

ОДИННАДЦАТАЯ АЭРОНАВИГАЦИОННАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

Монреаль, 22 сентября – 3 октября 2003 года

Пункт 6 повестки дня. Вопросы аэронавигации

ПРОБЛЕМЫ УЯЗВИМОСТИ GNSS И МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ, ВКЛЮЧАЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАЗЕМНЫХ, БОРТОВЫХ И ПРОЦЕДУРНЫХ СРЕДСТВ

(Представлено Секретариатом)

АННОТАЦИЯ

Настоящий документ основывается на результатах исследования, проведенного Группой экспертов по глобальной навигационной спутниковой системе (GNSSP) по поручению Аэронавигационной комиссии ИКАО. В документе рассматриваются вопросы, связанные с проблемой уязвимости GNSS, а также предлагаются соответствующие методы ее решения, включая использование инерциальных навигационных систем, наземных средств и процедур. Дополнительные меры по решению проблемы уязвимости системы появятся с введением новых сигналов и созвездий спутников GNSS. Кроме того, в документе предлагается, чтобы государства проанализировали проблемы уязвимости системы для своего воздушного пространства и выбрали соответствующие методы их решения в зависимости от характера воздушного движения в рассматриваемом воздушном пространстве и подлежащих обеспечению видов полетов. Соответствующие методы решения проблемы уязвимости обеспечат безопасное выполнение полетов при переходе к использованию GNSS и позволят государствам сократить масштабы нынешней инфраструктуры наземных навигационных средств, а также избежать необходимости поставки новых наземных навигационных средств.

На данный момент не установлено, что факторы уязвимости ставят под угрозу окончательную цель, заключающуюся в переходе к использованию GNSS как глобальной системе, обеспечивающей все этапы полета.

Действия Конференции изложены в п. 7.

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 В настоящее время во всем мире идет постепенное внедрение GNSS, которая способна удовлетворять требованиям к характеристикам для всех этапов полета, а также оказывать благоприятное воздействие на безопасность и эффективность полетов за счет совершенствования навигации. Поскольку выполнение полетов на основе использования GNSS получает все более широкое распространение, важное значение имеет вопрос определения поставщиками обслуживания уязвимости этой системы и разработки соответствующих методов ее снижения. В настоящем документе рассматриваются вопросы уязвимости GNSS, а также соответствующие методы ее снижения, которые могут по необходимости применяться. При разработке этого документа были учтены несколько других исследований в области уязвимости, а также рассмотрены поднятые в них проблемы и сформулированные рекомендации. Большинство рассмотренных вопросов, связанных с уязвимостью, являются общими по отношению к другим навигационным системам, обеспечивающим авиационное радионавигационное обслуживание, однако эти системы в настоящем документе не рассматриваются.

2. УЯЗВИМОСТЬ СИГНАЛА GNSS

2.1 Помехи

2.1.1 Сигналы основных спутниковых созвездий GNSS и спутниковой системы функционального наполнения (SBAS) являются уязвимыми, поскольку их уровень на приемной стороне является относительно низким в связи с тем, что источники сигналов GNSS находятся на спутниках и каждый спутниковый сигнал охватывает значительную часть земной поверхности. В то время как радиовещательной передаче данных в диапазоне очень высоких частот (ОВЧ), ведущейся наземной системой функционального дополнения (GBAS), значительно труднее создать помеху (мощность сигнала этой системы аналогична мощности сигнала наземных аэронавигационных средств), обслуживание GBAS находится в зависимости от основных спутниковых сигналов. Влияние мешающих сигналов ограничено линией прямой видимости. Например, на высоте 600 м (2000 футов) выше уровня земли влияние наземного источника помех ограничивается по существу расстоянием, составляющим приблизительно 110 км (60 миль).

2.1.2 Стандарты и Рекомендуемая практика (SARPS) GNSS требуют оговоренного уровня характеристик в условиях наличия помех, определяемого помеховой маской в приемнике. Эти уровни помех, как правило, согласуются с положениями регламентов Международного союза электросвязи (МСЭ). Помеха, уровень которой превышает значение маски, может привести к потере обслуживания, однако не допускается, чтобы такая помеха приводила в результате к появлению опасной или ошибочной информации.

2.1.3 *Непреднамеренная помеха.* Большинство случаев воздействия помех на GNSS связано с бортовыми системами, и в результате накопленного в ходе установки GNSS опыта определено несколько источников непреднамеренных помех (например, паразитные излучения или гармоника оборудования ОВЧ-связи, а также внеполосные и паразитные излучения оборудования спутниковой связи). Портативные электронные устройства также могут вызвать помеху GNSS и другим навигационным системам.

