

ОДИННАДЦАТАЯ АЭРОНАВИГАЦИОННАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

Монреаль, 22 сентября – 3 октября 2003 года

Пункт 6 повестки дня. Вопросы аэронавигации

КОНЦЕПЦИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЗАВИСИМЫХ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДОПОЛНЕНИЙ

(Представлено Секретариатом)

АННОТАЦИЯ

Настоящий документ основан на результатах исследования, проведенного Группой экспертов по глобальной навигационной спутниковой системе (GNSS) по поручению Аэронавигационной комиссии ИКАО. В этом документе констатируется, что увеличение числа сигналов и созвездий спутников GNSS предлагает гражданской авиации значительные выгоды в части повышения надежности, улучшения характеристик, упрощения наземной инфраструктуры GNSS и организационно-правовых вопросов. Кроме того, введение этих новых элементов поднимает ряд технических, экономических и организационных вопросов. В настоящем документе рекомендуется, чтобы ИКАО провела дополнительное рассмотрение этих вопросов и в полной мере реализовала предлагаемые возможности.

Действия Конференции изложены в п.5.

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 Стандарты и Рекомендуемая практика (SARPS) Международной организации гражданской авиации (ИКАО) были разработаны для Глобальной системы определения местоположения (GPS) и Глобальной навигационной спутниковой системы (ГЛОНАСС) с одночастотными сигналами (L1), а также для их функциональных дополнений в виде бортовой (ABAS) спутниковой (SBAS) и наземной (GBAS) систем функционального дополнения.

1.2 В будущем будет осуществляться модернизация GPS, предусматривающая использование дополнительных сигналов, а также возможное задействование обеспечения целостности в глобальном масштабе функции. Нынешние спутники ГЛОНАСС будут дополнены спутниками ГЛОНАСС-М с улучшенными характеристиками, и наряду с этим будут осуществлены запуски спутников нового

поколения ГЛОНАСС-К. В настоящее время в Европе ведется разработка нового созвездия спутников под названием "Галилео", которое будет обеспечивать передачу трех сигналов и реализовывать функцию обеспечения целостности во всемирном масштабе.

1.3 Можно рассчитывать, что использование этих дополнительных сигналов и созвездий спутников принесет гражданской авиации ряд выгод. Существующие системы могут быть объединены в целях повышения надежности, в результате чего будут расширены возможности в части удовлетворения требований к характеристикам в условиях помех или системных отказов. Кроме того, улучшение характеристик может быть достигнуто в номинальных условиях при комбинированном использовании сигналов независимых систем. Это означает, что в некоторых регионах использование комбинированного созвездия спутников, по всей вероятности, позволит обеспечить такие уровни навигационного обслуживания, для которых ранее требовалось использование систем функционального дополнения. И наконец, наличие нескольких созвездий могло бы снять остроту организационно-правовых вопросов, связанных с использованием одного поставщика услуг.

1.4 Введение этих новых элементов также поднимает ряд технических, экономических и организационных вопросов, которые требуют решения в целях полномасштабной реализации предлагаемых возможностей.

2. ВОЗМОЖНОСТИ, СВЯЗАННЫЕ С НОВЫМИ СИГНАЛАМИ И СОЗВЕЗДИЯМИ СПУТНИКОВ

2.1 Сроки внедрения

2.1.1 Согласно нынешним оценкам различные созвездия спутников начнут предоставлять обслуживание в следующие сроки:

- a) GPS/L1: предоставляется в настоящее время;
- b) GPS/L5: начальные эксплуатационные возможности – 2012 год, полные эксплуатационные возможности – 2015 год;
- c) ГЛОНАСС/L1: предоставляется в настоящее время (число действующих спутников ограничено);
- d) ГЛОНАСС/L3: появится с 2008 года;
- e) Галилео/L1: появится с 2008 года;
- f) Галилео/E5a: появится с 2008 года; и
- g) Галилео/E5b: появится с 2008 года.

2.1.2 На апробацию/сертификацию нового сигнала/созвездия спутников полномочными органами гражданской авиации потребуются, вероятно, дополнительно один-два года, прежде чем будет утверждено использование данных сигналов для видов применения, связанных с обеспечением безопасности человеческой жизни. Такой подход предполагает, что эксплуатационное использование новых сигналов и обслуживание на основе комбинированного использования созвездий спутников может начаться в 2010 году.

