

ОДИННАДЦАТАЯ АЭРОНАВИГАЦИОННАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

Монреаль, 22 сентября – 3 октября 2003 года

Пункт 2 повестки дня.	Безопасность полетов и авиационная безопасность при организации воздушного движения (ОрВД)
Пункт 2.5 повестки дня.	Безопасность полетов и безопасность инфраструктуры ОрВД
Пункт 6 повестки дня.	Вопросы аэронавигации
Пункт 6.2 повестки дня.	Вопросы обеспечения навигации в свете существующих и планируемых видов обслуживания и архитектур GNSS, вариантов интеграции и вариантов резервирования

АВТОНОМНЫЕ РЕЗЕРВНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ GNSS, ОСНОВАННЫЕ НА МЕСТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ

(Представлено Швецией)

АННОТАЦИЯ

В настоящем документе предлагается рентабельная автономная резервная система для глобальной навигационной спутниковой системы (GNSS), основанная на функции определения местоположения с использованием ОБЧ-цифровой линии передачи данных (VDL) режима 4, использование которой не будет наносить ущерба осуществлению основной функции наблюдения.

Действия Конференции приведены в п. 5.

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 Специальный комитет ИКАО по будущим аэронавигационным системам (FANS) был создан с целью помочь международной гражданской авиации устранить недостатки существующих систем организации воздушного движения (ОрВД) и в полной мере использовать преимущества современных технологий в целях удовлетворения потребностей в связи с прогнозируемым ростом объема воздушного движения. На двух этапах работы (Комитет FANS и Комитет FANS этап II) Комитета была разработана стратегия по использованию современных спутников и средств связи и других передовых и вновь появляющихся технологий в целях улучшения ОрВД, чтобы эксплуатанты воздушных судов всего мира могли воспользоваться соответствующими выгодами. В конечном итоге была разработана концепция глобальной системы связи, навигации и наблюдения/организации воздушного движения (CNS/ATM).

1.2 Одной из ключевых новых технологий, в полной мере используемой для CNS/ATM, являются глобальные навигационные спутниковые системы (GNSS), которые в будущем будут основным элементом систем CNS/ATM. Предполагается, что GNSS будет играть жизненно важную не только для навигации, но также и для наблюдения, а точнее автоматического зависимого наблюдения (ADS), когда для донесений о местоположении будут использоваться данные GNSS. VDL режима 4 была разработана в качестве системы связи для обеспечения всех трех функций системы CNS/ATM. Следует отметить, что VDL режима 4, обеспечивающая ADS, является неотъемлемой частью внедряемых в наши дни систем наблюдения. Наземная инфраструктура VDL режима 4 состоит из наземных станций, объединенных в одну сеть. Функции в сети постоянно обеспечивают передачу очень точного времени. Наземные станции регулярно передают точные данные о своем местоположении вместе с точным временем.

1.3 Следует признать, что существующие компоненты GNSS весьма уязвимы в отношении помех, а также то, что авиационная отрасль, как и другие неавиационные пользователи, полагающиеся на GNSS, являются сторонниками развития автономных резервных систем. Предлагается использовать различные дополнительные элементы и виды функционального дополнения системы; в настоящем документе приводится описание автономной и рентабельной резервной системы и подстраховочной сети, которую можно внедрить, используя VDL режима 4.

1.4 Сигнал времени, предоставляемый сетью наземных станций VDL режима 4, позволяет иметь в наличии информацию, которая может использоваться подвижными единицами для расчета своего местоположения, и таким образом иметь автономную резервную систему для таких навигационных систем, как GNSS. Результаты исследований свидетельствуют о том, что точность определения местоположения на основе информации, получаемой от наземной инфраструктуры VDL режима 4, составляет порядка 1 м. мили. Подобная система выглядит весьма привлекательно для государств, которые не располагают инфраструктурой GNSS, а также для государств, на территории которых есть районы, где невозможно гарантированно обеспечить требуемую готовность GNSS.

1.5 Основным фактором, определяющим точность расчета времени в системе VDL режима 4, является ее способность независимо определять данные о местоположении в сообщениях ADS-B путем выбора пределов измерений точного времени.

2. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ДОПОЛНЕНИЕ GNSS И ВТОРИЧНАЯ НАВИГАЦИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОВЧ-ЛИНИИ ЦИФРОВОЙ СВЯЗИ РЕЖИМА 4 НА ОСНОВЕ ТРИАНГУЛЯЦИИ

2.1 Если данные GNSS используются для навигации и наблюдения, то система функционального дополнения GNSS нужна для обеспечения точности данных о местоположении. В сочетании с базовым приемником GNSS, используемым для расчета дифференциальных поправок и интегрированных данных о спутниках в зоне видимости наземной станции, VDL режима 4 может быть использована для создания местной системы функционального дополнения GNSS. Авиационные и наземные пользователи смогут получать сигналы функционального дополнения GNSS в то время, когда наземная станция VDL режима 4 находится в зоне прямой видимости.

2.2 Местное функциональное дополнение GNSS с помощью VDL режима 4 может быть расширено для создания региональной сети GNSS. Таковую сеть VDL режима 4 предлагается использовать в качестве дополнительного элемента системы функционального дополнения на основе использования спутников (SBAS) с целью обеспечения обслуживания функциональным дополнением GNSS больших географических районов путем использования сети наземных станций. Такая сеть будет использоваться для мониторинга полетов и, возможно, также с целью обеспечения обмена информацией между

отдельными станциями, чтобы дополнительно улучшить целостность передаваемых данных функционального дополнения. Расширять такую сеть VDL режима 4 можно бесконечно.

2.3 VDL режима 4 может обеспечивать навигацию без сигналов GNSS, выполняя функцию резервирования или в аварийном режиме в случае отказа приемника GNSS или пропадания сигнала GNSS. Функция вторичной навигации, которая согласно положениям ИКАО, касающимся VDL режима 4, является необязательным элементом, тем не менее обеспечивает точную навигацию по маршрутам (RNP 1) без использования GNSS. В удаленных/океанических частях воздушного пространства пользователи с отказавшим приемником GNSS, может успешно осуществлять навигацию, полагаясь при этом на синхронизированные по всемирному скоординированному времени (UTC), пакеты сигналов синхронизации в режиме 4, передаваемые другими пользователями, находящимися в данной части воздушного пространства. Во внутреннем воздушном пространстве функция вторичной навигации позволяет ведомству гражданской авиации использовать свою наземную инфраструктуру VDL режима 4 в качестве резервной системы для GNSS. Это предполагает использование соответствующими наземными станциями постоянного источника очень точного времени.

2.4 Концепция вторичной навигации аналогична концепции GNSS, изображенной ниже на рис. 1. При использовании GNSS псевдодальномерные (PN) сигналы измерения дальности, передаваемые спутником GNSS, согласовываются в UTC. Эти сигналы излучаются из известных точек в пространстве, так как известны эфемериды космических аппаратов. Время прибытия сигналов на приемник GNSS измеряется относительно местного синхронизатора приемника. Если приемник GNSS синхронизирован в UTC, то путем деления времени передачи сигнала (время прохождения) на скорость света определяется истинное время прохождения, которое является так называемой "псевдодальностью". В обычном случае, когда приемник не синхронизирован, должно определяться его местоположение (x, y, z), а также уход эталона времени (dt). Эти четыре неизвестные величины могут быть определены, если имеются данные о четырех измерениях с хорошей релятивной геометрией. Если имеются данные не четырех, а большего количества измерений, то местоположение можно определить с меньшей погрешностью.

2.5 Ключевые элементы GNSS:

- a) несколько передающих платформ, расположенных в известных местах, которые передают синхронизированные по времени сигналы измерения дальности в достаточном количестве, чтобы обеспечить передачу как минимум четырех сигналов измерения дальности с хорошей геометрией сообществу пользователей и с высокой вероятностью;
- b) оборудование пользователя, способное получать и измерять время прибытия этих сигналов и выполнять необходимые расчеты в целях триангуляции своего местоположения.