2.1.3.1 Наземные источники помех в настоящее время включают в себя средства подвижной и фиксированной ОВЧ-связи, прямые радиолинии, работающие в полосе частот GNSS, гармонические составляющие излучения телевизионных станций, некоторые радиолокационные системы, системы подвижной спутниковой связи и системы военного назначения. Вероятность появления таких помех

зависит от правил государства в области использования спектра и распределения частот, а также обеспечения соблюдения установленных правил в каждом государстве или регионе.

2.1.4 *Преднамеренная помеха.* В связи с низкой мощностью сигналов GNSS существует возможность их подавления маломощными передатчиками. В то время как не были зарегистрированы случаи создания преднамеренных помех для гражданских воздушных судов, такая возможность должна учитываться и оцениваться как угроза.

2.2 Уводящие помехи

2.2.1 Постановка уводящих помех представляет собой преднамеренное искажение навигационных сигналов с целью вызвать отклонение воздушного судна от курса и направить его по ложной траектории. Постановка уводящих помех применительно к излучаемым со спутников GNSS сигналам в технологическом плане является гораздо более сложным делом, чем постановка уводящих помех для обычных наземных навигационных средств. Постановка уводящих помех сигналам радиовещательных передач данных GBAS является таким же трудным делом, как постановка уводящих помех для обычных средств посадки.

2.2.2 В то время как постановка уводящих помех теоретически может привести к уходу от истинного пути какого-либо конкретного воздушного судна, существует высокая вероятность того, что такие случаи можно выявить посредством использования обычных процедур (например, посредством контроля траектории полета и расстояния до точек пути или посредством радиолокационного наблюдения). Наземные системы предупреждения об опасном сближении с землей (GPWS) и бортовые системы предупреждения столкновений (БПС) представляют собой дополнительные средства защиты от столкновений с землей и с другими воздушными судами. С учетом трудности постановки уводящих помех системе GNSS и того факта, что какие-либо однозначно определенные эксплуатационные методы снижения уязвимости для этих помех не считаются необходимыми, уводящие помехи в настоящем документе далее более не рассматриваются.

2.3 Атмосферные эффекты

2.3.1 Интенсивные осадки вызывают затухание спутниковых сигналов GNSS только на доли децибел, что не оказывает влияние на эксплуатацию системы. Тропосферные влияния учитываются при разработке системы, и поэтому они не относятся к вопросу уязвимости. Имеется два ионосферных явления, которые необходимо учитывать: быстрые и значительные изменения состояния ионосферы и сцинтилляция. Изменения состояния ионосферы приводят к ошибкам в определении дальности, которые необходимо учитывать при разработке системы. Сцинтилляция может привести к временной потере сигналов GNSS от одного или нескольких спутников.

2.4 Прочие факторы уязвимости

2.4.1 Кроме того необходимо рассмотреть вопрос уязвимости наземного и космического сегментов GNSS. Существует опасность возникновения ситуаций, характеризующихся недостаточным числом спутников в данном созвездии в связи с отсутствием ресурсов, необходимых для поддержания данного созвездия, срывом (срывами) запуска или отказами спутников. Отказ сегмента управления или ошибка человека могут потенциально привести к отказу нескольких спутников в созвездии.

2.4.2 Другая опасность связана с прерыванием или ухудшением качества обслуживания в чрезвычайном положении, когда каждое государство, согласно Чикагской конвенции о международной гражданской авиации (см. статью 89), располагает свободой действий. Если непредоставление сигнала ограничивается конкретным районом, будет иметь место глушение всех гражданских сигналов GNSS,

однако затронутое воздушное пространство будет закрыто для полетов гражданских воздушных судов независимо от наличия сигнала. Другой менее вероятной ситуацией может являться ухудшение качества или отказ в предоставлении сигналов основного спутника или спутниковой системы функционального дополнения во всей зоне действия.

3. ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ПЕРЕРЫВОВ В РАБОТЕ GNSS

3.1 Имеется два принципиальных аспекта, которые необходимо учитывать при оценке возникающей в ходе эксплуатации опасности, связанной с уязвимостью GNSS:

- a) вероятность перерывов в работе GNSS;
- b) последствия перерывов в работе GNSS.

3.2 Посредством рассмотрения этих аспектов как функциональных показателей воздушного пространства поставщики аэронавигационного обслуживания могут определить необходимость использования методов снижения уязвимости и, если такая необходимость существует, на каком уровне. Решение проблемы уязвимости необходимо на случай появления перерывов в работе, характеризующихся вероятностью серьезных последствий – от умеренной до высокой.