2.1.3 Осуществляемое в рамках ИКАО планирование стандартизации GNSS предусматривает разработку и апробацию SARPS для упомянутых выше элементов GNSS по мере продвижения разработки этих элементов.

2.2 Технические и эксплуатационные возможности

2.2.1 Оценка уязвимости GNSS и методов ее снижения (см. AN-Conf/11-WP/17) показывает, что этой системе присущи качества, которые позволяют в максимально возможной степени повысить надежность спутниковой навигации в части снижения подверженности воздействию помех. В этом отношении каждый новый сигнал GNSS будет в большей степени защищен от помех, чем сигнал GPS/L1, по причине его более высокой мощности и более широкой полосы, что в результате обеспечивает более высокую помехоустойчивость. Кроме того, все сигналы, предназначенные для видов применения, связанных с обеспечением безопасности человеческой жизни, будут находиться в преимущественном положении в результате принятия защитных мер, предусмотренных Международным союзом электросвязи (МСЭ) в области распределения частот для полос, распределенных авиационным радионавигационным службам (ARNS).

2.2.2 Кроме того использование различных частот представляет собой очень эффективный метод борьбы с непреднамеренной помехой, поскольку маловероятно, что такой источник помех одновременно затронет несколько частот. Полученные сведения указывают на то, что все основные созвездия спутников (GPS, ГЛОНАСС и Галилео) будут обеспечивать обслуживание на нескольких частотах, и любое сочетание этих двух систем обеспечит предоставление сигнала по крайней мере на одной, не являющейся общей для них, частоте.

2.2.3 Кроме того, при комбинированном использовании спутников будет действенным образом снижаться влияние атмосферных эффектов. Последствия потери сигнала, что может иметь место сегодня в экваториальных районах, и в меньшей степени высоких широтах, в условиях сильных ионосферных сцинтилляций будут значительно меньшими в случае использования большего числа спутников. На уровне пользователя это достигается посредством комбинированного использования результатов различных измерений, произведенных с разных созвездий спутников.

2.2.4 При использовании спутников, работающих на одной частоте, ошибки, обусловленные состоянием ионосферы должны корректироваться системами GBAS и SBAS. В условиях применения сигналов с каждого спутника, передаваемых на нескольких частотах, исправление ошибки происходит в приемнике. При комбинированном использовании созвездий спутников ограничения в отношении готовности и непрерывности обслуживания, в настоящее время связанные с такими факторами, как ионосферные сцинтилляции, техническое обслуживание системы, отказы космического сегмента или экранирование за счет рельефа местности/зданий (например, для выполняемых на основе использования GNSS наземных операций), станут менее жесткими в связи с нахождением в пределах видимости большего числа спутников.

2.2.5 В тех районах, где целостность данных не обеспечивается (посредством SBAS или будущих основных созвездий спутников), улучшение характеристик может быть достигнуто за счет комбинированных измерений, выполняемых с нескольких спутниковых созвездий совместно с ABAS, хотя и с меньшей надежностью. В ряде случаев это позволит устранить необходимость в развертывании SBAS, а в других случаях – упростить ее архитектуру.

2.2.6 Ряд государств уже рассматривает потенциальные выгоды от повышения надежности GNSS, что достигается за счет использования различных частот в одном созвездии спутников. Комбинированное использование различных сигналов по крайней мере от двух упомянутых спутниковых созвездий обеспечит на уровне пользователя дальнейшее повышение надежности, улучшение

характеристик, а также в значительной степени облегчит решение организационно-правовых вопросов, связанных с использованием одного созвездия спутников.

2.3 Возможности, связанные с решением организационно-правовых вопросов

2.3.1 Использование нескольких созвездий спутников обусловлено не только техническими причинами. Определенную роль здесь играют и организационно-правовые вопросы, связанные с управлением и эксплуатационной надежностью одного созвездия спутников, угрозой отказа в обслуживании, а также возможностью серьезных отказов в основном созвездии. Наличие нескольких независимых созвездий спутников, обеспечиваемых независимыми поставщиками обслуживания, предоставит возможность:

- a) службам спутниковой навигации продолжать обеспечивать номинальные характеристики несмотря на отсутствие финансовых ресурсов, необходимых для поддержания конкретного созвездия спутников, трудности технического характера, связанные с эксплуатацией созвездий, неудачными запусками спутников или их разрушением в чрезвычайных ситуациях;
- b) навигационным службам работать на всемирной основе даже в том случае, если характеристики одного созвездия спутников ухудшаются или происходит отказ в предоставлении обслуживания во всей зоне действия в ходе чрезвычайного положения в государстве, как это оговорено в Конвенции о международной гражданской авиации (см. статья 89). В этом случае независимо управляемое второе созвездие спутников может по-прежнему предоставлять обслуживание; и
- c) навигационным службам работать в случае прерывания сигнала или существенного изменения одного созвездия спутников, среднесрочного прерывания обслуживания, обеспечиваемого одним созвездием, или решения поставщика одного спутникового созвездия прекратить предоставление обслуживания.

3. ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ВВЕДЕНИЕМ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ НЕЗАВИСИМЫХ СОЗВЕЗДИЙ СПУТНИКОВ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДОПОЛНЕНИЙ

3.1 Сложности, связанные с использованием элементов в различных сочетаниях

3.1.1 Введение элементов независимых созвездий спутников и систем функционального дополнения приводит к техническому усложнению всей системы. Эта проблема должна надлежащим образом решаться как в технической, так и в эксплуатационной областях, с тем чтобы гарантировать эксплуатантам воздушных судов получение описанных выше выгод, а также превышение этих выгод над расходами.

3.1.2 Развитие GNSS может сопровождаться дальнейшим увеличением сложности, если будет наблюдаться рост числа бортовых приемников, которые различными способами используют разные сочетания независимых элементов GNSS. Кроме того предполагалось, что появятся такие структуры, которые в дальнейшем расширят функциональные возможности посредством интеграции GNSS и инерционных систем. Естественно, что рынок воспрепятствует появлению структур, в которых используются сочетания, не обеспечивающие экономическую выгоду, но фрагментация, несомненно, может иметь место. В целях извлечения максимальной выгоды поставщикам аэронавигационного

обслуживания, эксплуатантам и изготовителям воздушных судов придется работать на совместной основе, с тем чтобы привести возможности в соответствие с требуемыми навигационными характеристиками и опубликованными схемами захода на посадку.

3.1.3 Предполагалось, что поставщики аэронавигационного обслуживания потребуют, чтобы им в реальном масштабе времени представляли сведения о способности обеспечения различными сочетаниями элементов системы GNSS опубликованных уровней обслуживания, предусматриваемых для пользователей с различными уровнями возможностей. Такой подход вытекает из нынешней концепции контроля системы, в рамках которой поставщик обслуживания может контролировать отдельные наземные средства и каждое средство обеспечивает оговоренное обслуживание. Тем не менее такой подход, по всей вероятности, не будет подходить для будущего производства полетов на основе использования GNSS, особенно когда будет введено несколько сигналов и созвездий спутников. В этой связи следует пересмотреть текущее состояние реализации концепции обеспечения контроля.

3.1.4 В зависимости от стратегии внедрения SARPS ИКАО столкнется с трудностями в части стандартизации нескольких сочетаний элементов. Наилучшим решением может являться стандартизация новых сигналов на индивидуальной основе посредством дополнения SARPS инструктивным материалом по использованию этих новых сигналов и их сочетаний.

3.2 Системные издержки эксплуатантов воздушных судов и поставщиков обслуживания

3.2.1 С точки зрения пользователя введение дополнительных сигналов и созвездий спутников потребует замены существующих приемников и антенны воздушных судов. Новые приемники и антенны будут более сложными и, по всей вероятности, будут стоить больше, чем нынешнее поколение бортового оборудования GNSS. Тем не менее, учитывая постоянное совершенствование технологии изготовления приемников, такое увеличение расходов, по всей вероятности, будет относительно умеренным.

3.2.2 Наиболее жизнеспособной стратегией для эксплуатантов воздушных судов может оказаться переоборудование, осуществляемое только в случае положительных результатов исследования по коммерческому использованию. Расходы на переоборудование можно сократить, если изготовители предусмотрят простые варианты усовершенствования программного обеспечения и аппаратного оборудования. Другие элементы этой стратегии будут заключаться в закупке новых воздушных судов, бортовое радиоэлектронное оборудование которых будет соответствовать состоянию развития GNSS. Такой подход выдвигает на первый план необходимость заранее знать стандарты и планы, связанные с введением новых сигналов.