2.6 Тот факт, что передающие платформы движутся с орбитальной скоростью, не имеет значения, так как траектория их движения известна с высокой точностью и в любой момент можно с точностью до нескольких метров определить их расположение. GNSS функционирует эффективно, так как сигналы синхронизированы с высокой точностью; местоположение передающих спутников измеряется и эти данные передаются с высокой точностью, а сигналы измерения дальности имеют достаточно широкую полосу частот, что позволяет с высокой точностью измерять время прибытия.

2.7 Ключевые элементы системы определения местоположения предоставляются также по VDL режима 4, а именно: 1) многочисленные передающие станции сообщают о своем местоположении с достаточно высокой точностью; и 2) синхронизированные по времени сигналы передаются с одних и тех же платформ. Если используется VDL режима 4, то передающими станциями, обеспечивающими

навигацию, являются воздушные суда или наземные станции, посылающие сигналы о том, что они синхронизированы по времени, и донесения которых о местоположении имеют высокий показатель точности. На рис. 2 показана основная концепция, используемая наряду с GNSS.

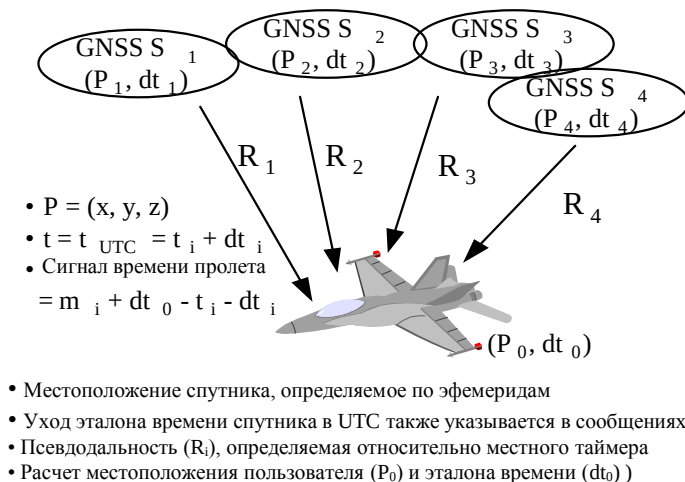


Рис. 1. Обзор концепции навигации с использованием GNSS

2.8 Определение местоположения с помощью VDL режима 4 будет менее точным, чем с помощью GNSS по следующим причинам:

- а) в большинстве случаев неточность в донесении о местоположении пользователя будет больше, чем неточность в донесении о местоположении, переданном со спутника GNSS;
- б) передачи ведутся через большие неравные промежутки и с большей неточностью, чем передачи со спутника GNSS; и
- в) измерение времени прибытия в получающей сообщения станции не такое точное, как измерение времени прибытия в приемнике GNSS.

2.9 Тем не менее проблема определения местоположения может быть решена. В положениях ИКАО для VDL режима 4 определяется неустойчивая синхронизация в ± 1 мкс (2F). Это соответствует неточности определения дальности в 300 м (~1000 фут). Если время прибытия сигнала можно измерить с эквивалентной точностью (приблизительно 1 мкс (2F), то погрешность определения дальности каждого сигнала будет ограничена 500 м (2F) и пользователи, имеющие хорошую геометрию, смогут обеспечивать точность определения местоположения порядка 1 км или лучше. Это будет обычным показателем точности для пользователей в активном воздушном пространстве, в котором большое количество других пользователей, оснащенных соответствующим оборудованием, будут находиться во всех направлениях вокруг пользователя или пользователей в воздушном пространстве, для которого ведомство гражданской авиации (БГА) разработало наземную инфраструктуру в целях обеспечения приемлемой геометрии (сеть наземных станций может функционировать совершенно независимо от GNSS и обеспечивать улучшенные

характеристики¹ благодаря высокой точности данных в донесениях о местоположении и, возможно, более точного времени передачи).

