи, которым необходимо обеспечить точность от долей сантиметра до нескольких сантиметров при определении местоположения с помощью постобработки, используют результаты наблюдений фазы двухчастотной несущей (L1 и L2), получаемые скорее от контрольных станций, а не дальномерные данные фазы кода. Эта национальная система базовых станций непрерывного действия (CORS) разработана для удовлетворения потребностей обоих вышеописанных типов пользователей.

Возрастает использование дифференциального позиционирования в реальном времени с помощью фазы несущей пользователями ненавигационной информации. В настоящее время это требует наличия GPS контрольных станций, расположенных в пределах нескольких километров от потребителя. Во многих случаях пользователи имеют свои собственные контрольные станции, которые они эксплуатируют в течение определенного периода. Постоянные контрольные станции для обеспечения позиционирования с помощью фазы несущей частоты для многочисленных пользователей в настоящее время обеспечиваются в США, главным образом, частным сектором промышленности. Некоторые главы и местные руководители продвигают обеспечение такими контрольными станциями. Другие страны развивают национальную сеть контрольных станций, работающих по фазе несущей в реальном времени на национальном правительственном уровне.

В.2.2.1 Морские и национальные дифференциальные GPS

Комбинированная национальная сеть дифференциальных GPS (DGPS) дополняет систему GPS США, обеспечивая повышение точности и целостности системы GPS с помощью наземных контрольных станций, передающих корректирующие сообщения. Эта услуга осуществляется путем соглашений между различными федеральными ведомствами, включая Береговую охрану США (USCG), Минтранспорта (DOT) и Инженерный корпус сухопутных сил США (USACE).

В настоящее время 39 станций Береговой охраны США (USCG) и 9 станций, принадлежащих Инженерному корпусу сухопутных сил США (USACE), обеспечивают услуги по покрытию побережья континентальной части США (CONUS), Великих озер, Пуэрто Рико, участков Аляски и Гавайских островов и участков бассейна реки Миссисипи. Минтранспорта (DOT) спонсирует программу национальной сети DGPS (NDGPS) для покрытия всех участков наземной территории США для удовлетворения потребностей всех сухопутных пользователей. В настоящее время в сети NDGPS существует 39 финансируемых Минтранспорта станций, которые обеспечивают дифференциальными поправками 92% 48 смежных штатов с помощью одинарного покрытия, и 65% - с помощью двойного покрытия. В настоящее время система NDGPS полностью отвечает требованиям USCG DGPS, и обе эти системы эксплуатируются Береговой охраной США (USCG) в качестве

комбинированной национальной сети DGPS с помощью одной из трех независимых станций управления.

На рис. В-1 показана структура DGPS, использующая псевдодальностные поправки. Вычисления, проводимые контрольной станцией и другими пользователями, сильно коррелированы. Псевдодальностные поправки, выполняемые контрольной станцией и своевременно переданные пользователю, могут непосредственно применяться для вычислений псевдодальности пользователем, что существенно увеличит результирующее значение точности перед тем, как пользователь будет использовать его в навигационных целях.

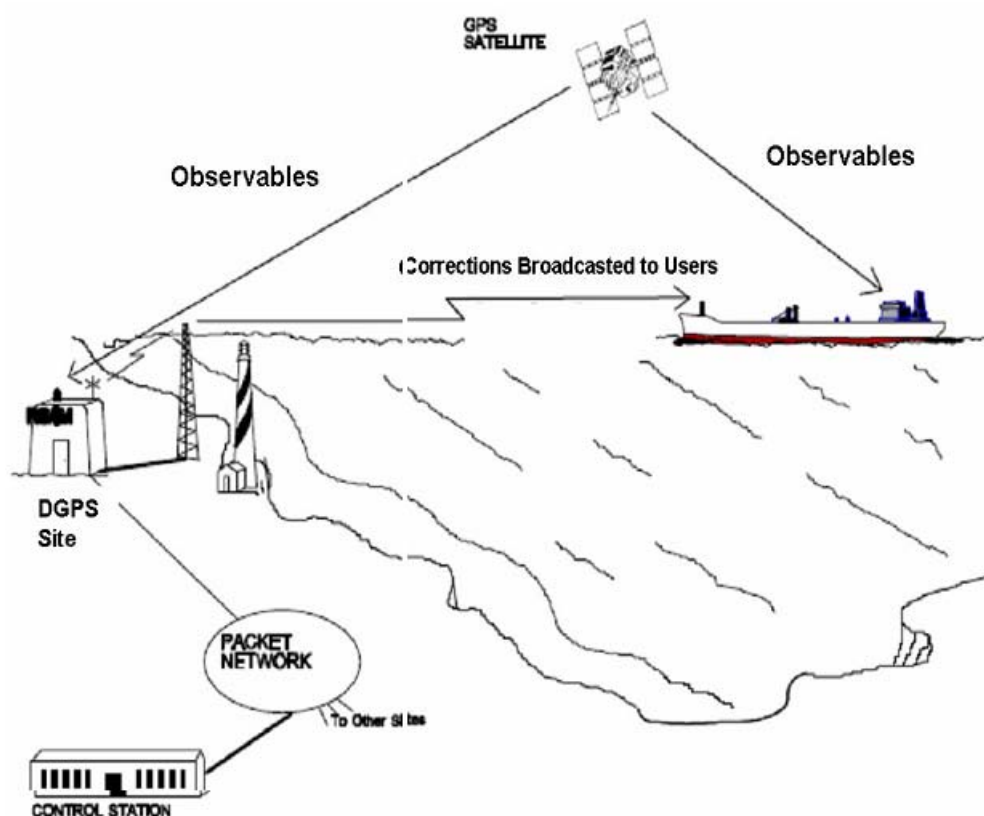


Рис. В-1 Структура береговой DGPS

А. Характеристики сигнала

Каналы передачи данных для DGPS поправок являются широкоэмитальными станциями диапазона 285-325 кГц, использующих модуляцию MSK (манипуляция минимальным сдвигом). Поправки дифференциальной GPS в реальном времени обеспечиваются в формате RTCM SC-104 (радиотехнической комиссии для специального комитета по морским службам) и передаются всем пользователям, способным принимать эти сигналы. Службы DGPS не используют шифрование данных. Характеристики морских служб DGPS (MDGPS) сведены в таблицу В-2.

Таблица В-2. Характеристики служб MDGPS и NDGPS (сигнал в пространстве)

| Точность (2 сигма) | Доступность (%) | покрытие | надежность | Частота выдачи параметров | Размерность информации | Способность системы | Возможность неопределенности | Целостность |
|--------------------|---|--|--|---------------------------|------------------------|---------------------|------------------------------|---|
| <10 м | 99,9 выбранных районов 99,7 – все другие области | Континентальная часть США, включая берег. участки, выбранные участки | <500 выходов из строя на 1000000 часов | 1-20 в секунду | трехмерная | Неограниченна | нет | Целостность Монитора и 24-час. DGPS центра управления |

В.Точность

Прогнозируемая точность службы DGPS в пределах всех установленных зон покрытия равна 10 м (2 сигмы) и менее. Точность службы DGPS для каждой передающей станции тщательно контролируется и составляет менее 1 м. Достигаемое значение точности уменьшается приблизительно на 1 м на каждые 150 км расстояния от передающей станции. Затем происходит дальнейшее уменьшение точности в вычислительном процессе, а также за счет других неопределенностей, которые присущи аппаратуре потребителя, и возможности аппаратуры потребителя компенсировать снижение точности для других источников ошибок, таких как помехи и искажения, обусловленные многопутевым распространением. Типовая аппаратура потребителя способна обеспечивать значения точностей по горизонтали 1-2 м в реальном времени по всей зоне покрытия. С помощью компенсации различных снижающих факторов в аппаратуре информационного канала потребителя обычно достигается значение точности менее 1 м по всей зоне покрытия.

С. Доступность

Вычисления текущей доступности были модифицированы для центрального пользователя. В предыдущем методе был использован сигнал в эфире на различных передающих станциях, затем эти сигналы усреднялись. Хотя это дает хорошие результаты того, насколько хорошо работает отдельная станция, он не дает истинного смысла доступности сигнала с точки зрения перспектив пользователя. Это особенно справедливо для пользователей, которые перекрываются альтернативными станциями в случае, если станция вышла из строя из-за обслуживания или выхода из строя оборудования. Перекрывание в настоящее время основано на зонах обслуживания, составляющих, обычно, 3 морск.мили² и доступности сигнала, усредненного по всем этим областям. Хотя вычисления были изменены, стандарты еще не

согласованы. Доступность составит 99,9% на отдельных водных трассах при более жестких требованиях службы движения судов (VTS) и, по крайней мере, 99,7% в других частях данной зоны покрытия.

D. Покрытие

Комбинируемая служба DGPS США, эксплуатируемая Береговой охраной США (USCG), развернута в трех определенных сегментах. Рисунок В-2 иллюстрирует покрытие сигналом такой комбинируемой системой.

(1) В соответствии со Стандартом по вещанию для DGPS USCG (COMDTINST M16577.1), Служба MDGPS создана для обеспечения полного берегового покрытия системой DGPS (минимальное расстояние – 20 морских миль от берега) континентальной части США, Пуэрто Рико, участков Аляски и Гавайских островов и участков бассейнов основных внутренних рек (см. рис.В-3).

(2) Покрытие большей части внутренних водных путей, обеспечивается Инженерным корпусом сухопутных сил США (USACE) (рис. В-4).

