



РАБОЧИЙ ДОКУМЕНТ

АССАМБЛЕЯ — 42-Я СЕССИЯ

ТЕХНИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

Пункт 24 повестки дня. Приоритетные инициативы в области авиационной безопасности и аэронавигации

БОРЬБА С УЯЗВИМОСТЯМИ GNSS В АВИАЦИИ: УСИЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И НЕПРЕРЫВНОСТИ ОПЕРАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ УГРОЗ

(Подготовлено Международным координационным советом ассоциаций аэрокосмической промышленности (ИККАИА), Организацией по аэронавигационному обслуживанию гражданской авиации (КАНСО), Международной федерацией ассоциаций линейных пилотов (ИФАЛПА) и Международным советом деловой авиации (МСДА))

КРАТКАЯ СПРАВКА

В настоящем документе рассматривается текущая ситуация с уязвимостями GNSS, их последствия для авиации, возможные способы их устранения, а также предлагается ряд рекомендаций для ИКАО и сообщества гражданской авиации, направленных на устранение последствий глушения и подмены сигналов GNSS.

Действие: Ассамблее предлагается:

- a) призвать страны-участницы разработать системы обнаружения помех и поддерживать средства предоставления операторам своевременной и актуальной информации о наличии помех в работе GNSS;
- b) поручить ИКАО во взаимодействии со странами и/или отраслевыми участниками поддержать разработку стандартов и руководств по предоставлению операторам актуальной информации о наличии помех;
- c) поручить ИКАО ускорить работу по определению и стандартизации дополнительных систем PNT, которые выходят за рамки возможностей действующих стандартных средств навигации;
- d) поручить ИКАО ускорить разработку стандартов проверки подлинности сигналов основных спутниковых группировок и дополнительных средств GNSS;
- e) поручить ИКАО в сотрудничестве со странами, организациями по разработке стандартов (RTCA, EUROCAE, IEEE и др.) и отраслью разработать требования и соответствующие рабочие стандарты синхронизации времени во всех сферах деятельности авиакомпаний для повышения безопасности и эффективности эксплуатации воздушных судов. Это должно включать руководства по требуемым уровням гарантированной синхронизации времени с указанием точности, подлинности и непрерывности синхронизации времени;
- f) призвать страны сотрудничать с отраслью, стимулировать отрасль и помочь отрасли продолжать разработку и внедрение технологий, повышающих стойкость приемников GNSS и воздушных судов, на которых они установлены, к глушению и подмене сигналов GNSS.

¹ Тексты документов на английском, арабском, испанском, китайском, русском и французском языках представлены ИККАИА.

<i>Стратегические цели</i>	Настоящий рабочий документ связан со стратегическими целями: <i>"Каждый полет безопасен и защищен"</i> и <i>"Авиация обеспечивает бесперебойную, доступную и надежную мобильность для всех"</i>
<i>Финансовые последствия</i>	Нет
<i>Справочные документы</i>	A32-20 <i>"Разработка и развитие соответствующих долгосрочных юридических рамок для управления внедрением GNSS"</i>

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 Глобальные навигационные спутниковые системы (GNSS) крайне важны для современной авиации. Они предоставляют важную информацию о позиционировании, навигации и хронометраже (PNT) для различных функций с целью повышения безопасности и эффективности эксплуатации воздушных судов. Однако участвовавшие случаи радиочастотных помех (RFI) для GNSS в виде глушения и подмены сигналов представляют собой значительные проблемы для безопасности и надежности эксплуатации воздушных судов.

1.2 В настоящем документе рассматривается текущая ситуация с уязвимостями GNSS, их последствия для авиации, возможные способы их устранения, а также предлагается ряд рекомендаций для ИКАО и сообщества гражданской авиации, направленных на устранение последствий RFI для GNSS (т. е. глушения и подмены сигналов).

2. ОБСУЖДЕНИЕ

2.1 За последние несколько лет участились случаи радиочастотных помех GNSS. В настоящее время в некоторых регионах мира перебои в работе из-за радиочастотных помех GNSS стали повседневным явлением, что привело к снижению уровня безопасности, надежности и эффективности работы гражданской авиации.

2.2 Помехи для сигналов GNSS можно разделить на две основные категории: 1) непреднамеренные помехи, к которым относятся сигналы электронных устройств, явления окружающей среды и непреднамеренное глушение со стороны расположенных поблизости систем (например, неисправные или неподходящие ретрансляторы GNSS), и 2) преднамеренные помехи, к которым относятся преднамеренные действия по искажению сигналов GNSS, такие как глушение и подмена сигналов.

2.3 Радиочастотные помехи GNSS могут оказывать влияние на системы GNSS различными способами. Они могут привести к незначительным последствиям, таким как сокращение количества спутников, используемых в расчетах PVT GNSS (позиционирование, скорость и хронометраж), но они также могут мешать работе систем GNSS, препятствовать выводу правильных данных или принуждать к выводу неправильных данных.