3.3 Оценка вероятности перерыва в работе GNSS

Помеха

3.3.1 *Непреднамеренная помеха.* Наилучшим образом оценить эту опасность можно на основе опыта эксплуатации. Вероятность непреднамеренной помехи часто зависит от географических условий. Крупные города со значительным числом источников радиочастотных (РЧ) помех, промышленных районов и т. д. в большей степени подвержены непреднамеренным помехам, чем удаленные районы. Появление таких помех в отдаленных районах очень маловероятно.

3.3.2 *Преднамеренная помеха.* При определении вероятности проявления преднамеренной помехи системе GNSS каждому государству необходимо рассмотреть лежащие в основе этого побудительные мотивы. Побудительные мотивы могут быть обусловлены ущербом, который может быть причинен какому-либо данному району, или воздействием, которое отрицательно скажется на работе системы в отношении обеспечения авиационных и неавиационных видов применения. В случае если степень воздействия минимальна, потенциальная угроза является незначительной, поскольку побудительные мотивы для постановки помех отсутствуют. Степень потенциального отрицательного воздействия может возрастать по мере увеличения видов применения, основанных на использовании GNSS, и возрастания зависимости от этой системы.

Атмосферные эффекты (ионосфера)

3.3.3 Быстрые и значительные изменения в ионосфере часто наблюдается поблизости к геомагнитному экватору, однако их влияние недостаточно велико для того, чтобы отрицательно сказаться на выполнении полетов, начиная от полетов по маршруту и заканчивая неточными заходами на посадку. Для заходов на посадку с вертикальным наведением (APV) и точных заходов на посадку (PA) влияние этих изменений можно оценить, и в ходе проектирования систем функционального дополнения предусмотреть соответствующие меры смягчения последствий такого влияния. В экваториальных районах выполнение таких полетов, как APV и PA, при использовании одной частоты GNSS может носить ограниченный характер.

3.3.4 Ионосферные сцинтилляции имеют маловажное значение в средних широтах. В экваториальных районах, и в меньшей степени в высоких широтах, сцинтилляции могут привести к временной потере сигнала от одного или нескольких спутников. Опыт эксплуатации в экваториальных районах показал, что вероятность потери нынешнего обслуживания, предоставляемого GNSS, является незначительной вследствие относительно большого числа наблюдаемых спутников. Сцинтилляции могут привести к прерыванию приема радиовещательных сигналов SBAS, использующих спутники, расположенные на геостационарной (GEO) орбите.

3.4 Оценка влияния перерывов в обслуживании, предоставляемого GNSS

3.4.1 Влияние перерывов в предоставляемом GNSS обслуживании на навигационное обслуживание зависит от следующих факторов:

- a) тип воздушного пространства: выбор времени предпринятия корректирующих действий является более критичным для районов аэродромов, чем для воздушного пространства, в котором осуществляются полеты воздушных судов на маршрутах на больших высотах, а при полете по маршруту – для воздушного пространства, в котором действуют более жесткие минимумы эшелонирования;
- b) плотность воздушного движения: в районах с высокой плотностью воздушного движения использование радиолокационного наведения или применение пилотами соответствующих процедур может оказаться практически нецелесообразным вследствие рабочей нагрузки;
- c) уровень обслуживания: для пролета через зону, где отсутствует обслуживание GNSS, все, что потребуется пилотам воздушных судов, выполняющих полеты, к которым предъявляются менее строгие требования, – это вести счисление пути;
- d) наличие и состав оборудования других навигационных систем: воздушные суда, которые могут осуществлять навигацию с помощью других средств, не будут подвержены влиянию перерывов в работе GNSS;
- e) радиолокационное наблюдение: при наличии первичного или вторичного радиолокатора органы УВД смогут оказывать более значительную помощь в целях обеспечения эшелонирования и направления воздушных судов в альтернативные аэропорты;
- f) масштабы воздействия, обусловленного перерывом в обслуживании, которое предоставляется GNSS: размер географической зоны, затронутой перерывом в обслуживании и продолжительность этого перерыва;
- g) оценка перерыва в обслуживании: способность поставщика аэронавигационного обслуживания быстро оценить масштабы воздействия перерыва в обслуживании; и
- h) метеорологические условия: в то время как при оценке влияния перерыва в обслуживании целесообразно допустить наличие приборных метеорологических условий (ПМУ), географический размер зоны действия (ПМУ) и метеорологические параметры в любом анализе должны носить реалистический характер.