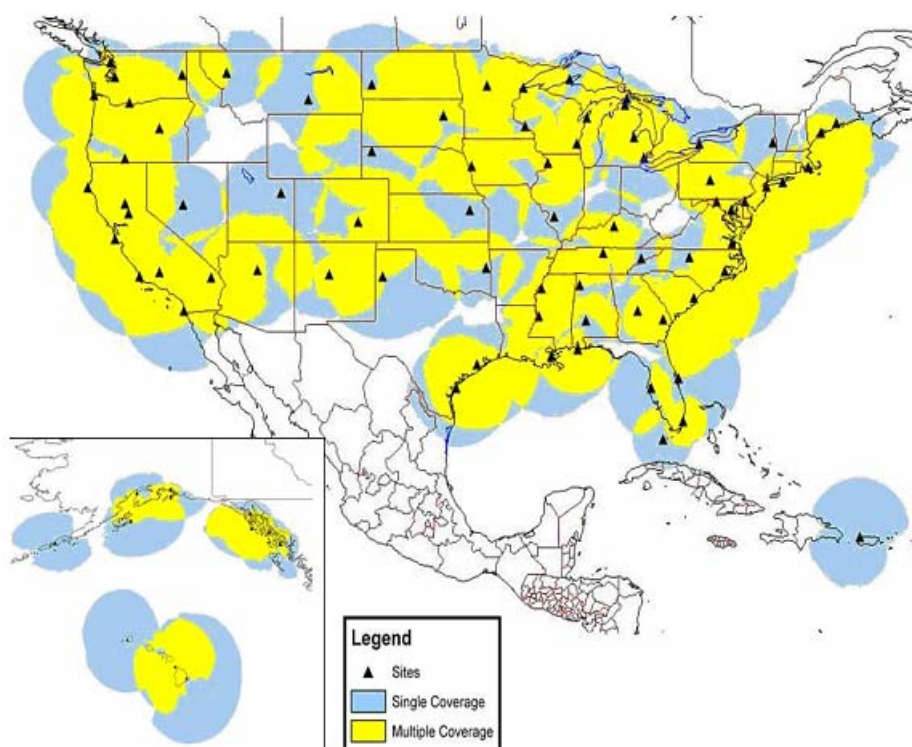


Рис. В-2 Зона действия комбинируемого покрытия DGPS сигналом

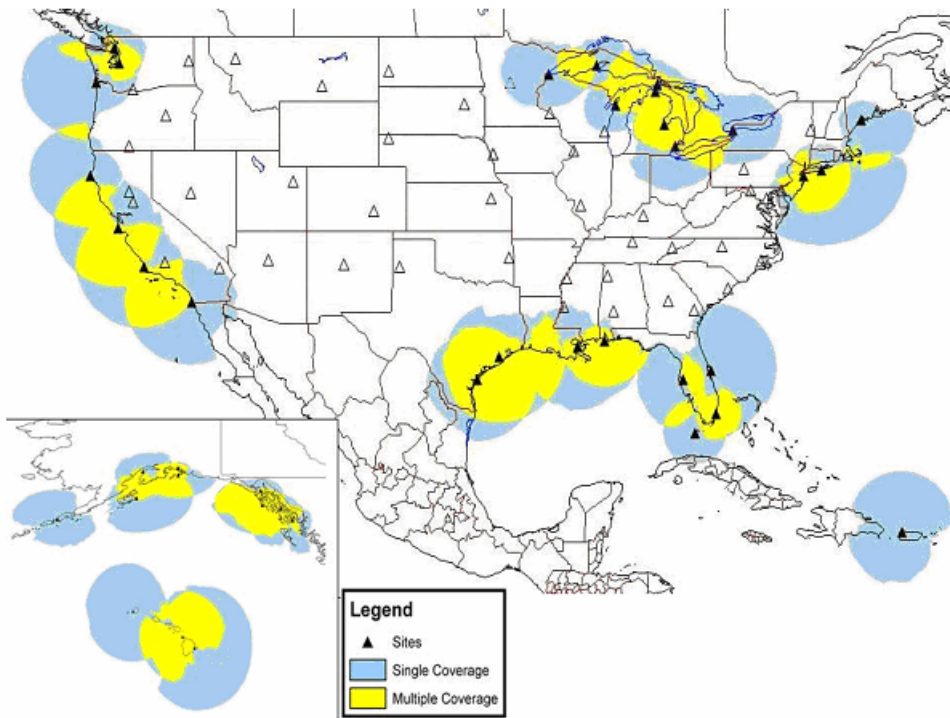
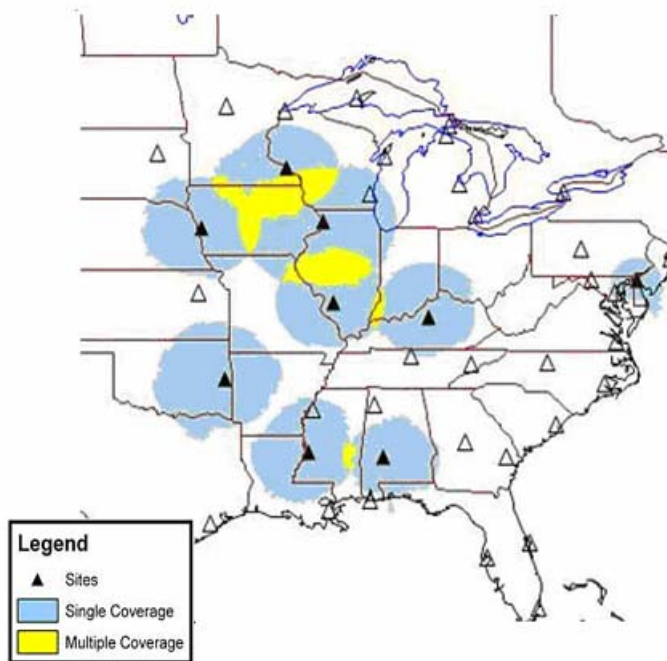


Рис. В-3 Покрытие с помощью системы MDGPS



- (3) Рис. В-4 Планируется дополнить внутренним сегментом NDGPS службы USCG и USACE и обеспечить двойным покрытием континентальную часть США, участки Аляски и Гавайских островов. См рис. В-5

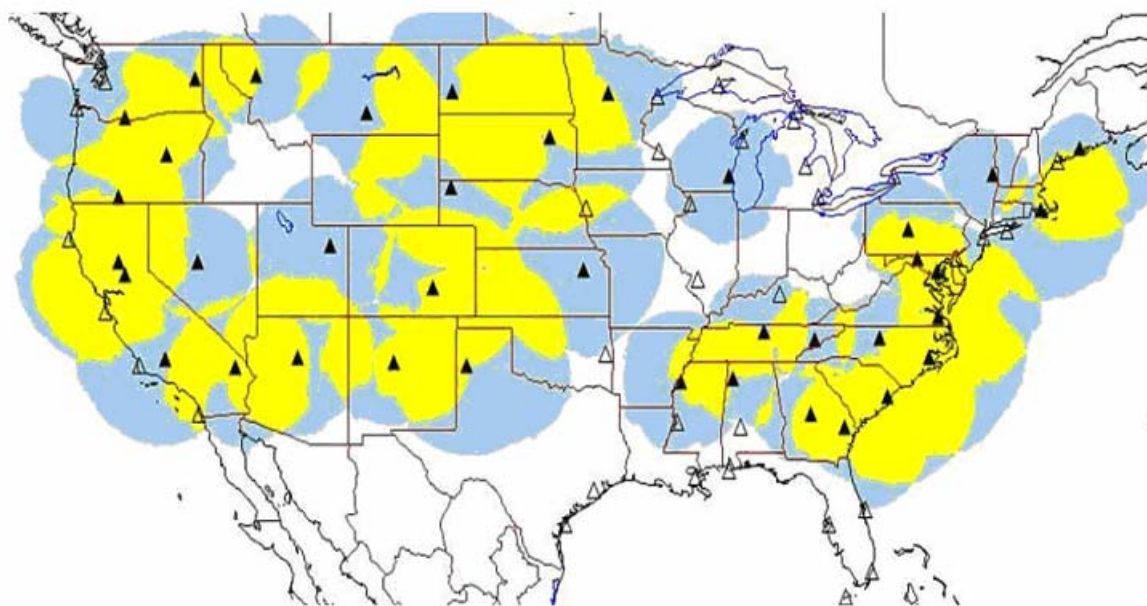


Рис. В-5. Покрытие с помощью системы NDGPS

Важно отметить, что показанное покрытие обеспечивается, невзирая на местность, искусственные или другие поверхностные препятствия. Оно достигается с помощью использования вещания на средних частотах, оптимизированного для применений поверхности земли.

Е. Надежность

Количество выходов из строя на одну станцию будет составлять менее 500 на 1млн. часов работы

Г. Частота выдачи параметров

Транслирующие станции DGPS передают наборы данных не реже, чем каждые 2,5 сек. Каждый набор данных включает в себя псевдодальностные поправки, которые позволяют непрерывно обновлять координаты местоположения, но необходимость обработки в приемном устройстве позволяет иметь частоту выдачи параметров для типичного пользователя от 1 до 20 в секунду.

Г. Способность системы

Неограниченна.

Н. Неопределенность

Нет.

I. Целостность

Целостность Службы DGPS обеспечивается целостностью монитора для каждой транслирующей станции. Каждая транслирующая станция дистанционно контролируется и управляется в течение 24 часов в день с центрального пункта управления DGPS. В течение 6 секунд пользователи извещаются об отклонениях от допустимых условий.

В дополнение к проверке послетрансляционной целостности, добавляется способность проверки целостности до проведения трансляции, когда эти станции переоснащаются. Предтрансляционная целостность состоит в том, что неверная поправка не будет посылаться.

В дополнение к обеспечению высокоточного навигационного сигнала, DGPS также обеспечивает непрерывную проверку целостности характеристики спутникового сигнала. Целостность системы реально связана с GPS. С разработкой наземного сегмента GPS спутник в течение 2 - 6 часов может передавать аномальный сигнал, прежде чем он может быть обнаружен и скорректирован на главной контрольной станции (Master Control Station) или перед тем, как пользователь будет предупрежден о невозможности использования данного сигнала. С помощью использования непрерывных, в реальном времени сообщений Служба DGPS часто расширяет использование аномальных сигналов GPS спутников для получения точных поправок или для того, чтобы навигатор смог напрямую пренебречь ошибочным GPS сигналом.

J. Спектр

Служба DGPS ведет передачу псевдодальностных GPS поправок в диапазоне берегового радиомаяка 285-325 кГц.

В.2.2.2 Национальная система DGPS

Национальная система DGPS (NDGPS) основана на архитектуре Службы морской дифференциальной GPS. На рис. В-6 представлена архитектура построения NDGPS с использованием псевдодальностных поправок.

A. Характеристики сигнала

Линия передачи DGPS поправок работает в диапазоне 285-325 кГц с использованием MSK модуляции (манипуляции минимальным сдвигом). Дифференциальные GPS поправки в реальном времени обеспечиваются радиотехнической комиссией для морских служб (RTCM SC-104) и передаются всем пользователям, которые способны принимать эти сигналы. В системе NDGPS не используется шифрование сигнала.

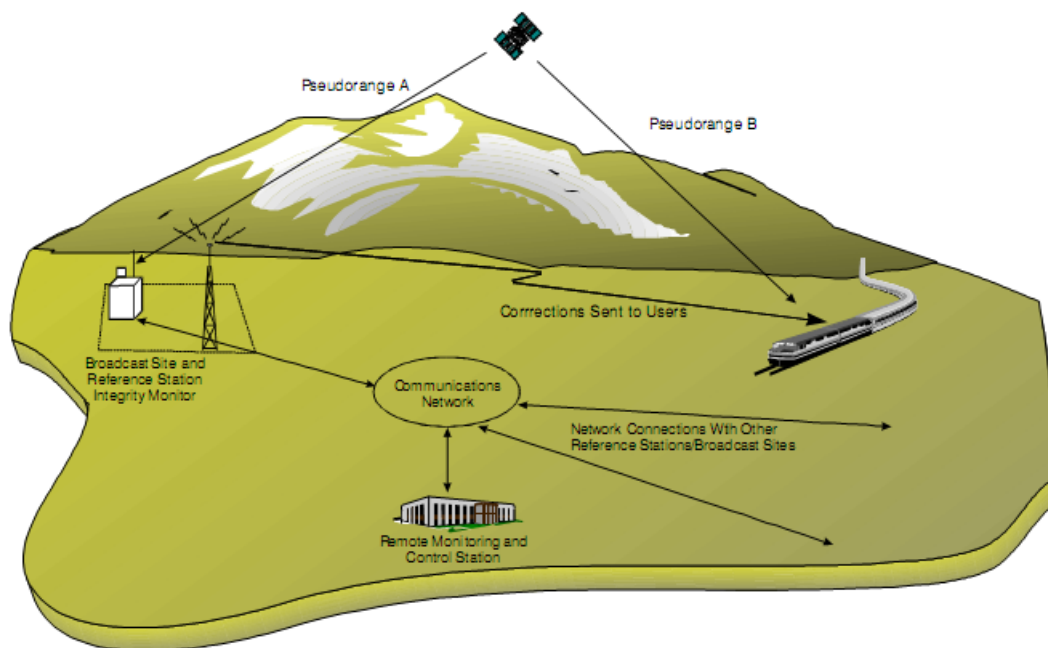


Рис. В-6 Навигационная Служба NDGPS

В. Точность

Прогнозируемая точность Службы NDGPS в пределах всех установленных областей покрытия менее 10 м (2 сигмы). Точность NDGPS на каждой передающей станции тщательно контролируется и, обычно, она составляет менее 1 м. Достижимое значение точности снижается приблизительно на 1 м на каждые 150 км расстояния, удаленного от данной передающей станции. Значение точности также уменьшается за счет вычислений и других неопределенностей, присутствующих в аппаратуре пользователя, а также возможностей компенсации таких источников ошибок как помеха, возникающая при многопутевом распространении, и влияние ионосферы и тропосферы. С помощью компенсации различных снижающих факторов в аппаратуре информационного канала потребителя обычно достигается значение точности менее 1 м по всей зоне покрытия.

С. Доступность.

Доступность будет равна 99,9% для областей с двойным покрытием и 99,7% для областей с одинарным покрытием. Доступность вычисляется для каждой станции на месяц, главным образом, с учетом GPS аномалий.

Д. Покрытие

После завершения и ввода в эксплуатацию система NDGPS обеспечит однородное покрытие континентальной части США, участков Аляски и

Гавайских островов независимо от наземных и искусственных препятствий. Такое покрытие достигается за счет использования передачи сигнала на средней частоте, оптимизированной для поверхностных применений. Эта служба, наряду с MDGPS, обеспечивает высоконадежную функцию целостности GPS для морских и наземных пользователей.

Е. Надежность

Количество выходов из строя на одну станцию будет составлять менее 500 на 1млн. часов работы.

Ф. Частота выдачи параметров

Транслирующие станции DGPS при Береговой охране США передают наборы данных не реже, чем каждые 2,5 сек. Каждый набор данных включает в себя, как псевдодальностные поправки, так и поправки по радиальной скорости, которые позволяют непрерывно обновлять координаты местоположения, а также необходимость обработки в приемном устройстве позволяют иметь частоту выдачи параметров для типичного пользователя от 1 до 20 в секунду.