2.4 В результате нарушения работы систем GNSS вследствие радиочастотных помех на уровне воздушного судна работа некоторых систем становится невозможной (например, может не работать радиовещательное автоматическое зависимое наблюдение (ADS-B); требуемые навигационные характеристики (RNP)) или они не могут работать надлежащим образом (например,

ложные тревожные сигналы системы предупреждения об опасности сближения с землей (TAWS)). Такое нарушение работы систем воздушного судна снижает уровень безопасной работы его систем и является повседневным явлением в некоторых регионах — преимущественно из-за полетов поблизости от зон боевых действий.

2.5 Радиочастотные помехи GNSS — последствия

2.5.1 Борьба с рисками, возникающими в связи с радиочастотными помехами GNSS, стала критически важной мерой для эксплуатантов воздушных судов, которым в настоящее время доступно мало эффективных средств обеспечения надежной работы, учитывая усиление преднамеренного глушения и подмены сигналов. В ближайшее время какие-либо изменения не ожидаются из-за количества зон боевых действий по всему миру и распространения легко доступных технологий глушения и/или подмены сигналов GNSS.

2.5.2 Борьбу с этими явлениями во время полета осложняют различия в бортовом оборудовании и рабочих процедурах авиакомпаний, а также различные подходы к сертификации планов действий в нештатных ситуациях со стороны нормативных органов Стран.

2.5.3 При устранении последствий этих явлений также имеют значение характеристики воздушного пространства, в котором GNSS становится непригодной к использованию. Утрата функциональных возможностей и служб, которые зависят от GNSS, может привести к нарушениям в работе и увеличению нагрузки на экипаж и диспетчеров наземного контроля — и таким образом к снижению уровня безопасности в работе.

2.5.4 В континентальном воздушном пространстве, где можно воспользоваться стандартными наземными навигационными средствами (GBNA), радиочастотные помехи GNSS все равно могут представлять трудности. Например, проблемы с авионикой, такие как ложные сигналы тревоги TAWS, также могут увеличивать риск для безопасности полетов, так как могут привести к утрате доверия экипажа к системе и игнорированию истинных сигналов тревоги TAWS.

2.5.5 При воздействии радиочастотных помех восстановление работы воздушного приемника GNSS может занять более 30 минут с соответствующим увеличением риска нарушения штатной работы. В некоторых случаях, в частности в Северной Атлантике, воздушное судно могут не допустить в воздушное пространство над океаном, если службы на основе GNSS, такие как синхронизация всемирного координированного времени, работают ненадлежащим образом — например, при отключении передачи данных перед входом в воздушное пространство над океаном.

2.5.6 В некоторых случаях подмены сигналов отмечалось отображение приемниками GNSS неверного времени и/или даты. В некоторых случаях неверное значение времени может сохраняться даже после прекращения приема ложных сигналов. Это может вызвать проблемы у множества зависимых систем (например, невозможность входа в сети обмена данными из-за системных проверок безопасности и проверки подлинности, связанных с синхронизацией времени).

3. БОРЬБА С ПОСЛЕДСТВИЯМИ РАДИОЧАСТОТНЫХ ПОМЕХ GNSS

3.1 Радиочастотные помехи GNSS представляют собой очень сложную проблему, и не существует единого средства, которое было бы полностью эффективным для всех сценариев. Эффективная борьба с последствиями радиочастотных помех GNSS по необходимости затрагивает

множество уровней защиты, в том числе технические решения на уровне приемника и на уровне воздушного судна, технические решения на уровне источника сигнала и оперативные средства, такие как переход на другие средства навигации.

3.2 *Защита на уровне источника сигнала.* Теоретически надежность работы GNSS можно повысить путем изменения устройства спутников и их сигналов.

3.2.1 Реализация мер на уровне источника сигнала занимает продолжительное время, так как для предоставления соответствующих возможностей обычно необходимо заменить значительную часть всей спутниковой группировки. Такие меры также ограничены доступной мощностью питания и частотой сигнала, и источники радиочастотных помех GNSS во всех случаях будут иметь преимущество в виде гораздо меньшего расстояния до цели воздействия радиочастотных помех. Кроме того, для использования изменений на уровне спутников и сигналов наверняка потребуются также изменения в пользовательском оборудовании, что может дополнительно увеличить сроки внедрения таких мер.

3.2.2 Определенную степень защиты от радиочастотных помех GNSS обеспечивает использование двухчастотной, многоспутниковой (DFMC) GNSS. Современные сигналы с более высокой скоростью передачи (т.е. с большим диапазоном) обеспечивают более высокую устойчивость к нежелательным радиочастотным помехам. Но такие преимущества для сигналов L1 Глобальной системы определения местоположения (GPS) ограничены примерно 15 дБ усиления сигнала для противодействия радиочастотным помехам. Кроме того, в будущем возможна дальнейшая модернизация сигналов с целью повышения устойчивости, однако этот процесс займет десятки лет. Использование DFMC GNSS уже включено в планы гражданской авиации, и повышение надежности очевидно для всех. Различные частоты DFMC обеспечивают определенную степень защиты от радиочастотных помех на одной из двух частот. Однако при преднамеренных радиочастотных помехах GNSS возможно подавление или подмена сигналов на обеих частотах.