3.4.2 Влияние перерывов в обслуживании, предоставляемого GNSS, на другие службы также подлежит рассмотрению. GNSS часто используется в системах связи и радиолокации как источник

точных сигналов синхронизации. Кроме того, GNSS может использоваться для службы автоматического зависящего наблюдения (ADS). Уязвимость такого элемента, как синхронизация, может рассматриваться при проектировании системы, а виды применения ADS выходят за рамки настоящего документа.

4. СНИЖЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ПЕРЕРЫВОВ В ОБСЛУЖИВАНИИ, ПРЕДОСТАВЛЯЕМОГО GNSS

4.1 Установка и эксплуатация оборудования

4.1.1 Появление помех на воздушных судах может быть предотвращено посредством надлежащей установки оборудования GNSS, его интеграции с другими системами воздушного судна (например, экранирование, разнесение антенн, отфильтровывание внеполосных сигналов), а также путем наложения ограничений на использование на борту воздушных судов портативных электронных устройств.

4.2 Распределение спектра

4.2.1 *Распределение спектра.* Эффективное распределение спектра является основным средством снижения уязвимости для непреднамеренных помех, излучаемых источниками искусственного происхождения. Опыт эксплуатации показал, что угроза непреднамеренных помех может фактически быть устранена посредством применения методов эффективного распределения спектра. Имеются три следующих аспекта эффективного распределения спектра:

- a) разработка правил/законов, которые регламентируют использование спектра;
- b) обеспечение соблюдения этих правил/законов;
- c) бдительность при оценке новых источников РЧ (новых систем) в целях гарантии того, что они не будут оказывать влияние на работу GNSS.

4.2.2 *Определение местонахождения источника помехи и прекращения его работы.* Способность определить местонахождение источника помехи и незамедлительно прекратить излучение помехи в системе GNSS является одним из имеющих критическое значение элементов. Основной метод обнаружения источника помехи заключается в передаче пилотами соответствующих донесений. Поскольку в случае первого появления помехи отказ в обслуживании может одновременно сказаться на многих воздушных судах, автоматизированный способ передачи донесений о перерыве в обслуживании (например, передача сообщений по линии автоматической передачи данных) сократит рабочую нагрузку и облегчит определение размера зоны, затронутой данным перерывом в обслуживании, и местонахождение источника помехи. Система обнаружения помех может быть реализована как на борту воздушных судов, так и на земле.

4.3 Новые сигналы и созвездия

4.3.1 Использование новых сигналов и основных созвездий спутников позволит значительно снизить уязвимость GNSS. Применение более сильных сигналов и различных частот, запланированных для систем GPS, ГЛОНАСС и "Галилео", значительно снизит риск, связанный с влиянием непреднамеренной помехи, поскольку в высшей степени маловероятно, что источник такой помехи одновременно затронет несколько частот. Дополнительные спутники (включая несколько созвездий спутников) устраняют риск полной потери предоставляемого GNSS обслуживания вследствие сцинтилляционного эффекта, а использование нескольких частот ослабит влияние, вызванное изменением

состояния ионосферы. Будущие геостационарные спутники ослабят влияние ионосферы на SBAS за счет того, что линии их радиовидимости будут разделены по крайней мере на 45° . Применение более надежных сигналов и новых частот GNSS затруднит создание непреднамеренных помех всем видам обслуживания GNSS. Дополнительные основные созвездия спутников снизят опасность отказа системы, эксплуатационных ошибок или прекращения обслуживания. Кроме того они могут продолжать предоставлять обслуживание в глобальном масштабе в маловероятной ситуации, когда поставщик одного элемента GNSS изменяет или прекращает обслуживание по причине чрезвычайного положения в государстве.

4.3.2 Надежное управление системой и ее финансирование являются элементами, имеющими важнейшее значение для бесперебойного обслуживания, предоставляемого GNSS, и они снижают уязвимость системы, о чем говорилось в п. 2.4, за исключением случаев возможного глобального прерывания обслуживания вследствие чрезвычайного положения. Эффективный метод исключения глобального прерывания обслуживания заключается в том, чтобы поставщики обслуживания приняли концепцию непредоставления обслуживания в конкретных районах, когда это диктуется национальными чрезвычайными обстоятельствами.

5. УМЕНЬШЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕРЫВОВ В ОБСЛУЖИВАНИИ, ПРЕДОСТАВЛЯЕМОГО GNSS

5.1 Введение

5.1.1 В настоящее время для уменьшения влияния перерывов предоставляемого GNSS обслуживания на производство полетов воздушных судов используются три основных метода:

- a) использование инерциальных навигационных систем и соответствующих технических решений в приемниках GNSS;
- b) использование процедурных методов (пилотом и органом УВД); и
- c) использование наземных радионавигационных средств, применяемых в качестве резерва для GNSS или совместно с ней.

5.1.2 Приняв действенную концепцию, в рамках которой используется один или несколько методов, указанных в настоящем разделе, поставщик обслуживания сможет не только гарантировать безопасность полетов воздушных судов в случае перерыва предоставляемого в обслуживании GNSS, но и воспрепятствовать попыткам поставки преднамеренных помех посредством уменьшения последствий таких попыток.

5.2 Инерциальная навигационная система и технические решения в приемнике

5.2.1 Инерциальная навигационная система (INS) обеспечивает возможность осуществления зональной навигации в течение короткого промежутка времени после потери сигнала GNSS или другого сигнала обновления информации о местоположении. Многие авиатранспортные воздушные суда уже оснащены инерциальными системами и они стали более доступными эксплуатантам небольших воздушных судов местных воздушных линий как с точки зрения цены, так и с точки зрения возможности их приобретения. В связи с этим при оценке необходимости в наземных средствах следует учитывать возможность использования INS.

5.2.2 Кроме того, имеется ряд технических решений, повышающих надежность приемников GNSS с целью уменьшить влияние помех. Методы повышения устойчивости к преднамеренным помехам включают в себя применение усовершенствованных антенн (например, антенн с возможностью формирования провалов в диаграмме направленности) а также использование соответствующих способов обработки сигналов в приемнике. Поскольку расходы, сопряженные с использованием этих методов, имеют тенденцию к снижению, они могут стать более доступными альтернативами применению инерциальных навигационных систем для небольших воздушных судов.

5.3 Процедурные методы

5.3.1 В том случае, если в воздушном пространстве, где отсутствует радиолокационное наблюдение, в ходе перерыва обслуживания GNSS нельзя воспользоваться другими навигационными системами, воздушное судно может перейти на полет по счислению пути, поскольку большинство новых бортовых навигационных систем предусматривают реализацию возможности автоматического счисления пути. По возможности, пилоты могут перейти к визуальной навигации и выйти из района, затронутого отказом в обслуживании, или приземлиться в подходящем аэропорту. В случае потери предоставляемого GNSS обслуживания органы УВД могут оценить возможность потери бокового эшелонирования и там, где то возможно, использовать вместо этого вертикальное эшелонирование.

5.3.2 Аналогичные процедуры можно использовать в воздушном пространстве, где обеспечивается радиолокационное наблюдение, что дает органам УВД дополнительные возможности направлять воздушные суда через район, затронутый перерывом в обслуживании, в зависимости от рабочей нагрузки органов УВД и числа затронутых этим перерывом воздушных судов. Во многих случаях выполнение захода на посадку уже осуществляется с помощью радиолокационного наведения воздушных судов в целях их выхода на траекторию точного захода на посадку.

5.3.3 В неконтролируемом с помощью радиолокационных станций воздушном пространстве в целях поддержания эшелонирования и реализации попыток определения протяженности зоны перерывов в обслуживании пилоты могут вести связь между собой по каналу связи "воздух – воздух".

5.3.4 Успешное использование процедурных средств в целях обеспечения эшелонирования и отклонения от курса в целях обхода затронутого перерывом района зависит от всех факторов, упомянутых в п. 3.4. Наиболее важным соображением является уровень, до которого воздушное судно должно оснащаться другими средствами навигации, такими, как средства инерциальной навигации.

5.3.5 В процедурах работы пилотов и диспетчеров управления воздушным движением, а также при их обучении следует учитывать уязвимость GNSS и отразить методы эффективных ответных действий в случае возникновения помех и введения альтернативных процедур, а также передачи донесений о наличии помехи и зоне ее действия.

5.4 Наземные радионавигационные средства

5.4.1 В настоящее время одним из наиболее эффективных средств, сводящих к минимуму воздействие на воздушное судно перерывов в обслуживании предоставляемого GNSS, является возврат к использованию наземных навигационных систем. Поскольку по мере завершения перехода к использованию GNSS масштабы инфраструктуры наземных средств будут сокращаться, основной упор будет делаться на использование других методов смягчения последствий перерыва в обслуживании предоставляемого GNSS. По мере того как будут преобладать полеты, основанные на использовании GNSS, а воздушное пространство вместе с соответствующими процедурами все больше будет ориентироваться на обеспечение зональной навигации (RNAV), будет происходить эволюция эксплуатационных возможностей наземной инфраструктуры. В целях обеспечения зональной навигации

для полетов по маршруту и в районе аэродромов воздушных судов, оснащенных системами управления полетом, которые задействуют несколько станций DME, может использоваться инфраструктура DME. Аналогичная возможность может быть реализована для заходов на посадку в условиях использования RNAV в случае достаточной зоны действия станции DME.