Размерность информации

Путем применения псевдодальностных поправок морская система GPS обеспечивает более точное измерение местоположения по трем координатам и скорости.

Н. Способность системы

Неограниченна.

И. Неопределенность

Нет.

И. Целостность

Целостность Службы NDGPS обеспечивается целостностью монитора и дистанционным контролем и управлением в течение 24 часов в сутки с центрального пункта управления NDGPS. В течение 6 секунд пользователи извещаются об отклонениях от допустимых условий.

В дополнение к обеспечению высокоточного навигационного сигнала, NDGPS также обеспечивает непрерывную проверку целостности характеристик спутникового сигнала. Целостность системы реально связана с GPS. С разработкой наземного сегмента GPS спутник в течение 2 - 6 часов может передавать аномальный сигнал, прежде чем он может быть обнаружен и скорректирован на главной контрольной станции (Master Control Station) или перед тем, как пользователь будет предупрежден о невозможности использования данного сигнала. С помощью использования непрерывных, в реальном времени сообщений Служба NDGPS часто расширяет использование

Данные с GPS спутников принимаются и обрабатываются на широкозонных контрольных станциях (WRS). Эти данные направляются на главные широкозонные станции (WMS), предназначенные для обработки данных и определения целостности, дифференциальных поправок, остаточных погрешностей и параметров ионосферы для каждого спутника наблюдения и формировать навигационные параметры для геостационарного GEO-спутника. Эта информация передается на наземную станцию передачи данных (GES), а затем ретранслируется в виде навигационного GEO-сообщения на геостационарные GEO-спутники, которые передают эти данные на землю с помощью линии связи на частоте L1, промодулированной таким же образом, как и GPS сигнал.

В дополнение к обеспечению целостности GPS, система WAAS подтверждает (или контролирует) свою собственную целостность, а также предпринимает меры направленные на обеспечение требований, предъявляемых к качеству работы системы. Система WAAS обладает также функциями эксплуатации и обслуживания, которые обеспечивают информацией персонал аэронавигационного оборудования воздушных трасс при FAA.

Приемное устройство пользователя системы WAAS обрабатывает: (1) данные о целостности этих спутников; (2) дифференциальные поправки и данные о параметрах атмосферы для улучшения точности определения местоположения потребителя; и (3) данные от одного, либо более геостационарных GEO-спутников для определения местоположения с целью улучшения доступности и непрерывности системы.

А. Характеристики сигнала

Система WAAS обеспечивает сбор необработанных данных от всех GPS и WAAS GEO-спутников, обеспечивающих навигацию. Наземный сектор системы WAAS формирует сообщения о сигналах по измерению дальности, а также параметров сигналов GPS и GEO спутников. GEO-спутники ретранслируют WAAS сообщения пользователям и обеспечивают передачу навигационного GPS-подобного сигнала в диапазоне L1, включая C/A – шумоподобный псевдослучайный код. Для обеспечения измерения дальности фазокодовая синхронизация устанавливается относительно времени GPS.

В. Точность

Система WAAS в пределах пограничных штатов США обеспечивает значение точности в вертикальном и горизонтальном направлениях порядка 2 м (с вероятностью 95%). Эти требования по точностным характеристикам основаны на требованиях, предъявляемых к системам для всех фаз полета. При движении по маршруту вплоть до неточного захода на посадку, точность нерасширенной GPS является достаточной. Для средств вертикального наведения (LPV-200, которое не отвечает техническому определению захода на

посадку по категории I) требования по точности в вертикальном и горизонтальном направлениях составляют порядка 4 м (с вероятностью 95%).

С. Доступность

Доступность системы WAAS при движении по маршруту вплоть до неточного захода на посадку составляет, по крайней мере, 0,99999. При использовании средств вертикального наведения, значение доступности равно, по крайней мере, 0,99.

Д. Покрытие

Полный объем обслуживания системой WAAS определяется высотой в 100 000 футов от поверхности Земли, для воздушного пространства, охватывающего 48 сопредельных штатов США, Гавайские острова и участки Аляски (за исключением территории Аляска, западнее 160° или области, находящейся за пределами области вещания геостационарного GEO-спутника).

Е. Надежность

Система WAAS обеспечивает достаточный уровень надежности и избыточности в соответствии с общими требованиями Национальной системы по организации воздушного пространства (NAS). Общий уровень надежности WAAS сигнала в пространстве достигает 100%.

Ф. Частота выдачи параметров

Система обеспечивает непрерывное обновление данных о местоположении.

Г. Размерность информации

Система WAAS обеспечивает трехмерное определение местоположения и высокоточную временную информацию.

Н. Способность системы

Способность системы по обслуживанию пользователей неограниченна.

Н. Неопределенность

Система обеспечивает однозначность информации определения местоположения.

Ж. Целостность

Расширение целостности Службы стандартного местоопределения объектов (GPS SPS) с помощью использования системы WAAS вызвано требованиями по рабочим и техническим характеристикам. Требуемый уровень характеристик работы системы при таком расширении целостности должен обеспечивать работу системы GPS/WAAS на всех фазах полета.

Целостность системы WAAS определяется тремя параметрами: вероятностью ложной информации (RNMI), задержкой сигнала оповещения об отказе и пределом тревоги.

Для движения по маршруту до фазы неточного захода на посадку, где контроль целостности осуществляется путем использования метода автономного контроля целостности в приемоиндикаторе (RAIM) с FDE (обнаружением ошибок и их устранением), эти характеристики имеют следующие значения:

RNMI (вероятность ложной информации) 10^{-7} в час

задержка сигнала оповещения об отказе 8 сек

предел тревоги

Пределы защиты определяются на каждом этапе полета

При проведении операций с использованием средств вертикального наведения (LPV), где целостность определяется системой WAAS, характеристики будут иметь следующие значения:

RNMI (вероятность ложной информации) 10^{-7} в час

задержка сигнала оповещения об отказе 6,2 сек

предел тревоги* (для предельной по горизонтали 40 м и по вертикали высоты 250 футов и минимальной 50 м видимости 3/4 мили)

предел тревоги** (для предельной по горизонтали 40 м и по вертикали высоты 200 футов и минимальной 35 м видимости 1/2 мили)

Система WAAS обеспечивает потребителей информацией таким образом, что оборудование потребителя может определять целостность до этих значений.

К. Спектр

Система WAAS работает в частотном диапазоне служб ARNS/RNSS (Авиационная и спутниковая радионавигационные службы) 1559-1610 МГц, который перекрывает диапазон L1.

В.2.2.4 Аэронавигационная GPS дополнительная система с локальной зоной действия (LAAS)

Система LAAS будет надежной системой точной навигации и посадки, состоящей из аппаратуры, которая дополняет GPS службу стандартного местоопределения объекта (GPS SPS) дифференциальными псевдодальностными поправками. Это даст возможность пользователю системы LAAS обеспечения наведения на конечном участке вплоть до точного захода на посадку по категории III, включая автоматическую посадку. LAAS-сигнал в пространстве обеспечит: (1) дифференциальные поправки в локальной зоне для GPS спутников и для WAAS GEO спутников, используемых в качестве источников для измерения дальностей (поправки для WAAS GEO спутников используются произвольно для LAAS-оборудования); (2) соответствующие параметры целостности; (3) точки пути при описании окончного участка при точном заходе на посадку.

Для получения и декодирования результатов измерений дальности и навигационных данных в системе LAAS будут использоваться множественные приемные устройства контрольных станций GPS с соответствующими антеннами, расположенными в пределах границ аэропорта. Данные с этих приемников обрабатываются с помощью алгоритмов Signal Quality Monitoring, Navigation Data Quality Monitoring, Measurement Quality Monitoring и Integrity Monitoring. Для получения оптимальных дифференциальных дальностных поправок для каждого измерения используется метод усреднения, который обладает необходимой точностью воспроизведения, требуемой для обеспечения точности, целостности и непрерывности обслуживания и критерием доступности.

Отдельные дифференциальные поправки измерения дальности, параметры целостности и описание точки пути окончного участка при заходе на посадку для каждого конечного участка взлетно-посадочной полосы транслируются на воздушное средство, находящееся в локальной терминальной зоне, с помощью LAAS данных в УКВ диапазоне.

Бортовые LAAS приемники применяют эти дифференциальные поправки к своим собственным спутниковым измерениям псевдодальности и оценивают ошибку относительно максимально допустимых значений для той категории, по которой выполняется заход на посадку.

А. Характеристики сигнала

В системе LAAS будут накапливаться GPS данные из всех доступных источников измерения дальности, обеспечивающих навигацию.

Наземные средства LAAS (LGF) будут формировать сообщения о дифференциальных поправках, а также параметры ошибок псевдодальностных поправок для каждого измерения дальности. Далее LAAS-передающее устройство УКВ диапазона будет транслировать пользователям данные дифференциальной GPS системы LAAS. Для передачи LAAS данных используется УКВ ARNS (авиационной радионавигационной службы) диапазон 108 – 117.975 МГц.

В. Точность

Точность системы LAAS определяется исходя из требований по точности к системе ILS (инструментальная система посадки или система посадки по приборам). При точном заходе на посадку по категории I требования по поперечной точности составляют 16,0 м с вероятностью 95%, а требования по точности по вертикали составляют 4,0 м с вероятностью 95%.

С. Доступность

Доступность LAAS системы в зависимости от аэропорта составляет 0,999 – 0,99999.

Д. Покрытие

Минимальный объем обслуживания системой LAAS определяется:

- по вертикали: начиная с нулевой точки взлетно-посадочной полосы до 20 морских миль выше 0,9 град и ниже 10 000 футов;
- по горизонтали: 450 футов по обеим сторонам взлетно-посадочной полосы, начиная с ее нулевой точки и проекцией 35⁰ с каждой стороны пути захода на посадку до 20 морских миль (по спецификации для систем LAAS нефедерального уровня).

Е. Надежность

Показатели надежности не были разработаны.

Ф. Частота выдачи параметров

Система LAAS осуществляет передачу данных с частотой 2 Гц. Это значение частоты получения данных с бортового приемного устройства составляет, по крайней мере, 5 Гц.

Г. Размерность информации

Система WAAS обеспечивает трехмерное определение местоположения и высокоточную временную информацию.

Н. Способность системы

Способность системы по обслуживанию пользователей неограниченна

I. Неопределенность

Система обеспечивает однозначность информации определения местоположения, связанного с системой LAAS.

Ж. Целостность

Гарантия целостности службы стандартного местоопределения GPS SPS при использовании системы LAAS вызвана требуемыми рабочими и техническими характеристикам. Требуемое качество работы систем, которые предполагается использовать для обеспечения заходов на посадку по категории I определяется двумя параметрами: PNM1 (вероятностью ложной информации) и задержкой сигнала оповещения об отказе. PNM1 равно 1×10^{-7} , а задержка сигнала оповещения об отказе равна 6 с. Требования обеспечения операций категории III находятся на стадии разработки. Предполагается разрабатывать их в рамках операций с применением инструментальной системы посадки по категории III (ILS CAT-III).

К. Спектр

Система LAAS ведет широкоэмиттерную передачу данных в частотном диапазоне авиационной радионавигационной службы (ARNS): 108 – 117,975 МГц, который в настоящее время широко используется в современных курсовых всенаправленных радиомаяках СВЧ диапазона (VOR) и инструментальных системах посадки (ILS).

В.2.2.5 Национальные базовые станции непрерывного действия (CORS)

Национальные базовые станции непрерывного действия (CORS) – это дополнение к системе GPS, основанное национальной геодезической службой (NGS) при Национальном управлении по исследованию океана и атмосферы США (NOAA), для поддержки ненавигационных приложений GPS, как представлено в разделе 2.6. Система CORS обеспечивает код дальности и данные о фазе несущей от национальной сети GPS станций с помощью доступа через Интернет. В дополнение, для обеспечения компонентов Федеральной Навигационной системы вычисляются высокоточные опорные координаты. По

состоянию на июнь 2008 года, данные обеспечиваются от более, чем 1200 CORS-станций. Национальная геодезическая служба (NGS) основала систему CORS путем использования станций, развернутых другими группами, вместо того, чтобы развернуть независимую сеть опорных станций. Приблизительно 15% таких станций, в настоящее время обеспечивающих данными систему CORS, эксплуатируются морскими службами DGPS (MDGPS) при Береговой охране США (USCG) и национальной сетью DGPS (NDGPS), описанными в разделах В.2.2.1 и В.2.2.2, а также станциями национальной сети DGPS (NDGPS), развернутых минтранспорта (MT) с целью обеспечения навигации на суше. К другим станциям, осуществляющим ввод данных в систему CORS, относятся станции, эксплуатируемые Национальным управлением по исследованию океана и атмосферы США (NOAA) и НАСА для обеспечения наблюдений за смещением коры, станции, эксплуатируемые властями штатов и местной администрацией для поддержки геодезических исследований, и станции, эксплуатируемые лабораторией по исследованию Земли при NOAA для метеорологических приложений.