3.2.3 Что касается GBAS, то система, способная осуществлять функциональное дополнение двух основных созвездий спутников (например, GPS/ГЛОНАСС или GPS/Галилео), может оказаться более дорогостоящей вследствие более высокой сложности элементов эталонных приемников и антенн. С другой стороны, поставщики обслуживания, использующие относительно новое оборудование GBAS, которое функционально дополняет одно созвездие спутников, не будут спешить вводить новое оборудование и примут решение о модернизации системы, опираясь главным образом на соображение номинального срока службы.

3.2.4 В целях сведения к минимуму последствий, вызванных возможными расходами, и получения максимальных выгод, ИКАО при разработке стандартов на новые элементы сигнала GNSS должна подготовить рекомендации в отношении наиболее многообещающих сочетаний элементов и сигналов.

3.3 Последствия нормативных ограничений

3.3.1 Нынешнее бортовое радиоэлектронное оборудование GNSS автоматически выбирает подлежащие использованию спутники или элементы функционального использования*. В будущем нормативные положения государства могут потребовать или запретить использование определенных элементов GNSS или их сочетаний. Такое положение дел может привести к значительным расходам пользователей, связанных с дополнительными органами управления в кабине, процедурами обучения летных экипажей и обеспечением технического обслуживания. В случае необходимости выбора каждого независимого элемента GNSS интерфейс бортового электронного оборудования станет очень сложным. Обучение экипажей использованию этого интерфейса и режимов эксплуатации системы, которые должны выбираться в различных частях воздушного пространства, будет сопряжено с большими расходами. Кроме того, наличие сложного интерфейса бортового радиоэлектронного оборудования может привести к повышению рабочей нагрузки на пилотов и повлиять на безопасность полетов.

3.3.2 Эти потенциальные последствия потребуют, чтобы ИКАО предложила государствам осуществлять планирование и внедрение обслуживания GNSS таким образом, чтобы избежать введения ограничений на использование конкретных элементов GNSS по организационно-правовым причинам.

4. ВЫВОДЫ

4.1 Системы GPS, ГЛОНАСС и Галилео будут представлять собой независимо эксплуатируемые созвездия спутников, обеспечивающие передачи независимых сигналов. Таким образом, в случае комбинированного использования различных созвездий спутников отказ в обслуживании предоставляемого GNSS будет чрезвычайно маловероятным.

4.2 Вследствие этого увеличение числа сигналов и созвездий спутников GNSS предоставит гражданской авиации значительные выгоды в части повышения надежности улучшения характеристик, а также упрощения наземной инфраструктуры GNSS и решения организационно-правовых вопросов.

4.3 Внедрение разнообразных возможных сочетаний элементов приведет к усложнению всей системы и повлечет за собой негативные экономические последствия, в частности для пользователей. Данную проблему можно решить путем тщательной оценки и отбора наиболее целесообразных сочетаний для широкого внедрения.

4.4 Надлежащее решение вопросов, связанных с использованием независимых основных созвездий спутников, других элементов GNSS и их сочетаний, введением новых созвездий спутников и дополнительных сигналов будет способствовать переходу к GNSS как глобальной системе, обеспечивающей все этапы полета воздушных судов.

* Это очевидно, за исключением точных заходов на посадку с помощью GBAS, когда имеется возможность выбора канала, с тем чтобы перевести приемник на использование конкретной системы функционального дополнения GBAS.

5. **ДЕЙСТВИЯ КОНФЕРЕНЦИИ**

5.1 Конференции предлагается принять следующие рекомендации:

Рекомендация 6/С. Разработка инструктивного материала по применению новых элементов GNSS и их сочетаний

Рекомендуется, чтобы ИКАО при разработке стандартов на новые элементы и сигналы GNSS рассмотрела вопросы, связанные с использованием нескольких сигналов и их сочетаний, а также разработала инструктивный материал по наиболее многообещающим сочетаниям элементов GNSS.

Рекомендация 6/D. Преимущества и регламентирующие аспекты использования нескольких сигналов GNSS

Рекомендуется, чтобы государства при планировании внедрения обслуживания на основе GNSS в полной мере учитывали будущие преимущества, получаемые за счет использования независимых базовых основных созвездий спутников, прочих элементов GNSS и их сочетаний, а также избегали введения ограничений на использование конкретных элементов систем по организационно-правовым причинам.

– КОНЕЦ –