5.4.2 В тех случаях, когда обратный переход к наземным навигационным средствам не обеспечивает реализацию возможности RNAV, необходимо рассмотреть вопросы, связанные с рабочей нагрузкой и переходом к использованию альтернативных маршрутов и процедур. Однако после внедрения полетов по этим альтернативным маршрутам полеты могут осуществляться в случае прекращения помехи столько, сколько это необходимо.

5.4.3 Если установлено, что необходимо альтернативное обслуживание, обеспечивающее точные заходы на посадку, можно воспользоваться системой посадки по приборам (ILS) или микроволновой системой посадки (MLS). Это, по всей вероятности, влечет за собой сохранение минимального числа таких систем в аэропорту или в рассматриваемом районе.

6. ВЫВОДЫ

6.1 *Непреднамеренная помеха.* Вероятность и эксплуатационные последствия таких помех варьируются в зависимости условий. Непреднамеренная помеха не считается значительной угрозой при условии, что государство обеспечивает надлежащий контроль и защиту электромагнитного спектра как в условиях нынешнего, так и нового распределения частот. Кроме того, введение сигналов GNSS, передаваемых на новых частотах, будет гарантировать, что непреднамеренные помехи не приведут к полной потере обслуживания GNSS.

6.2 *Преднамеренная помеха.* Степень опасности, которую представляют собой преднамеренные помехи, зависит от характера проблем, решаемых государствами. Если государства сочтут, что степень опасности в конкретных районах является неприемлемой, то безопасность и эффективность полетов в этих районах могут поддерживаться посредством принятия действенной концепции сведения к минимуму последствий воздействия такой помехи, в основе которой лежит сочетание соответствующих методов, применяемых на борту (например, использование INS), процедурных методов, а также наземных навигационных средств.

6.3 *Ионосфера.* Сцинтилляции могут привести к потере спутниковых сигналов GNSS в экваториальных и авроральных районах, однако маловероятно, что они приведут к полной потере обслуживания предоставляемого GNSS, и проблема уязвимости в данном случае будет решаться с помощью использования дополнительных новых сигналов и спутников GNSS. Изменения состояния ионосферы могут ограничить обслуживание, предоставляемое SBAS и GBAS в экваториальном районе при использовании одной частоты GNSS, в связи с чем такие изменения необходимо учитывать при проектировании систем функционального дополнения.

6.4 *Прочие факторы уязвимости.* Независимо управляемые созвездия спутников, надлежащее финансирование и создание надежных систем в значительной степени смягчают последствия системного отказа, эксплуатационных ошибок и прекращения обслуживания.

6.5 Государствам следует оценить уязвимость GNSS для своего воздушного пространства и выбрать соответствующие методы решения этой проблемы в зависимости от рассматриваемого воздушного пространства и видов обеспечиваемых полетов. Эти методы могут гарантировать безопасное выполнение полетов при переходе к использованию GNSS и предоставить государствам возможность избежать поставки новых наземных навигационных средств, сократить число таких средств, находящихся

в настоящее время на эксплуатации, и прекратить их работу в некоторых районах. Было установлено, что факторы уязвимости GNSS не могут дискредитировать окончательную цель перехода к GNSS как глобальной системе, обеспечивающей полеты воздушных судов на всех этапах.

7. ДЕЙСТВИЯ КОНФЕРЕНЦИИ

7.1 Конференции предлагается согласовать следующие рекомендации:

Рекомендация 6/А. Принципы снижения уязвимости GNSS

Рекомендуется, чтобы государства при планировании и введении обслуживания GNSS:

- a) оценили вероятность и последствия уязвимости GNSS в своем воздушном пространстве, а также использовали, по мере необходимости, методы решения проблемы уязвимости, изложенные в инструктивном материале, который содержится в соответствующем добавлении к докладу по п. 6 повестки дня;
- b) обеспечили эффективное распределение спектра и защиту частот GNSS в целях снижения возможности возникновения непреднамеренных помех;
- c) в полной мере использовали методы решения проблемы уязвимости на борту воздушных судов, в частности, такие методы, как навигация, основанная на применении инерционных систем;
- d) в том случае, если установлено, что наземные средства необходимо сохранить как часть эволюционного перехода к GNSS, отдали приоритет сохранению станций DME, которые обеспечивают RNAV на основе использования INS/DME или DME/DME для полетов по маршруту и в районе аэродрома, а также сохранению ILS или MLS, которые обеспечивают точные заходы на посадку на отдельных ВПП;
- e) в полной мере реализовали будущие возможности новых сигналов и созвездий спутников GNSS по снижению уязвимости GNSS.