Система CORS осуществляет ввод данных с этих станций в центральную аппаратуру данных либо с помощью Интернета, либо с помощью службы телефонного пакета (такая, как X.25). В этой центральной аппаратуре данных, данные преобразуются в обычный формат, в котором можно контролировать качество, затем помещаются в файлы в Интернете. В дополнение к таким данным, эта центральная аппаратура данных обеспечивает программное обеспечение для выделения, манипулирования и интерполяции данных. Вычисляются точные координаты местоположения антенн системы CORS. В будущем, для увеличения точности данных системы CORS планируется вычислять и обеспечивать дополнительные данные, такие как модели тропосферных и ионосферных рефракций.

В.2.3 Система дальней радионавигации Loran

Система Loran-C первоначально была разработана для предоставления военным пользователям радионавигационных служб с большей степенью покрытия и точности, чем ее предшественник, Loran-A. Затем она была выбрана для использования в качестве радионавигационной системы гражданским флотом в прибрежных водах США. Система Loran-C была сертифицирована в качестве дополнительной навигационной системы для гражданской навигации при полете по маршруту.

Для определения местоположения в обычном режиме работы необходимы три станции (главная и две вторичные станции). Система Loran-C может использоваться в режиме «дальность-дальность» (Rho-Rho), и точное местоположение может быть определено только с помощью двух станций. При работе в режиме Rho-Rho требуется, чтобы платформа пользователя имела точные часы.

А. Характеристики сигнала

Logan-C – это импульсная гиперболическая система, работающая в диапазоне 90-110 кГц. Эта система основана на измерении разницы во времени прибытия высокочастотных импульсов, излученных цепочкой синхронизированных передающих устройств, разделенных сотнями миль. Это измерение временного различия (TD) выполняется приемником, который достигает высокой точности путем сравнения пересечения в нуле периода заданного СВЧ-сигнала в пределах импульсов, которые передаются основной и вторичными станциями в данной цепочке. Заблаговременно проводится сравнение этого сигнала в импульсе наземной волны, поэтому можно считать, что такое измерение было проведено до прибытия соответствующих ионосферных радиоволн. Точный контроль над огибающей данного импульса обеспечивает возможность идентификации этим приемником правильной точки сравнения. Возможно также использовать согласование сигналов по огибающей, но при получении точности всей системы оно не обеспечивает преимуществ, которые присущи методу сравнения по периоду. Характеристики системы Logan-C приведены в таблице В-3.

Таблица В-3 Характеристики системы Logan-C (сигнал в пространстве)

| Точность(2 сигмы) | | Доступность | Покрытие | Надежность | Частота выдачи параметров | Размерность | Способность системы | Возможность неоднозначности |
|--------------------|-------------|-------------|--|------------|---------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------------|
| Прогнозируемая | Повторяемая | | | | | | | |
| 0,25 нмили (460 м) | N/A | 99.7% | Прибрежные районы США, континентальная часть США | 99,7% | 10-20 положений в сек | Двумерная + время | Неограничена | Да, легко решаемая |

В. Точность

В пределах зоны покрытия система Logan-C обслуживает пользователя, который использует соответствующее приемное устройство, с прогнозируемой точностью 0,25 морских мили (2 сигмы) и даже лучше. Точность зависит от геометрического фактора снижения точности (GDOP) в месте нахождения пользователя в пределах зоны покрытия. Система Logan-C выполняется с использованием сигнала наземной волны. Допустимо применение навигации с использованием ионосферной радиоволны, но с существенными потерями по точности. Наземные радиоволны и в некоторой степени ионосферные радиоволны могут быть использованы для измерения времени и временных интервалов. Система Logan-C первоначально была разработана как гиперболическая навигационная система. Однако с приходом высокостабильных частотных стандартов, система Logan-C может использоваться в режиме навигации «дальность-дальность» (rho-rho). Для

определения времени распространения сигнала, а, следовательно, расстояния до этих станций, выполняется сравнение фазы принимаемого сигнала с известным эталоном времени. Это может использоваться в ситуациях, когда пользователь находится в пределах принимаемой дальности отдельных станций, но за пределами гиперболической области покрытия. Поскольку определение местоположения с помощью системы GPS обеспечивает точное время, то взаимное использование Loran-C в режиме «дальность-дальность» (rho-rho) вместе с GPS имеет преимущества.

С помощью мониторинга сигналов Loran-C на стационарной станции, временное различие (TD) можно сравнить с вычисленным значением TD для известных координат этой станции. Поправка для данного района затем может быть передана пользователю. Этот метод (называемый дифференциальной системой Loran-C), в котором поправки в реальном времени прикладываются к сообщениям о временном различии (TD) Loran-C, обеспечивает улучшенное значение точности.

Приемные устройства Loran-C при относительно низкой стоимости достигают точности 0,25 морских мили, которую обеспечивает система Loran-C в границах зоны покрытия. Современные Loran-C приемники автоматически обнаруживают и отслеживают сигналы Loran-C, а также используются в пределах рабочей зоны покрытия Loran-C.

С. Доступность

Передающие устройства системы Loran-C очень надежны. Избыточные передающие устройства Loran-C используются для снижения времени простоя. Доступность сигнала передающей станции Loran-C составляет больше 99,9 %, обеспечивая 99,7% триадную доступность.

Д. Покрытие

Система Loran-C за несколько лет расширилась в соответствии с требованиями по покрытию прибрежных вод США и сопредельных 48 штатов США, Великих озер, участков Аляски, Алеутских островов и Берингово моря. Ограничения по покрытию в данной области определяются: а) либо ограничением прогнозируемой точности 0,25 морских миль; или б) ограничением отношения сигнал шум 1:3. Покрытие современной системы Loran-C показано на рис. В-8. Изучаются вопросы расширения покрытия системой Loran-C Карибского моря и Северного склона Аляски.

Е. Надежность

Система Loran-C осуществляет непрерывный мониторинг. Станции, которые превышают допуск системы, являются «мерцающими». Мерцание состоит в появлении - исчезновении изображений первых двух импульсов вторичного сигнала, показывающего, что база не может быть использована.

допуск системы в пределах США составляет ± 100 нс от калиброванного контрольного значения. Надежность отдельных станций обычно достигает 99,9 %, давая в результате доступность выше 99,7%.

Е. Частота выдачи параметров

Частота выдачи параметров для системы Logan-C равна 10-20 в секунду, на основании Интервала группового повторения. Частота повторения параметров на выходе устройства обработки приемного устройства при наличии шума обычно составляет 1 в сек.

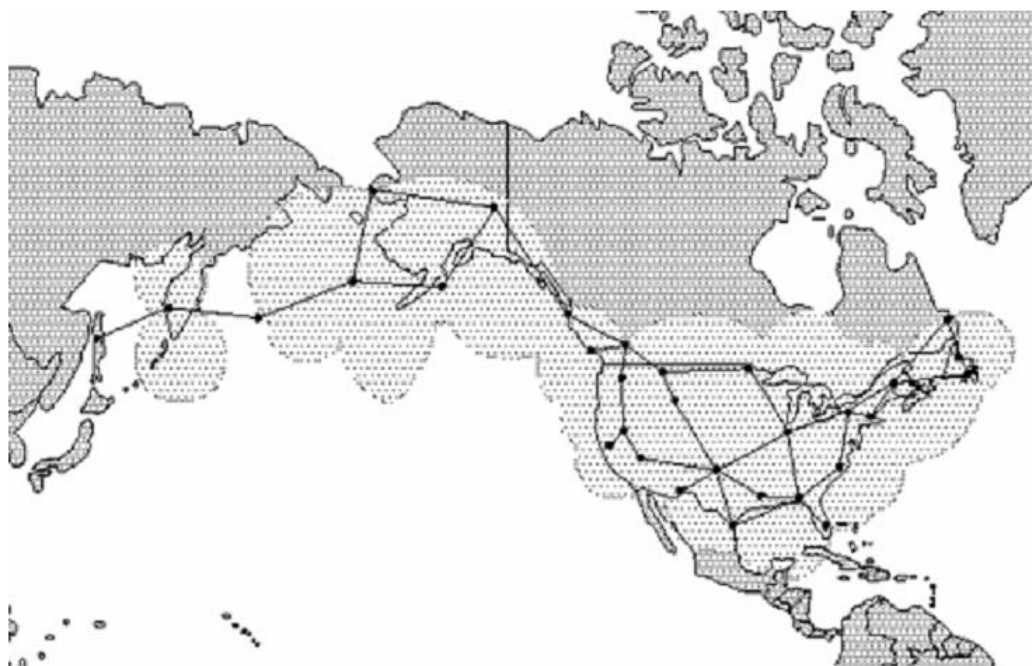


Рисунок В-8. Покрытие, обеспечиваемое системой Logan-C

Г. Размерность информации

Система Logan-C обеспечивает двумерное определение местоположения и временную информацию.

Н. Способность системы

В системе Logan-C может быть использовано одновременно неограниченное число приемников.

I. Неопределенность

Что касается всех гиперболических систем, теоретически линии положения (LOP) могут пересекать более чем одно положение на поверхности Земли. Однако, из-за строения области покрытия неоднозначное местоположение находится на больших расстояниях от требуемого местоположения и легко разрешается.

В.2.4 Всенаправленные радиомаяки (VOR), дальномерная аппаратура (DME) и тактическая аэронавигационная система (TACAN)

Исторически, всенаправленные радиомаяки (VOR), дальномерная аппаратура (DME) и тактическая аэронавигационная система ТАКАН (TACAN) входят в состав инфраструктуры, обеспечивающей движение по маршруту, навигацию на конечном участке пути и неточный заход на посадку в США, но они уступают спутниковым системам навигации, которые в настоящее время приобретают широкое распространение. Информация, получаемая пилотом с помощью аппаратуры VOR, - это магнитный азимут, измеряемый относительно наземной станции аппаратуры VOR. С помощью аппаратуры DME осуществляется измерение наклонной дальности от воздушного средства до наземной станции DME. В большинстве случаев аппаратура VOR и DME имеет совмещенное расположение в виде аппаратуры VOR/DME. Система TACAN обеспечивает информацию об азимуте и расстоянии, подобно гражданской службе VOR/DME, и используется, главным образом, военной авиацией. Если система TACAN объединяется с системой VOR, то такие совмещенные средства называются VORTAC. Функция измерения дальности аппаратуры DME часто выполняется тактической аэронавигационной аппаратурой TACAN.

В.2.4.1 VOR

А. Характеристики сигнала

Характеристики сигнала всенаправленных радиомаяков (VOR) приведены в таблице В-4. VOR определяется частотой в УКВ диапазоне авиационной радионавигационной службы (ARNS) 108-117,975 МГц, разделенные интервалом в 50 кГц. VOR передает два модулирующих сигнала частоты 30 Гц с относительным фазовым углом, равным азимуту принимающего сигнал самолета. Кардиоидная диаграмма направленности антенны образуется в горизонтальной плоскости и вращается с частотой 30 Гц. Всенаправленная (круговая) диаграмма направленности с частотой вращения 30 Гц транслируется также в одно и то же время по всем направлениям. Такая диаграмма направленности называется опорным (эталонным) фазовым сигналом.

Таблица В-4. Характеристики систем VOR и DME (сигнал в пространстве)

| Точность * (2 сигмы) | | | Доступность | Пок- рытие | Надеж- ность | Часто- та пере- дачи данных | Разме- рность | Способ- ность систе- мы | Возмо- жность неопре- делен- ности |
|---|------------------------------------|--------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--|--|---|
| Прогно- зируемая | Повто- рная | Относи- тельная | | | | | | | |
| VOR:90 м ($\pm 1.4^0$) ** | 23 м ($\pm 0,35$) *** | — | От 99% до 99,99% | Линия визиро- вания | Приб- лижа- ется к 100% | Неп- рерыв- ная | Курс в град или угол отклоне- ния от курса | Неог- раниче- нна | Нет |
| DME: 185м ($\pm 0,1$ мор. мили) | 185 м ($\pm 0,1$ мор. мили) | — | | | | | Наклон- ная дальнос- ть (мор. мили) | 100 пользо- вателей на 1 стан- цию, полное обслу- жива- ние | |

* В значения точности систем VOR и DME не входит ошибка обнаружения, поскольку они применяются для зональной навигации.