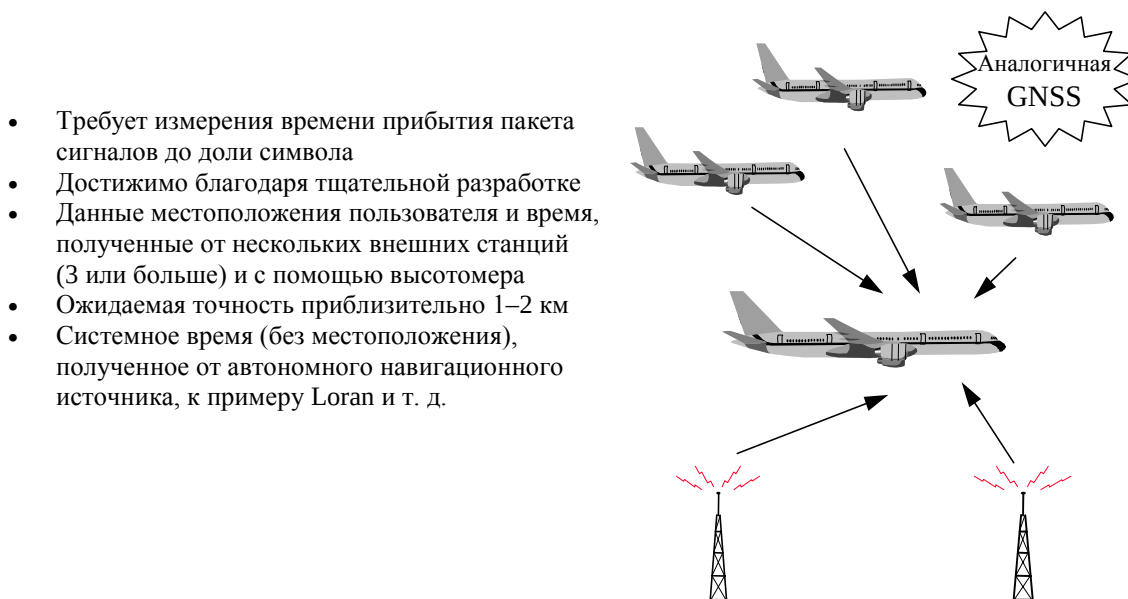


Рис. 2. Вторичная навигация в VDL режима 4

3. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ВТОРИЧНОЙ НАВИГАЦИИ

3.1 Эксплуатационные преимущества вторичной навигации заключаются в том, что:

- a) она является надежным средством по поддержанию эффективной связи и обеспечению совместного использования ресурсов в рамках протокола VDL режима 4;
- b) пользователь может независимо определять дальность (к примеру, путем оценки времени прохождения полученного сообщения), а также обеспечивается повышенная целостность на уровне MAC и выше;
- c) во внутреннем воздушном пространстве вторичная навигация в сочетании с наземной сетью, которая передает пакеты сигналов синхронизации по глобальным каналам сигнализации (GSC), может гарантировать полное резервирование GNSS, обеспечивающее навигацию по маршрутам². Это надежное контролируемое в локальном масштабе резервирование может облегчить внедрение GNSS в глобальном масштабе в качестве основного средства навигации; и
- d) бортовые и/или наземные станции обеспечивают резервирование для отдельных пользователей с отказавшим оборудованием GNSS.

¹ Относительно показателей, достижимых при измерении дальности с помощью подвижных станций.

² Это требует наличия независимого источника точного времени на наземных станциях и достаточного дублирования наземных станциях для обеспечения зоны действия тремя или несколькими станциями с высокой вероятностью предоставления обслуживания пользователям на назначенной высоте или выше ее.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

4.1 Исходя из результатов описанного выше анализа можно сделать вывод, что VDL режима 4, обеспечивающая функциональность ADS-B в целях наблюдения, может быть также использована в качестве резервного источника определения местоположения для GNSS без нанесения ущерба эффективности выполнения основной функции наблюдения. Такое автономное резервирование и система подстраховки для GNSS даст возможность всем государствам в будущем иметь контролируемую в национальном масштабе навигационную систему.

5. ДЕЙСТВИЯ КОНФЕРЕНЦИИ

5.1 Конференции предлагается:

- а) принять к сведению, что выполняемые системой VDL режима 4 функции могут быть использованы для автономного резервирования GNSS, что даст возможность всем государствам в будущем иметь контролируемую в национальном масштабе навигационную систему; и
- б) рекомендовать, чтобы ИКАО определила требования и разработала соответствующие положения для создания наземной дополнительной подстраховочной сети для GNSS, которая будет функционировать независимо от космических элементов.

– КОНЕЦ –