Рекомендация 6/В. Продолжение исследований вопросов, связанных с помехами GNSS

Рекомендуется, чтобы ИКАО, в целях оказания помощи государствам в решении проблемы уязвимости GNSS:

- a) оценила результаты проводимых в ряде Договаривающихся государств исследований в целях анализа ионосферных эффектов в экваториальных районах, с тем чтобы системы функционального дополнения могли уменьшить последствия этих эффектов для эксплуатации GNSS при использовании одной частоты; и
- b) рассмотрела вопрос о стандартизации автоматизированных средств передачи донесений об отказах GNSS и определения масштаба перерыва в обслуживании.

— — — — —

ДОБАВЛЕНИЕ

ПРИМЕРЫ ОЦЕНКИ УЯЗВИМОСТИ GNSS ПРИМЕНИТЕЛЬНО К НЫНЕШНИМ УСЛОВИЯМ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛЕТОВ

Принципы оценки влияния и вероятности перерывов в обслуживании предоставляемого GNSS представлены в разделе 3 этого документа. В настоящем добавлении представлены два примера возможного применения данной методики к нынешнему производству полетов на основе использования GNSS. В этих примерах не учитываются будущие сигналы или созвездия спутников GNSS.

1. **Перегруженное воздушное пространство: средние широты.** Приводимый ниже пример применяется к выполняемым ныне полетам с использованием GNSS в воздушном пространстве с высокой плотностью воздушного движения в регионе средних широт с эффективным распределением спектра.

1.1 *Непреднамеренная помеха.* С непреднамеренной помехой сталкиваются в Северной Африке и Европе. За последние несколько лет в Северной Африке было зарегистрировано семь подтвержденных случаев помех системе GPS. Основываясь на опыте эксплуатации, можно сделать вывод, что вероятность появления непреднамеренной помехи является маловероятной, однако ею не следует пренебрегать.

1.2 *Преднамеренная помеха.* В настоящее время отсутствуют какие-либо серьезные побудительные мотивы для создания преднамеренных помех GNSS. Ни одного случая преднамеренных помех в гражданской среде пока не отмечалось. Вероятность появления такой помехи в нынешних условиях производства полетов является незначительной. Угроза возникновения преднамеренной помехи может меняться с течением времени, по мере того как все большее количество полетов будет выполняться с использованием GNSS.

1.3 Влияние помехи заключается в том, что в результате ее воздействия предоставляемое GNSS обслуживание прерывается в пределах линии прямой видимости источника помехи. Большинство эксплуатантов в этих регионах оснащают свои воздушные суда инерциальными навигационными системами и/или FMS с возможностью обеспечения PNAV на основе использования DME/DME. Средства DME предоставляются в большей части воздушного пространства. В то время как некоторые воздушные суда не оснащены оборудованием, обеспечивающим возможности независимой RNAV, безопасность полетов этих воздушных судов может поддерживаться и полеты могут по-прежнему выполняться, но, возможно, с меньшей эффективностью. Следовательно, непреднамеренная и преднамеренная помехи оказывают умеренное влияние.

1.4 *Уводящие помехи.* Уводящие помехи не создают какие-либо значительные угрозы, и их влияние будет носить умеренный характер.

1.5 *Ионосферные эффекты.* В средних широтах ионосферные сцинтилляции, которые приводят к потере функции определения местоположения GNSS, никогда не проявлялись, поэтому вероятность такого события является незначительной. Ввиду краткосрочной продолжительности такого события, а также с учетом наличия наземных навигационных средств и высокого уровня оснащения воздушных судов соответствующим оборудованием, способным использовать эти средства, такие эффекты не приведут к каким-либо эксплуатационным последствиям.

1.6 *Краткое изложение.* В таблице 1 в краткой форме приводятся сведения о вероятности и эксплуатационных последствиях выявленных факторов уязвимости. В таблице представлены данные о

вероятности события в увязке с масштабом эксплуатационных последствий. Государствам следует принимать меры, направленные на снижение любого фактора уязвимости, характеризующегося незначительной вероятностью и серьезными эксплуатационными последствиями или достаточной вероятностью и какими-либо последствиями. Кроме того, следует учитывать факторы уязвимости, которым свойственна незначительная вероятность и умеренные последствия.