** Полетный контроль этих процедур для VOR сигналов показал значение, равное ($\pm 1.4^0$). Наземный монитор выключает эту систему, если данный сигнал превышает ($\pm 1.0^0$). Поперечная ошибка, используемая в данной таблице, для точности $\pm 1.4^0$ на расстоянии 2 морских миль от VOR-станции. Иногда пользователями VOR являются воздушные средства и/или удаленные на 0,5 морских миль от VOR.

*** Результаты испытаний показали, что 99,94% времени значение ошибки составило менее $\pm 0.35^0$. Эти значения – для $\pm 0.35^0$ на расстоянии 2 морских миль от VOR-станции.

Изменяемые фазовые диаграммы меняют фазу пропорционально азимуту. Опорная фаза модулирована по частоте, в то время как переменная фаза является амплитудно модулированной. Приемник обнаруживает эти два сигнала и вычисляет значение азимута из этой относительной фазовой разницы. В трудных ситуациях определения местоположения, была разработана система, использующая эффект Доплера, и 50 антенных устройств вместо 4 для этих изменяющихся значений фаз. Для обоих типов наземных станций применяется одна и та же авионика.

В. Точность (2 сигмы)

Прогнозируемые – Ошибки наземной станции приблизительно составляют $\pm 1.4^{\circ}$. С учетом ошибок выбора курса, приемного устройства и полетных технических ошибок, когда суммарная ошибка вычисляется с помощью среднеквадратичных методов, эта ошибка составит значение $\pm 4.5^{\circ}$.

Относительные – некоторые изменения курса могут влиять на ошибки при считывании местоположений самолета. Основная относительная ошибка, состоит из ошибок выбора курса, ошибок приемного устройства и полетных технических ошибок. Суммарная ошибка, вычисленная по методу наименьших квадратов, равна $\pm 4.3^{\circ}$. Для наземных станций системы VOR относительная ошибка имеет значение $\pm 0.35^{\circ}$.

Повторяемые – Основные составляющие ошибки наземной системы и приемного устройства за короткий период не имеют значительных изменений. Таким образом, повторяемая ошибка будет состоять, главным образом, из полетных технических ошибок (способность пилота проводить полет с этой системой), и будет равна $\pm 4.3^{\circ}$.

С. Доступность.

Доступность системы VOR, обычно, составляет от 99 до 99,99%.

Д. Покрывтие

Большинство аэронавигационных радиосистем, которые обеспечивают оптимальные траектории движения, имеет определенный объем пространственного обслуживания (SSV), который определяется рамками пространства приема для навигации случайных или непредвиденных маршрутов движения объектов обслуживания. В пределах данного объема пространственного обслуживания (SSV) сигнал навигационного средства (NAVAID) имеет защищенную частоту и пригоден для высот и радиальных дальностей, представленных в таблице В-5. В дополнение к объемам SSV, возможно определить объем пространства нестандартного обслуживания, если при разном покрытии результаты местоопределения ограничены. Ограничения объема пространственного обслуживания (SSV) не используются на маршрутах опубликованных в правилах полетов по приборам (IFR) или методиках. Приемом ниже 1000 футов над уровнем земли управляют с помощью линии визирования. Его описание приведено в разделе 1-1-8 Руководства по аэронавигационной информации (AIM). Полные функциональные и рабочие характеристики представлены в приказе 9840.1 управления FAA национального авиационного стандарта США для систем VOR/DME/ TACAN.

Прием сигнала в пределах данного объема пространственного обслуживания (SSV) ограничен предельным угловым покрытием по вертикали. Информация о дальности, полученная от систем DME и TACAN, а также значения угла азимута, полученные с помощью системы VOR, обычно, используются от радио горизонта до углов места порядка 60° . Информация об

угле азимута, получаемая с помощью системы TACAN, обычно применяется от радио горизонта до углов места порядка 40°. При более высоких значениях углов места – в пределах так называемого конуса неоднозначности – информация от навигационных средств (NAVAID) может быть непригодной.

Е. Надежность

Благодаря перспективным твердотельным разработкам и использованию методов дистанционного мониторинга, надежность твердотельных систем VOR приближается к 100%.

Ф. Частота выдачи параметров

Эта система позволяет непрерывно обновлять величины отклонения от заданного курса с помощью проведения внутренних операций со скоростью 30 обновленных данных в секунду. Инициализация после включения системы составляет менее 1 минуты и зависит от конструкции приемного устройства.

Таблица В-5. Объемы стандартного обслуживания (SSV) станций VOR/DME/ TACAN

| Обозначение класса SSV | Границы по высоте и дальности |
|------------------------|---|
| T (оконечный участок) | От 1000 футов над уровнем земли до (и включая) 12000 футов над уровнем земли вплоть до значений радиальной дальности 25 морских миль |
| L (низкая высота) | От 1000 футов над уровнем земли до (и включая) 18000 футов над уровнем земли вплоть до значений радиальной дальности 40 морских миль |
| H (большая высота) | От 1000 футов над уровнем земли до (и включая) 14500 футов над уровнем земли при значениях радиальной дальности до 40 морских миль. От 14500 футов выше уровня земли до (и включая) 60000 футов при значениях радиальной дальности до 100 морских миль. От 18000 футов выше уровня земли до (и включая) 45000 футов при значениях радиальной дальности до 130 морских миль. |

Г. Размерность информации

Эта система обеспечивает магнитный азимут относительно станции VOR.

Н. Способность системы

Способности станции VOR неограниченны.

И. Неопределенность

Неопределенность для станции VOR исключена.

Ж. Целостность

Станция VOR обеспечивает целостность системы путем неиспользования сигнала в течение 10 секунд при обнаружении с помощью независимого монитора отклонений системы от допустимых значений.

К. Спектр

Станция VOR работает в диапазоне 108-117,975 МГц. Она делит этот диапазон с инструментальной системой посадки (системой посадки по приборам- ILS). Управление FAA и остальное сообщество по гражданской авиации изучают ряд возможных аэронавигационных применений диапазона 108-117,975 МГц после того, как системы VOR и ILS будут частично разукomплектованы. Одним из таких будущих применений будет система LAAS, а также каналы, промежуточные по отношению к современным системам VOR /ILS, или после того, как системы VOR и ILS будут частично разукomплектованы. Другим расширением канала связи воздух-земля диапазона 117,975 - 137 МГц является обеспечение перехода, а в будущем и роста, систем связи УКВ диапазона следующего поколения для использования в службах воздушного движения.

В.2.2.2 Система DME

А. Характеристики сигнала

Характеристики сигнала системы DME представлены в таблице В-4. В устройстве запрашивания (запросчике) в самолете формируется импульсный сигнал (запрос), который при правильной частоте и интервале между импульсами принимается данным ответчиком. В свою очередь, в этом ответчике формируются импульсные сигналы (отклики), которые посылаются обратно и принимаются схемой слежения запросчика. Затем с помощью измерения общего времени в прямом и обратном направлении запроса и его отклика вычисляется расстояние. Таким образом, работа приемопередатчика системы DME выполняется с помощью пары импульсных сигналов, а распознавание заданного интервала между импульсами осуществляется с помощью декодирующего устройства. Этот ответчик должен отвечать всем запросчикам. Запросчик должен измерять время пролета между импульсами

запроса и ответа и переводить это в расстояние. Все сигналы являются вертикально поляризованными. Эти системы определяются в диапазоне 962 – 1215 МГц (дециметровый диапазон) с разделением в 1 МГц.

Была разработана способность использования Y- канала и осуществлено его выполнение в очень ограниченном количестве (примерно 15 дальномерных станций DME, соединенных попарно с курсовым посадочным радиомаяком, используют частоты Y- канала). Выражение «Y- канал» относится к интервалу между частотами аппаратуры VOR. Обычно, используются частоты X-канала, разделенные с интервалом 100 кГц. Y- частотный канал смещен относительно X – частотного канала на 50 кГц. Добавим, что X-канал DME идентифицируется более широким временным интервалом пары импульсов (запросов), равным 0,036 мсек по сравнению с временным интервалом X-канала DME, составляющим 0,012 мсек. Применение X- и Y- каналов в настоящее время ограничено минимальной перенастройкой оборудования потребителя.

В. Точность (2 сигмы)

Прогнозируемые – Ошибки наземной станции составляют менее $\pm 0,1$ морской мили. Общая ошибка системы, (бортовая и наземная ошибка, вычисленная с помощью среднеквадратичных методов), не больше $\pm 0,5$ морских миль или 3% от расстояния.

Относительные – Хотя отражения могут создавать некоторые ошибки, основная относительная ошибка происходит из ошибки приемного устройства и полетных технических ошибок.

Повторяемые – Основные составляющие ошибки наземной системы и приемного устройства за короткий период не будут иметь значительных изменений.

С. Доступность

Полагают, что доступность системы DME приближается к 100%.

Д. Покрытие

Покрытие, обеспечиваемое системой DME, была описано в предыдущем разделе по VOR и в таблице В-5. Из-за размещения оборудования, почти все воздушные трассы обеспечиваются покрытием, а большая часть пограничных штатов США (CONUS) обеспечивается двойным покрытием, допуская при этом использование станции DME/ DME RNAV (DME RNAV- зональная навигация DME).

Е. Надежность

Благодаря перспективным твердотельным разработкам и использованию методов дистанционного мониторинга, надежность твердотельных систем VOR приближается к 100%.

Ф. Частота выдачи параметров

Эта система позволяет непрерывно обновлять величину дальности до данной системы. Реальная скорость обновления меняется в зависимости от конструкции бортового оборудования и нагрузки системы при стандартной скорости выдачи параметров, равной 10 параметрам в секунду.

Г. Размерность информации

В системе обеспечивается измерение наклонной дальности до данной DME станции.

Н. Способность системы

Для современных нагрузочных мощностей разумно рассматривать 110 запросчиков. Будущие нагрузочные мощности могут быть увеличены путем снижения скорости запрашивания для обслуживания отдельных самолетов и устранения ограничений, связанных с откликами радиомаяков.

И. Неопределенность

Система DME обеспечивает однозначность измерений.

Ж. Целостность

Станция DME обеспечивает целостность системы путем неиспользования сигнала в течение 10 секунд при обнаружении с помощью независимого монитора отклонений системы от допустимых значений.

К. Спектр

Система DME работает в поддиапазонах 960-1027, 1033-1087 и 1093-1215 диапазона авиационной радионавигационной службы (ARNS) 960-1215 МГц. Он делит эти поддиапазоны вместе с системой TACAN. Частота 1176,45 МГц была выбрана в качестве 3-ей частоты гражданского назначения (L5) для GPS. Положение частоты L5 для GPS в защищенном диапазоне авиационной радионавигационной службы (ARNS) отвечает требованиям безопасности жизнеобеспечения. Объединенная система распределения тактической информации и многофункциональная система распределения информации (JTIDS/MIDS) также работает в этом диапазоне на безпомеховой основе.

Сообщество гражданской авиации будет использовать частоту 978 МГц в диапазоне DME ARNS для обеспечения функционирования служб ADS-B (автоматически зависимое наблюдение радиовещание) для сегментов авиационного сообщества, не оснащенного системой Mode-S диапазона 1090 МГц. ADS-B – это функция, при которой самолеты передают 4-х мерное местоположение (4-D) и данные о цели, полученные от бортовых навигационных систем, другим самолетам и на наземную сеть Провайдера воздушной навигационной службы (ANSP).

Управление FAA планирует увеличить число передатчиков системы DME для обслуживания маршрутов RNAV (зональной навигации) и окончательных участков маршрутов (участки терминалов). Непрерывное использование значительной части ARNS диапазона 960-1215 МГц потребует поддержки систем DME.

В.2.4.3 Система TACAN

А. Характеристики сигнала

TACAN – это радионавигационная система короткого радиуса действия дециметрового диапазона (962-1215 МГц ARNS – диапазон) для использования в авиации военного назначения. Приемопередающие устройства системы TACAN обеспечивают данные, необходимые для определения магнитного азимута и расстояния от самолета до выбранной станции. В США станции TACAN часто объединяются со станциями VOR, известными как VORTAC. Характеристики станции TACAN представлены в таблице В-6.