3.2.3 Для некоторых видов атак с помощью подмены сигналов можно использовать криптографические способы проверки подлинности, чтобы пользователи могли получить подтверждение, что отслеживаемые ими сигналы являются подлинными. Такие способы требуют возможности внесения изменений в спутниковые системы и пользовательское оборудование, а также могут быть недостаточно эффективны для защиты от атак с повторной трансляцией сигналов. Кроме того, такие способы приносят пользователям определенные неудобства, связанные с необходимостью управления криптографическими ключами, которые нужно периодически обновлять каким-либо надежным способом. В настоящее время ведется работа по добавлению возможностей криптографической проверки подлинности в стандарты спутниковой системы функционального дополнения (SBAS). Служба Galileo уже предлагает услугу криптографической проверки подлинности для стандартного космического сигнала. Однако внедрение стандартов ИКАО для этой услуги началось лишь недавно. Несмотря на то, что эти способы борьбы с атаками с подменой сигналов могут быть полезны в некоторых обстоятельствах, они не будут доступны в течение многих лет, если не будет принято решение ускорить стандартизацию.

3.3 *Защита на уровне приемника.* Существует ряд интересных технологий борьбы с последствиями радиочастотных помех GNSS на уровне приемника сигнала. Можно использовать улучшенные алгоритмы обработки сигнала для более эффективного обнаружения глушения или подмены сигналов. Эти меры могут быть очень полезны для выявления радиочастотных помех GNSS. Но такие меры на уровне приемника могут быть менее эффективны для выявления более изощренных атак с подменой сигнала.

3.4 *Борьба с последствиями радиочастотных помех с помощью многоэлементных антенн.* Адаптивные антенны или антенны с контролируемой направленностью приема (CRPA) применяются в военной технике уже более чем 40 лет. Такие антенны не нашли коммерческого применения по целому ряду причин. На некоторые технологии CRPA накладываются экспортные ограничения в связи с их использованием в военной отрасли. Кроме того, CRPA обычно отличаются большими габаритами, большим энергопотреблением и высокой стоимостью по сравнению с традиционными антеннами с фиксированной диаграммой направленности (FRPA), которые используются в гражданской авиации в настоящее время. Несмотря на то, что ситуация с экспортными ограничениями меняется, по-прежнему существуют значительные препятствия для внедрения CRPA в связи с высокой стоимостью и отсутствием уверенности в сохранении рабочих характеристик GNSS при наличии радиочастотных помех.

3.5 *Защита на уровне PNT воздушного судна.* Борьба с последствиями радиочастотных помех GNSS можно на уровне воздушного судна за счет объединения данных от нескольких датчиков PNT и многоуровневой защиты на уровне каждой подсистемы PNT (например, антенна, GNSS, инерциальная навигационная система и т. д.). Эту интеграцию можно использовать как для обнаружения, так и для борьбы с последствиями радиочастотных помех GNSS. Перекрестное сравнение положения по GNSS с показаниями других датчиков часто позволяет выявлять случаи подмены сигналов. В случае отклонения сигналов GNSS или отсутствия доверия показаниям GNSS другие задействованные датчики без использования GNSS также могут использоваться в качестве вспомогательных источников данных PNT. Однако во многих случаях альтернативные навигационные датчики не смогут обеспечить долгосрочного уровня обслуживания, сравнимого с GNSS, и для этого могут потребоваться особые рабочие процедуры, разработанные для использования стандартных средств навигации.

4. ВЫВОДЫ

4.1 Существует множество технических решений для повышения надежности GNSS. Однако ни одно из них не обеспечивает полной надежности во всех случаях. Существует предел надежности GNSS, поэтому частью общего решения наверняка будет переход к альтернативным средствам навигации.

4.2 Значительная часть радиочастотных помех GNSS в настоящее время имеет военное происхождение, и тесное взаимодействие с органами гражданской авиации не всегда возможно. В связи с этим, безопасность полетов требует дополнительного исследования альтернативных и дополнительных средств позиционирования, навигации и хронометража (APNT или CPNT) помимо возврата к использованию традиционных средств навигации.

4.3 Несмотря на резолюции ИКАО и ИТУ, отрасль авиационных перевозок все еще страдает от радиочастотных помех GNSS, поэтому для обеспечения безопасности требуются дополнительные меры и действия. Также ожидается, что угрозы радиочастотных помех GNSS будут со временем изменяться, поэтому важно принять меры в срочном порядке.