2. **Удаленные районы: экваториальный пояс.** Приводимый ниже пример применяется к нынешним условиям производства полетов на основе GNSS в удаленном воздушном пространстве с низкой плотностью воздушного движения, находящемся в экваториальном районе с эффективным распределением спектра.

2.1 *Непреднамеренная помеха.* Удаленные районы характеризуются меньшей вероятностью появления большей части источников непреднамеренных помех. При эффективном распределении спектра вероятность помех в этих районах может оказаться ничтожно малой. Вследствие отсутствия радиолокационного обслуживания масштабы последствий перерывов в обслуживании могут варьироваться от умеренных до серьезных.

2.2 *Преднамеренная помеха.* Случаи появления преднамеренной помехи не наблюдались и какие-либо значительные побудительные мотивы для создания преднамеренной помехи GNSS в районах с низкой плотностью воздушного движения и удаленных районах отсутствуют. Применительно к нынешним условиям производства полетов вероятность такой помехи считается ничтожно малой. Угроза преднамеренной помехи может изменяться с течением времени по мере того, как все большее число полетов будет выполняться на основе использования GNSS. Преднамеренная помеха вызывает те же последствия, что и непреднамеренная помеха.

2.3 *Уводящая помеха.* Уводящие помехи не представляют собой какой-либо значительной угрозы и их влияние будет носить умеренный характер.

2.4 *Ионосферные эффекты.* В экваториальных районах существует вероятность появления ионосферных сцинтилляций, которые оказывают влияние на характеристики GNSS. Эксплуатационные последствия носят умеренный характер, поскольку в данном случае имеет место ухудшение характеристик, а не полная потеря навигационных возможностей. Условия, приводящие к полной потере функции определения местоположения, действуют в течение короткого периода времени, и при малой плотности воздушного движения по-прежнему будет обеспечиваться безопасность полетов.

2.5 *Краткое изложение.* В таблице 2 в краткой форме приводятся сведения о вероятности и эксплуатационных последствиях выявленных факторов уязвимости. Наиболее важный вопрос заключается в возможности появления ионосферных сцинтилляций. Государствам следует принять меры, направленные на уменьшение последствий такого влияния. Это можно достигнуть посредством:

- a) применения эксплуатационных процедур, которые обеспечивают непрерывное выполнение полетов в ходе кратковременных перерывов в обслуживании предоставляемого GNSS; и
- b) продолжения исследований вопросов продолжительности и вероятности появления сильных сцинтилляций.

Таблица 1. Перегруженное воздушное пространство: средние широты

		Эксплуатационные последствия		
		Отсутствуют	Умеренные	Серьезные
Вероятность	Ничтожно малая	Ионосферные эффекты	Преднамеренная помеха; уводящая помеха;	
	Незначительная		Непреднамеренная помеха	
	Достаточная			

Таблица 2. Удаленные районы: экваториальный пояс

		Эксплуатационные последствия		
		Отсутствуют	Умеренные	Серьезные
Вероятность	Ничтожно малая		Непреднамеренная и преднамеренная помехи; уводящая помеха;	
	Незначительная			
	Достаточная		Ионосферные эффекты	

3. В тех случаях, когда анализ указывает на отсутствие критических проблем, связанных с уязвимостью, внедрение мер организации спектра по-прежнему имеет важное значение для уменьшения, насколько это возможно, количества перебоев обслуживания.

Справочный материал

- [1] Interference Assessment of GPS, Working Paper 91 and Information Paper 119, Special Communication/Operational Divisional Meeting, 1995.
- [2] GPS Mitigation Techniques, Information Paper 120, Special Communication/Operational Divisional Meeting, 1995.
- [2] RTCA/DO-235, Assessment of Radio Frequency Interference Relevant to the GNSS, 27 January 1995.
- [3] GPS Risk Assessment Study, Final Report, published by the Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, January 1999.

- [4] Vulnerability Assessment of the Transportation Infrastructure Relying on the Global Positioning System, Final Report, published by the Volpe National Transportation System Center, 29 August 2001.
- [5] Impact on Compatibility of UK Commercial Services Resulting from Loss of GPS Signals, Qinetiq, October 2001, commissioned by the UK Radio Agency.
- [6] Ionospheric Research Issues for SBAS, SBAS Ionospheric Working Group, September, 2002.