Таблица В-6. Характеристики системы TACAN (сигнал в пространстве)

| Точность * (2 сигмы) | | | Доступность | Покрывание | Надежность | Частота передачи данных | Размерность | Способность системы | Возможность неопределенности |
|--|--|--|-------------|-------------------|------------|-------------------------|---------------------------------|---|--|
| Прогнозируемая | Повторная | Относительная | | | | | | | |
| азимут $\pm 1^0$ (± 63 м при 3,75 км) | азимут $\pm 1^0$ (± 63 м при 3,75 км) | азимут $\pm 1^0$ (± 63 м при 3,75 км) | 98% | Линия визирования | 99% | Непрерывная | Азимут и дальность (от станции) | 110 для расстояний, неограниченных по азимуту | Нет неоднозначности по дальности. Возможна при кратности 40 ⁰ |
| DME: 185 м ($\pm 0,1$ мор. мили) | DME: 185 м ($\pm 0,1$ мор. мили) | DME: 185 м ($\pm 0,1$ мор. мили) | | | | | | | |

В. Точность (2 сигмы)

Прогнозируемые – Ошибки наземной станции составляют менее $\pm 0,1$ град по азимуту для 135 Гц и $\pm 4,5$ град 15 Гц. Ошибки по дальности такие же как и для системы DME.

Относительные – Основная относительная ошибка происходит из выбора курса, ошибки приемного устройства и полетных технических ошибок.

Повторяемые – Основные составляющие ошибки наземной системы и приемного устройства за короткий период не будут иметь значительных изменений. Повторяемая ошибка будет, главным образом, состоять из полетных технических ошибок.

С. Доступность

Полагают, что система TACAN будет доступна в 98% времени.

Д. Покрывтие

Покрывтие системы TACAN описано в предыдущем разделе для станции VOR и в таблице В-5.

Е. Надежность

Полагают, что система TACAN будет надежной в 98% времени. ненадежные станции, определяемые дистанционными мониторами, устраняются из обслуживания.

Ф. Частота выдачи параметров

Эта система позволяет непрерывно обновлять величину девиации выбранного курса. Инициализация составляет менее 1 минуты после включения. Реальная скорость обновления меняется в зависимости от конструкции бортового оборудования и нагрузки системы.

Г. Размерность информации

В системе обеспечивается измерение магнитного азимута, отклонения в градусах и расстояния до станции TACAN в морских милях.

Н. Способность системы

Для получения информации о дальности разумно рассматривать 110 запросчиков при современной нагрузке (каналов). Будущие нагрузочные мощности могут быть увеличены путем снижения скорости запрашивания на для обслуживания самолетов и увеличения скорости откликов. Возможности по обеспечению информации по азимуту неограниченны.

I. Неопределенность

Система TACAN обеспечивает однозначные измерения дальности. Существует небольшая вероятность неоднозначности определения азимута при значениях, кратных 40 град..

J. Целостность

Станция TACAN обеспечивает целостность системы путем неиспользования сигнала в течение 10 секунд при обнаружении с помощью независимого монитора отклонений системы от допустимых значений.

K. Спектр

Система DME работает в поддиапазонах 960-1027, 1033-1087 и 1093-1215 диапазона авиационной радионавигационной службы (ARNS) 960-1215 МГц. Она делит эти поддиапазоны вместе с системой DME. Положение частоты L5 для GPS в защищенном диапазоне авиационной радионавигационной службы (ARNS) отвечает требованиям безопасности жизнеобеспечения. Объединенная система распределения тактической информации и многофункциональная система распределения информации (JTIDS/MIDS) при МО США также работает в этом диапазоне на безпомеховой основе.

В.2.5 Система ILS (система посадки по приборам).

Система посадки по приборам (ILS) является системой обеспечения точного захода на посадку, и, как правило, состоит из курсового посадочного радиомаяка, и средства формирования наклонной глиссады. Она часто дополняется маркерными радиомаяками УКВ диапазона. Система ILS обеспечивает навигационную информацию в вертикальной и горизонтальной плоскостях (наведение) во время этапов полета при подлете и заходе на посадку и связана с концом взлетно-посадочной полосы аэропорта.

В настоящее время ILS является основной точной системой посадки, одобренной Международной организацией гражданской авиации (ИКАО); она является достаточной, но ограничена по распределению частот, стоимости и качеству работы. Характеристики системы ILS приведены в таблице В-7.

Таблица В-7

| Точность при минимальной используемой высоте принятия решения (метры – 2 сигмы) | | | Доступность | Покрывание | Надежность | Частота передачи данных* | Размерность | Способность системы | Возможность неопределенности |
|---|--------|------------|--------------------|---|---|--------------------------|------------------------------|--|------------------------------|
| Категория | азимут | Угол места | | | | | | | |
| 1 | ±9.1 | ±4.1 | Приближается к 99% | Обычные ограничения от центра курсового посадочного маяка ±10 ⁰ при 18 мор.м и ±35 ⁰ при 10 мор. миль | 98,6% при индией-кации выхода системы из допустимых значений. | Непрерывная | Курс и отклонение в градусах | Ограничена только требованиями по разделению самолетов | НЕТ |
| 2 | TBD** | TBD** | | | | | | | |
| 3 | TBD** | TBD** | | | | | | | |

* Доступность сигнала в данном объеме покрытия

** Точностные характеристики определяются характеристиками, однозначными по отношению к ILS (например, допуски изгиба луча, выравнивание пути скольжения).

А. Характеристики сигнала

Аппаратура курсового посадочного радиомаяка и антенное устройство обычно расположено на расстоянии 1000 футов от оконечного участка взлетно-посадочной полосы и обеспечивают УКВ сигнал (108 до 111,975 МГц диапазона авиационной радионавигационной службы (ARNS)). Средства наклонной глиссады расположены приблизительно на расстоянии 1000 футов от конечного участка взлетно-посадочной полосы при заходе на посадку, и

обеспечивают сигнал дециметрового диапазона (от 328,6 до 335,4 МГц диапазона авиационной радионавигационной службы (ARNS)). Маркерные радиомаяки расположены вдоль центральной линии взлетно-посадочной полосы и идентифицированы с определенными координатами при заходе на посадку. Обычно, два радиомаяка диапазона 75 МГц входят в состав системы посадки по приборам (ILS): внешний маркер на оконечном участке при заходе на посадку (обычно от 4 до 7 миль от конечного участка взлетно-посадочной полосы при заходе на посадку) и средний маркер, расположенный на расстоянии 3500 футов \pm 250 футов от критического уровня взлетно-посадочной полосы. (При использовании посадки по приборам маркерные маяки можно не применять, если им обеспечена замена. Существующие маяки стареют, и постепенно их выводят из эксплуатации, обеспечивая им приемлемую замену.) Средний маркер расположен таким образом, чтобы он обеспечивал визуальную идентификацию взлетно-посадочной полосы в условиях минимальной видимости при заходе на посадку по приборам по категории I. Внутренний маркер, расположенный на расстоянии 1000 футов от критического, обычно связан с заходом на посадку по приборам по категориям II и III.

В. Точность

При проведении операций с типовыми воздушными носителями для взлетно-посадочных полос, равных 10000 футов, выравнивание курса (курсового посадочного радиомаяка) в критическом положении сохраняется в пределах \pm 25 футов. Кривизна курса на оконечном участке при заходе на посадку не должна превышать \pm 0.06⁰ (2 сигмы). Выравнивание по глиссаде сохраняется в пределах \pm 7.0 футов при высоте 100 футов (2 сигмы), и кривизна пути по глиссаде на оконечном участке при заходе на посадку не должна превышать \pm 0.06⁰ (2 сигмы).

С. Доступность

Процедуры, основанные на ILS, как правило, доступны в течении 98 – 99% времени.

Д. Покрытие

Покрытие отдельных систем имеет следующие значения:

- курсовой посадочный радиомаяк: \pm 35⁰ от линии курса на расстоянии 10 морских миль и \pm 10⁰ на расстоянии 18 морских миль.

- глиссадные маяки: от 0,45 до 1,75, умноженных на угол глиссады на расстоянии 10 морских миль.

- маркерные маяки: \pm 40⁰ (приблизительно) по малой оси (вдоль пути захода на посадку), \pm 85⁰ (приблизительно) по основной (большой) оси.

Е. Надежность.

Надежность системы ILS составляет 98,6 %. Однако местность и другие факторы ограничивают применение ILS сигнала. Необходимо учитывать местность и динамические факторы, такие как управление самолетом, что может вызвать многолучевую интерференцию.

В некоторых случаях использование курсовых посадочных радиомаяков с антенной решеткой и двухчастотных систем решает проблему местоположения системы ILS. Для глиссидных маяков, использующих широкую апертуру, capture effect image arrays (решетки с захватом? или решетки для сбора данных) и одночастотные решетки обеспечивают обслуживание при различных местоположениях.

Г. Частота выдачи параметров

Глиссидный и курсовой посадочный радиомаяки непрерывно фиксируют информацию, хотя пользователь будет принимать обновленные координаты местоположения со скоростью, определяемой конструкцией приемника-устройства отображения информации (обычно более 5 обновленных значений в секунду). Маркерные маяки, которые обеспечивают звуковую и визуальную индикацию положений для пилота, расположены в определенных точках вдоль пути захода на посадку. Их характеристики представлены в таблице В-8.

Г. Размерность информации

Система посадки по приборам ILS обеспечивает наведение в вертикальной и горизонтальной плоскостях с помощью сигналов глиссидного радиомаяка и курсового посадочного радиомаяка. На периодических интервалах, проходящих над маркерными маяками, получают расстояние до критического уровня.

Н. Возможности системы

Система ILS не имеет ограничений, за исключением тех случаев, которые вызваны требованиями по определению порядка захода на посадку.

Таблица В-8. Авиационные маркерные радиомаяки

| Обозначение | Типовое значение расстояния до критического уровня | Звуковой сигнал | Цвет сигнала |
|--------------------|---|--|---------------------|
| Внешний | 4-7 морск.мили | Продолжительные тире удар (2 в сек) | Голубой |
| Средний | 3250-3750 футов | Продолжительно-перемежающиеся (точка-тире) | Желтый |

| | | | |
|------------|------------|-----------------------------|-------|
| Внутренний | 1000 футов | Непрерывные точки (6 в сек) | Белый |
|------------|------------|-----------------------------|-------|

I. Неопределенность

Любая неопределенность разрешается путем наложения ограничений , как описано в разделе 3.2.5.Е.

J. Целостность

Система ILS обеспечивает целостность системы путем неиспользования сигнала при обнаружении с помощью целостности монитора отклонений системы от допустимых значений. Задержка при выключении для каждой категории имеет следующие значения:

Задержка при выключении

| | курсовой радиомаяки | посадочный радиомаяк | Глиссадный радиомаяк |
|---------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Категория I | <10 сек | | <6 сек |
| Категория II | <5 сек | | <2 сек |
| Категория III | <2 сек | | <2 сек |

K. Спектр

Маркерный радиомаяк системы ILS работает в диапазоне 74,8-75,2 МГц. Поскольку все маркерные радиомаяки системы ILS работают на одиночной частоте (75 МГц), все требования по аэронавигации в этом диапазоне будут оставаться неизменными до тех пор, пока система ILS находится не в фазе.

Курсовой посадочный радиомаяк системы ILS делит 108 до 111,975 МГц часть диапазона авиационной радионавигационной службы (ARNS) 108-117,975 с системой VOR. Как было отмечено в разделе 3.2.4, специалистами управления FAA и остального сообщества гражданской авиации исследуется ряд возможных аэронавигационных применений этого диапазона после того, как системы VOR и ILS будут частично разукomплектованы. Одним из таких будущих применений будет система LAAS, а также каналы, промежуточные по отношению к современным системам VOR /ILS, или после того, как системы VOR и ILS будут частично разукomплектованы. Другим расширением канала связи воздух-земля диапазона 117,975 - 137 МГц является обеспечение перехода, а в будущем и роста, систем связи УКВ диапазона следующего поколения для использования в службах воздушного движения. Значительная часть спектра в поддиапазоне 108 - 111,975 МГц будет продолжать использоваться для работы курсового посадочного радиомаяка при заходе на посадку по категории II и III, даже после того как станции категории I будут разукomплектованы.

Глиссадные радиомаяки системы ILS работают в диапазоне 328-335,4 МГц. Физические характеристики, присущие данному диапазону и совпадающие с характеристиками диапазона 108 - 111,975 МГц, благоприятны для использования данного диапазона в наземных системах связи большой дальности «воздух-земля» и линиях передачи данных, подобных LAAS, ADS-B и информационной транспортной службы (TIS). Следовательно, этот диапазон хорошо подходит для обеспечения многодиапазонного разнесения для таких служб или использования его в качестве переполненного канала, если они полностью не могут разместиться в остальных диапазонах. Значительная часть спектра в этом диапазоне будет продолжать использоваться для работы глиссадного радиомаяка системы ILS при заходе на посадку по категории II и III, даже после того как станции ILS категории I будут разукomплектованы.

В.2.6 Система MLS

США планируют использовать дополнительные системы к GPS для удовлетворения требований, первоначально предназначенных для микроволновой системы посадки (MLS). Соответственно, управление FAA снижает свою деятельность, связанную с MLS. Однако НАСА продолжает использовать систему MLS при проведении операций с участием космических аппаратов Спейс Шаттл, хотя Минобороны также ограничивает использование системы. Характеристики системы MLS представлены в таблице В-9.

Таблица В-9. Характеристики системы MLS (сигнал в пространстве)

| Точность при минимальной используемой высоте принятия решения (отклонение от центральной линии в метрах – 2 сигмы) | | | Доступность | Покрываемое | Надежность | Частота передачи данных* | Размерность | Способность системы | Возможность неопределенности |
|--|--------|------------|--------------------|---|--------------------------|--|--|--|------------------------------|
| Категория | азимут | Угол места | | | | | | | |
| 1 | ±9.1 | ±3.1 | Приближается к 99% | ± 40° от центральной линии взлетной полосы на расстоянии 20 мор. миль в обоих направ- | Ожидаемое значение 100%. | 6,5-39 значений в сек в зависимости от функции | Курс и отклонение в градусах. Дальность в морск. милях | Ограничена только требованиями по разделению самолетов | НЕТ |
| 2 | ±4.6 | ±1.4 | | | | | | | |
| 3 | ±4.1 | ±0.4 | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--------|--|--|--|--|--|
| | | | | лениях | | | | | |
|--|--|--|--|--------|--|--|--|--|--|

А. Характеристики сигнала

Система MLS излучает сигнал, который дает возможность бортовым устройствам точно определять значения углов по азимуту и углу места, значения дальности. Этот способ, выбранный для измерения угловых функций, основан на принципе времязадающего сканирующего луча (TRSB). Все угловые функции MLS работают в диапазоне 5 – 5,25 ГГц авиационной радионавигационной службы (ARNS). Дальность измеряется с помощью дальномерной аппаратуры DME, работающей в диапазоне 962-1215 МГц авиационной радионавигационной службы (ARNS). В данный спектр сигнала входит возможность (опция), позволяющая системам специального назначения работать в диапазоне 15,5 – 15,7 ГГц авиационной радионавигационной службы (ARNS).

В. Точность

Точность при критическом заходе на посадку по азимуту составляет $\pm 13,0$ футов (± 4 м), а по высоте - $\pm 2,0$ фута ($\pm 0,6$ м). Нижний край поверхности диаграммы направленности луча системы MLS пересекает этот критический уровень высоты 8 футов (2.4 м) над центральной линией взлетно-посадочной полосы. Точность наведения за счет размытости отметки составляет $\pm 1,2$ фута в пределах зоны посадки, а точность дальномерной аппаратуры DME равна ± 100 футам для прецизионного режима и ± 1600 футам для непрецизионного режима.

С. Доступность

Избыточность аппаратуры, а также методы дистанционного мониторинга позволяют иметь доступность этой системы около 100%.

Д. Покрытие

Покрытие по азимуту обычно составляет $\pm 40^{\circ}$ с каждой стороны от центральной линии взлетно-посадочной полосы, а покрытие по углу места - от 0° до 15° минимально над областью покрытия по азимуту, и на расстоянии 20 морских миль. У некоторых систем покрытие по азимуту равно $\pm 60^{\circ}$. Формат сигнала MLS обладает способностью обеспечивать полное покрытие в 360° , но с меньшей точностью вне зоны основного покрытия, равного 60° от центральной линии взлетно-посадочной полосы.

Е. Надежность

Сигналы системы MLS, как правило, менее чувствительны, чем сигналы ILS по отношению к снегу, растительности, местности, структуре и движению самолета. Это позволяет надежность данной системы приблизить к 100%.

Ф. Частота выдачи параметров

Частота выдачи параметров по углу места составляет 39 значений в секунду, а по азимуту – 13 значений в секунду. Обычно, в бортовом приемнике усредняется выборка значений для обеспечения частоты передачи от 3 до 6 выборок в секунду. Высокая скорость выдачи параметров по углу азимута в 39 значений в секунду обычно используется, в случае, если нет необходимости в размытых данных по высоте.

Г. Размерность информации

Система обеспечивает трехмерные сигналы, а также время, если самолет оснащен соответствующим образом.

Н. Возможности системы

Способности DME сигналов этой системы ограничены; ограничения системы возникают при обслуживании 110 самолетов.

И. Неопределенность

Для сигналов по азимуту и углу места неопределенность невозможна. Существует лишь очень небольшая вероятность для сигналов по дальности, и кроме того, для многолучевой интерференции, вызванной движением отражателей.

Ж. Целостность

Целостность системы MLS обеспечивается целостностью монитора. Монитор отключает систему MLS в течение 1 секунды при выходе системы за пределы допустимых значений.

К. Спектр

Первоначально система MLS работала в частотном диапазоне 5000-5250 МГц. Однако ее рабочий диапазон в настоящее время ограничен до 5030-5150 МГц. Диапазон 5030-5090 МГц занят Международной организацией гражданской авиации (ИКАО) для системы MLS; частоты 5090-5150 МГц

определяются как диапазон расширения MLS. Из-за вопросов безопасности жизнеобеспечения функций, выполняемых MLS, другие службы еще не пытались использовать диапазон 5030-5090 МГц. Управление FAA и остальное сообщество гражданской авиации изучают возможное применение в аэронавигационных целях диапазона 5090-5250 МГц, поскольку, по оценке специалистов, этот диапазон не будет использоваться будущими системами MLS. К ним относятся:

- расширение диапазона настройки РЛС TDWR для того, чтобы снять спектральную перегруженность в пределах существующей ограниченной рабочей полосы;

- погодные функции планируемых многоцелевых основных оконечных радиолокационных устройств, которые вступят в строй в 2013 году;

- локальная сеть аэропортов (Airport Local Area Network), называемая сетью аэропортов и оборудованием для определения местоположения (ANLE), это наземная сеть для связи в аэропортах между наземными и авиационными системами на земле. Она обеспечивает связь небольшого радиуса действия и функции определения местоположения на земле в аэропортах;

- диапазон MLS рассматривается для использования в будущих БПЛА.

В.2.7 Аэронавигационные всенаправленные радиомаяки (NDB)

Радиомаяки являются всенаправленными радиопередающими станциями, работающие в низкочастотном, среднечастотном диапазонах и обеспечивающие передачу сигнала наземных волн на приемное устройство. Авиационные всенаправленные маяки используются в качестве дополнения к DME- и VOR – аппаратуре при переходе от этапа движения по маршруту к средствам точного подхода к аэропорту, а также в качестве неточного средства подхода на многих аэропортах. Для измерения пеленга передающего устройства относительно самолета или судна обычно используется автоматический радиопеленгатор. Характеристики аэронавигационных всенаправленных радиомаяков представлены в таблице В-10.

Таблица В-10. Характеристики радиомаяков (сигнал в пространстве)

| Точность (2 сигмы) | | | Доступность | Пок- рытие | Надеж- ность | Часто- та пере- дачи данных | Разме- рность | Способ- ность систе- мы | Возмо- жность неопре- делен- ности |
|---------------------------------------|----------------|--------------------|-------------|---|-----------------|--------------------------------------|---|-------------------------------|---|
| Прогнози- руемая | Повтор- ная | Относи- тельная | | | | | | | |
| Аэрона- вигац. $\pm 1^0 - 10^0$ | N/A | N/A | 99% | Мах. Объем обслу- жива- ния 75 морск. миль | 99% | Неп- рерыв- ная | Одна линия положе- ния на радио маяк | Неог- раниче- на | Потенциа- льно высокая для взаимного пеленга без антенны, исключаю- щей неоднозна- чность пеленга |
| Морская $\pm 3^0$ | N/A | N/A | 99% | До 50 морск. миль или 100 морск. сажень | | | | | |

А. Характеристики сигнал

Аэронавигационные всенаправленные маяки (NDB) работают в диапазоне 190 – 415 кГц и 510 -535 кГц авиационной радионавигационной службы (ARNS) (Заметим, что NDB диапазона 285-325 кГц являются неосновными для морских радиомаяков). Для идентификации данной станции они передают кодированные непрерывные сигналы (CCW) или модулированные непрерывные сигналы (MCW). Кодированный непрерывный сигнал генерируется с помощью модулирования сигнала несущей частоты тональным сигналом - 400 Гц или 1020 Гц для идентификации с кодом Морзе. Модулированный непрерывный сигнал (MCW) генерируется путем разнесения двух несущих частот 400 Гц, либо 1020 Гц и манипулированием верхней несущей для идентификации с кодом Морзе.

В. Точность

Точность позиционирования, полученная из информации пеленга, является функцией геометрии линии местоположения, точности направления компаса, точности измерения, расстояния от передающего устройства, стабильности данного сигнала, времени суток, природы местности между маяком и летательным средством, и шумом. На практике точность пеленгования составляет порядка от $\pm 3^{\circ}$ до 10° . Достижение точности $\pm 3^{\circ}$ требует того, чтобы радиопеленгатор был откалиброван перед тем, как он будет использоваться для навигации путем сравнения пеленга радиосигналов для точного пеленгования, получаемого визуально на передающей антенне. Поскольку большинство приемных устройств радиопеленгаторов будут подстраиваться в нескольких радиочастотных диапазонах, то передачи от источников, местоположение которых известно, такие как широкоэмиттерные станции с амплитудной модуляцией, также используются для получения пеленга, главным образом с меньшей точностью, чем от радиомаяков. С целью инспекции полетов управлением FAA, точность всенаправленных маяков NDB устанавливается в выражениях допустимого отклонения: $\pm 5^{\circ}$ при заходе на посадку и $\pm 10^{\circ}$ при движении по маршруту.

С. Доступность

Доступность аэронавигационных всенаправленных радиомаяков NDB превышает 99 %.

Д. Покрывтие

Такое покрытие системой NDB обеспечивается 1575 наземными станциями, из которых управление FAA, из которых управление FAA эксплуатирует 728 станций.

Е. Надежность

Надежность системы превышает 99 %.

Ф. Частота выдачи параметров

Такой радиомаяк обеспечивает непрерывную информацию пеленга.

Г. Размерность информации

Вообще, в одиночном радиомаяке доступна одна линия положения (LOP). В пределах дальности двух и более маяков может быть получена двумерная фиксация.

Н. Способность системы

Одновременно может быть использовано неограниченное количество приемных устройств.

I. Неопределенность

Единственная неопределенность, которая возникает в таких радиомаяках, – это один из взаимных пеленгов, принимаемых некоторыми приемными устройствами, которые для разрешения направления не используют антенну, исключаящую неоднозначность пеленга.

J. Целостность

Радиомаяк – это всенаправленное навигационное средство. Для авиационных радиомаяков выход из допустимых условий ограничен снижением выходной мощности ниже рабочих минимальных значений и потерями тона, идентифицирующего передающую станцию. Радиомаяки, применяемые при неточных заходах, контролируются и выключаются в течении 15 секунд при выходе из допустимых условий.

K. Спектр

Аэронавигационные всенаправленные радиомаяки NDB работают в диапазоне 190-435 и 510-535 кГц, часть из которого эксплуатируется морскими NDB. За исключением воздушного пространства над Аляской, в будущем, после того, как аэронавигационные радиомаяки NDB будут выведены из строя в рамках NAS, эти диапазоны не будут использоваться для целей гражданского аэронавигационного обеспечения.

В.2.8. Радиомаяки морского назначения

Радиомаяки и ненаправленные радиопередающие станции, которые работают в низко- и среднечастотном диапазонах волн, обеспечивают передачу сигналов наземных волн на приемное устройство. Такие морские радиомаяки расфазированы.

Приложение D

Термины и определения

Точность - Степень совпадения между оцененным или измеренным положением и/или скоростью платформы в данный момент времени и ее истинным положением или скоростью.

Точность радионавигационной системы обычно играет роль статистической меры системных ошибок и определяется следующим образом:

- Прогнозируемая - Точность положения, определенного радионавигационной системой относительно положения, определенного по карте. Оба решения - позиционное и по карте - должны быть основаны на тех же самых геодезических данных.
- Повторяемая - Точность, с которой пользователь может вернуться в положение, координаты которого были измерены ранее с помощью той же самой навигационной системы.
- Относительная - Точность, с которой пользователь может измерить положение относительно другого пользователя той же самой навигационной системы в то же самое время.

Управление воздушным движением (Air Traffic Control - ATC) - Служба, эксплуатируемая соответствующими властями для обеспечения безопасных и эффективных воздушных перевозок.

Зональная навигация (RNAV) – Метод навигации, который позволяет управлять самолетом по любой нужной траектории полета внутри зоны покрытия навигационных средств контрольной станции или в пределах возможности автономных навигационных средств или при совместном использовании двух этих средств.

Готовность (Доступность) - Готовность навигационной системы есть процентная доля времени, когда можно пользоваться услугами этой системы. Готовность является показателем способности системы обеспечить полезную службу в указанной зоне покрытия.

Готовность сигнала - это процентная доля времени, когда переданные от внешних источников навигационные сигналы доступны для использования. Готовность является функцией как физических характеристик окружающей среды, так и технических возможностей аппаратуры передатчика.

Зона прибрежного слияния (Coastal Confluence Zone - CCZ) - От входа в порт до 50 морских миль в открытое море или до кромки континентального шельфа (изобата 100 морских саженей), берется большее расстояние.

Бескодовая или полукодовая обработка – методы для получения оценок псевдодальностей, использующие L2 Y кодовые посылки и фазовые измерения несущего колебания без использования расшифровки закона кодирующей последовательности. Бескодовые методы также используют известную тактовую частоту Y- кода сигнала - 10,23 МГц, тот же самый сигнал с Y- кодом транслируется на частоте L1 и L2. Полукодовые методы используют некоторые известные свойства Y кода.

Системы общего пользования – Системы, используемые как гражданским, так и военным секторами.

Сопредельные штаты США (CONUS) - Сорок восемь сопредельных штатов и Округ Колумбия.

Непрерывность - Непрерывность системы - это способность полной системы (состоящей из всех элементов, необходимых для обеспечения местоопределения самолета в определенном воздушном пространстве) выполнять свои функции без перерыва во время планируемой операции. Точнее, непрерывность - это вероятность того, что указанные технические характеристики системы будут поддерживаться при проведении этапа операции, предполагая при этом, что система была доступна в начале этого этапа операции.

Всеобщее скоординированное время (Coordinated Universal Time - UTC) - UTC, время от первичных атомных часов является основой для гражданского времени. Оно иногда корректируется на величину приращения в 1 секунду для обеспечения того, чтобы разность между однородной шкалой времени, определяемой атомными часами, не отличалась от времени, определяемого по вращению Земли, более чем на 0,9 секунды.

COSMIC – система наблюдения созвездия спутников по метеорологии, за ионосферой и климатом (Constellation Observing System for Meteorology, Ionosphere and Climate) запланирована на запуск в декабре 2005 года и состоит из шести микроспутников, каждый из которых оснащен тремя приборами: радиоприемником ослабления сигнала GPS, ионосферным фотометром и трехдиапазонным радиомаяком. Эти спутники сначала будут помещены на

первоначальную орбиту на высоте 400 км над поверхностью Земли и после первого года будут постепенно подняты на окончательную орбиту на высоте примерно 700 км над поверхностью Земли. В это время будут выполнены эксперименты по измерению геодезической гравитации.

Покрытие - Зона покрытия, обеспечиваемая радионавигационной системой - это такая площадь по поверхности или объем в пространстве, в котором сигналы имеют достаточную интенсивность, чтобы пользователь мог определить положение с указанным уровнем точности. Покрытие зависит от геометрии системы, уровней мощности сигналов, чувствительности приемника, состояния атмосферных шумов и других факторов, которые влияют на доступность сигнала.

Дифференциальный - Метод, используемый для повышения точности радионавигационной системы за счет определения ошибки положения известной опорной точки и последующей передачи этой определенной ошибки, или данных корректировки, пользователям той же самой радионавигационной системы, работающей в той же самой области.

Лишение прав – Передача радионавигационного оборудования нефедеральным службам в случае, если оно больше не отвечает критерию подтверждения этого оборудования для использования его федеральными службами.

По маршруту (En Route) - Этап навигации, охватывающий операции между точкой отлета и окончанием полета. Для авиационных заданий этап навигации "на маршруте" делится на две подкатегории - на маршруте над своей территорией и на маршруте над океаном.

Полная эксплуатационная готовность (Full Operational Capability - FOC) - Зависящее от системы состояние, которое наступает, когда данная конкретная система предоставляет все услуги, для которых она была разработана.

Глобальная навигационная спутниковая система (Global Navigation Satellite System - GNSS) – GNSS обозначает возможности по всемирному местоопределению, навигации и синхронизации (МНС), доступные от одной или нескольких созвездий спутников, например, система глобального местоопределения (Global Positioning System - GPS) США и глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС) Российской Федерации. В каждой системе GNSS используется созвездие спутников, работающих совместно с сетью наземных станций.

Эксперимент по изучению гравитационного поля и климата Земли GRACE – (The Gravity Recover and Climate Experiment) использует два одинаковых спутника, запущенных в марте 2002 года и летающих на

расстоянии примерно 220 км друг от друга по полярной орбите на высоте 500 км от поверхности Земли. Основная цель этого эксперимента заключается в измерениях напряженности гравитационного поля.

Каждый космический корабль имеет на борту приемник Blackjack GPS, который дополнительно выполняет измерение ослабления сигнала GPS.

Начальная эксплуатационная готовность (Initial Operational Capability - ИОС) - Зависящее от системы состояние, которое наступает, когда данная конкретная система может предоставить заранее определенное подмножество услуг, для которых она была разработана.

Целостность - Целостность является мерой доверия, с которой следует воспринимать правильность информации, предоставляемой навигационной системой. Целостность включает в себя возможность системы своевременно подавать предупреждение пользователям, когда систему не следует использовать для навигации.

Помехи (электромагнитные) - Любые электромагнитные возмущения, которые прерывают работу, мешают или другим способом ухудшают или ограничивают технические характеристики оборудования пользователя.

Постановка помех (электромагнитных) - Преднамеренное излучение, переизлучение или отражение электромагнитной энергии с целью предотвращения или снижения эффективности использования сигнала.

Jason – Океанографический спутник, запущенный в декабре 2001 года и находящийся на орбите с углом возвышения 66° на высоте 1300 км над поверхностью Земли. Его задачей является отслеживание глобальных океанических циркуляций воды, изучение связи между океанами и атмосферой, улучшение точности глобальных прогнозов климата и погоды и отслеживание таких явлений, как состояние теплового течения Эль-Ниньо и океанических течений. Он предназначен для непосредственного измерения изменений климата за счет очень точных на уровне миллиметра в год измерений изменений глобального уровня моря. Бортовая аппаратура состоит из приемника GPS и лазерного реторефлектора (обратного отражателя).

Многолучевое распространение - Явление распространения сигнала, которое заключается в поступлении сигнала на антенну по двум или более путям. Когда одновременно поступают два или более сигнала, возникает интерференция электромагнитных волн. Принятый сигнал ослабевает, если фаза интерференции изменяется с течением времени или если одна из станций находится в движении.

Наносекунда (нс) - Одна миллиардная доля секунды.

Национальная система по организации воздушного пространства (National

Airspace System - NAS) - В NAS входят воздушное пространство США, средства, оборудование и службы воздушной навигации; аэропорты или зоны посадки; авиационные карты и цифровые навигационные данные; информация и службы; нормы, правила и процедуры; техническая информация; трудозатраты и материал, используемый для контроля и/или управления полетами в воздушном пространстве под юрисдикцией США. Включены также компоненты системы, используемые совместно с военными.

Навигация - Процесс планирования, регистрации и управления перемещением транспортного средства или судна от одного места к другому.

NAVTEX – Система, разработанная ММО в качестве основного средства для экстренной передачи прибрежной информации о безопасности кораблям по всему миру. Система NAVTEX ведет вещание информации о морской безопасности, например, радионавигационные предупреждения, предупреждения о буре/шторме, метеорологические прогнозы, предупреждения о пиратстве и предупреждения о приеме сигнала бедствия. Полное описание этой системы можно посмотреть в публикации ММО ИМО-951Е – The NAVTEX Manual.

Неточный заход (Nonprecision Approach - NPA) – Процедура приборного захода на посадку, основанная на боковом наведении при отсутствии вертикального наведения. Эта процедура используется с навигационной системой, которая может обеспечивать наведение по боковому (но не по вертикальному) отклонению траектории.

Точное время - Требование к точности времени в пределах 10 миллисекунд.

Точный заход – Процедура приборного захода на посадку, основанная на боковом и вертикальном наведении, которое соответствует конкретным требованиям, установленным для технических характеристик вертикальной навигации и для инфраструктуры аэропорта.

Радиоопределение - Определение положения или получения информации относительно положения с помощью свойств распространения радиоволн.

Радиолокация - Радиоопределение, используемое для целей, отличных от целей радионавигации.

Радионавигация - Определение положения или получение информации относительно положения для навигации с помощью свойств распространения радиоволн.

Надежность – Вероятность выполнения без отказа указанной функции при данных условиях для указанного периода времени.

Требования к навигационному обеспечению (Required Navigation Performance - RNP) - Описание характеристик точности навигации, необходимых для проведения операций в указанном воздушном пространстве, включая эксплуатационные параметры систем навигации, используемые в этом воздушном пространстве.

Обзорное наблюдение (контроль) - Наблюдение за участком или пространством с целью определения положения и перемещений судов и транспортных средств на этом участке или пространстве.

Съемка - Операция проведения наблюдений для определения размера и формы, абсолютного и/или относительного положения точек на, выше или ниже поверхности Земли, длины и направления отрезка, гравитационного поля Земли, длительности дня и т.п.

Терминал - Этап навигации, охватывающий операции, необходимые для начала или окончания запланированного задания или функции соответствующих средств. Для авиационных заданий этап терминала используется для описания воздушного пространства, в котором обеспечиваются службы управления заходом на посадку или службы перемещения по аэропорту.

Область терминала - Общий термин, используемый для описания воздушного пространства, в котором обеспечиваются службы управления заходом на посадку или службы контроля перемещения по аэропорту.

Всемирная геодезическая система (World Geodetic System - WGS) - Согласованный набор констант и параметров, описывающих геометрическую и физическую форму и размер Земли, напряженность и потенциал гравитационного поля и теоретическую нормальную гравитацию.

Литература

1. Title 49 United States Code Section 101.
2. Title 10 United States Code Section 2281.
3. *U.S. Space-Based Positioning, Navigation, and Timing Policy*, December 8, 2004.
4. *2007 CJCS Master Positioning, Navigation, and Timing Master Plan*, Chairman Joint Chiefs of Staff Instruction 6130.01D, 13 April 2007.
5. U.S. Department of Transportation, Volpe Center, *Vulnerability Assessment of the Transportation Infrastructure Relying on the Global Positioning System*, September 2001.
6. *United States Standard for Terminal Instrument Procedures (TERPS)*, FAA Handbook 8260.3B, July 1976.
7. *Air Force Space Command/Air Combat Command Operational Requirements Document (ORD) AFSPC/ACC 003-92-I/II/III for Global Positioning System (U)*, 18 February 2000.
8. Federal Railroad Administration, "*Differential GPS: An Aid To Positive Train Control*," Report to the Committees on Appropriations, June 1995.
9. U.S. Department of Defense, *Global Positioning System Standard Positioning Service Performance Standard*, September 2008.
10. *Navstar GPS Space Segment/Navigation User Interfaces*, Interface Specification IS-GPS-200D, March 7, 2006.
11. National Imagery and Mapping Agency, "*Department of Defense World Geodetic System 1984, Its Definition and Relationships with Local Geodetic Systems*," Third Edition, July 4, 1997.