

**РАБОЧИЙ ДОКУМЕНТ****АССАМБЛЕЯ — 39-Я СЕССИЯ****ТЕХНИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ****Пункт 33 повестки дня. Безопасность полетов и аэронавигационный мониторинг и анализ****НАБЛЮДЕНИЕ ДИСТАНЦИОННО ПИЛОТИРУЕМЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ
И ВОПРОСЫ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ**

(Представлено Российской Федерацией)

КРАТКАЯ СПРАВКА

Интеграция дистанционно пилотируемых авиационных систем (ДПАС) в контролируемое воздушное пространство обуславливает необходимость наблюдения дистанционно пилотируемого воздушного судна как внешним пилотом, так и системой УВД. Показано, что наиболее приемлемым методом наблюдения является автоматическое зависимое наблюдений радиовещательного типа. Проанализированы все типы линий передачи данных, стандартизированных ИКАО для реализации АЗН-В. Отсутствие киберзащищённости данных АЗН-В 1090 ES обуславливает необходимость их верификации данными вторичной радиолокации или мультilaterации для наблюдения в наземной системе УВД. Верификация наблюдений борт-борт на небольшой дальности возможна лишь по данным TCAS, что по стоимостным показателям исключает из рассмотрения большой класс небольших беспилотных воздушных судов. Для предоставления других навигационных услуг (FIS-B, DGNSS, CPDLC, AOC) потребуются несколько других линий передач данных. Указанные недостатки отсутствуют при использовании линии передачи данных VDL-4. Дополнительно к этому на VDL-4 строится самоорганизующаяся воздушная сеть, полностью решающая вопросы кибербезопасности.

Действия: Ассамблее предлагается:

- a) принять во внимание преимущества наблюдения дистанционно пилотируемых воздушных судов одновременно внешним пилотом и системой УВД методом АЗН-В;
- b) принять во внимание отсутствие киберзащищённости данных АЗН-В 1090 ES и необходимость их верификации данными вторичной радиолокации или мультilaterации для наблюдения в наземной системе УВД и отсутствии приемлемых методов верификации для бортовых наблюдений;
- c) принять во внимание преимущества использования линии передачи данных VDL-4 для реализации наблюдения беспилотных воздушных судов и примыкающих применений, в т. ч. с учётом потенциала самоорганизующихся воздушных сетей.

Стратегические цели

Данный рабочий документ связан со стратегической целью "Безопасность полётов"

¹ Текст на русском языке представлен Российской Федерацией.

<i>Финансовые последствия</i>	Финансирование в рамках бюджета Регулярной программы ИКАО
<i>Справочный материал</i>	Дос 9924, <i>Руководство по авиационному наблюдению</i> Рабочие документы комитета ИКАО по наблюдению ASWG TSG WP02-27, SP-ASWG/3 WP-24

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 Выполнение полётов дистанционно пилотируемого воздушного судна (ДПВС) в контролируемом воздушном пространстве должно сопровождаться его наблюдением как внешним пилотом, так и различными пользователями системы УВД.

1.2 Общая позиция ИКАО в части наблюдения любых воздушных судов в наземной системе УВД состоит в использовании следующих методов и средств:

- a) радиолокационное наблюдение на основе вторичных радиолокаторов (ВРЛ) режимов A/C/S; на борту ДПВС должен находиться ответчик вторичного радиолокатора;
- b) мультилатерация – использование многопозиционных систем наблюдения (МПСН); на борту ДПВС должен находиться соответствующий передатчик;
- c) автоматическое зависимое наблюдение радиовещательного типа (АЗН-В) на базе использования спутниковых навигационных сигналов; на борту ДПВС должен находиться передатчик АЗН-В Out.

1.3 ДПВС должны наблюдаться наземной системой УВД одним из трёх методов, указанных выше, или комбинацией этих методов.

1.4 Одновременно ДПВС должно наблюдаться внешним пилотом дистанционно пилотируемой авиационной системы (ДПАС) на станции внешнего пилота (СВП).

1.5 Использование на борту ДПВС аппаратуры в режиме ответчика ВРЛ влечёт за собой необходимость установки на СВП вторичного радиолокатора. В настоящее время подавляющее большинство ДПВС в мире (до 90 %) имеет вес до 30 кг. В этом случае СВП в лучшем случае базируется на малой грузовой машине-фургоне или наблюдение/управление ДПВС производится с помощью носимой внешним пилотом аппаратуры. Ни по размерам/потребляемой мощности и другим техническим параметрам, ни по стоимости вторичная радиолокация для ДПАС с позиции СВП нецелесообразна.

1.6 Мобильная СВП также исключает возможность использования МПСН, представляющей совокупность синхронизированных по времени разнесённых на значительное расстояние (15-20 км и более) приёмников радиоизлучения.

1.7 Таким образом, с позиции СВП единственно приемлемым методом наблюдения ДПВС является АЗН-В. При этом только АЗН-В может обеспечить непосредственные наблюдения борт-борт, в результате чего достигается ситуационная осведомлённость пилотов. Помимо услуг по наблюдению, представляет интерес получение других аэронавигационных услуг

(примыкающих применений), реализуемых с помощью той же ЛПД, с помощью которой осуществляется предоставление услуг АЗН-В. Использование на борту ДПВС функций ответчика ВРЛ или передатчика МПСН, не используемых внешним пилотом, в условиях бортовых ограничений по массе, энергопотреблению и др. непродуктивно.

2. ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ АЗН-В

2.1 Рассмотрим все стандартизированные ИКАО ЛПД, реализующие АЗН-В. К ним относятся:

- a) расширенный сквиттер на частоте 1090 МГц (1090 ES);
- b) УКВ ЛПД режима 4 (VDL-4);
- c) приёмник универсального доступа UAT на частоте 978 МГц.

2.2 Приёмник UAT используется для регионального применения в США. Частота 978 МГц в соответствии с Приложением 10 Том 5 должна использоваться не для цели наблюдения, но для цели навигации. Евроконтроль заявил о не использовании в будущем ЛПД UAT.

2.3 В то же время США и Европа в программах NextGen и SESAR соответственно заявили об обязательном оснащении всех воздушных судов коммерческой авиации аппаратурой 1090 ES Out с 2020 г. Подавляющее большинство воздушных судов коммерческой авиации фирм Airbus и Boeing уже имеют в составе бортового оборудования ЛПД 1090 ES Out. Функция АЗН-В-In программами NextGen и SESAR в качестве обязательной не рассматривается.

2.4 К недостаткам АЗН-В на базе 1090 ES следует отнести явление интерференции/насыщения при высокой плотности воздушного движения, обуславливающее наложение сигналов друг на друга и в силу этого невозможность их различения. По указанным причинам дальность действия АЗН-В в зонах с интенсивным воздушным движением составляет 50-70 км. Поскольку функция АЗН-В-In не является обязательной, воздушные суда, посылающие сообщения АЗН-В, не имеют информации о состоянии эфира и не знают, дойдет ли их сигнал до пользователей воздушного пространства.

2.5 Однако решающим недостатком АЗН-В на базе 1090 ES является абсолютная прозрачность для неавторизованных пользователей и полное отсутствие киберзащищённости. В частности, при отправке ложных сообщений АЗН-В в рамках АЗН-В 1090 ES не существует механизма нахождения различия истинных сообщений АЗН-В от ложных.

2.6 Исследования Costin; Strohmeier, Lenders, Martinovic и собственные исследования ГосНИИАС подтвердили необходимость обязательного использования данных вторичной радиолокации или мультilaterации для верификации данных АЗН-В на базе ЛПД 1090 ES в системе УВД, что указано в документе ИКАО верхнего уровня по авиационному наблюдению Doc 9924, а также в документах 2016 г. ASWG TSG WP02-27, SP-ASWG/3 WP-24. Но в этом случае в силу высоких затрат на ВРЛ и МПСН такое АЗН-В с экономической точки зрения становится малоэффективным, а с технической точки зрения – попросту не нужным, поскольку для определения местоположения воздушного судна в системе УВД методы ВРЛ или МПСН являются самодостаточными, и никакое АЗН-В при этом не требуется. Что касается верификации данных наблюдений борт-борт, по ИКАО их верификация для АЗН-В на базе 1090 ES возможна только на базе бортовой системы предупреждения столкновений TCAS в пределах соответственно ограниченной дальности. Между тем именно наблюдения борт-борт представляют наибольший

интерес для авиации общего назначения, вертолетов, дистанционно пилотируемых воздушных судов, которые не оборудованы системами TCAS, летают на небольших высотах и для которых обслуживание воздушных судов при помощи наземных систем УВД представляется проблематичным, с практической точки зрения – не всегда востребованным, тем более с экономической точки зрения – разворачивание полноценной системы УВД в обширных регионах, где выполняются несколько полетов ВС АОН или вертолетов в неделю, никогда не окупится. В таких районах первоочередным является применение АЗН-B-In без участия системы УВД. Но если данные наблюдения ВС в системе УВД по АЗН-B-Out 1090 ES могут быть верифицированы данными ВРЛ или МПСН, то данные наблюдений борт-борт в рамках АЗН-B 1090 ES без участия систем TCAS в принципе не могут быть верифицированы, что подтверждается позицией комитета ИКАО по наблюдению.

2.7 Таким образом, развертывание АЗН-B 1090 ES потребует сохранения и дополнительного развития наземной инфраструктуры вторичной радиолокации или мультилатерации для частичного решения вопросов кибербезопасности (но тогда теряется главный смысл введения АЗН-B). Невольно встает вопрос: для чего нужно АЗН-B 1090 ES, если оно опирается на ВРЛ или МПСН, которые и без АЗН-B безукоризненно и кибербезопасно справляются с задачей определения местоположения воздушного судна в наземной системе УВД? В своё время АЗН-B в системе УВД задумывалось, чтобы заменить ВРЛ, поскольку оно намного дешевле, точнее, более экологично. Теперь выясняется, что без поддержки ВРЛ или мультилатерации АЗН-B 1090 ES самостоятельно жить не может. То, что сейчас система предотвращения столкновений TCAS работает по гибридной схеме – на первой стадии АЗН-B, на второй стадии – чисто TCAS – не является аргументом. Система может работать чисто как TCAS, без всякого АЗН-B, к тому же, как было показано выше, данным бортовых наблюдений АЗН-B-Out от других самолётов безоговорочно верить нельзя в силу спуфинга, который может быть легко организован, например, с помощью специально запущенных ДПВС. И, наконец, убийственный вопрос: каким образом внешние пилоты ДПВС взлётной массой порядка 30 кг будут знать о достоверности или недостоверности сигналов АЗН-B-Out? В их распоряжении нет ни ВРЛ, ни МПСН, ни TCAS на борту ДПВС.

2.8 Перейдем к вопросу, каким образом решается проблема кибербезопасности при использовании VDL-4.

2.9 Ложные сообщения АЗН-B могут быть применены и при использовании VDL-4, однако существует согласно стандарту механизм, позволяющий оценить расстояние между отправителем и получателем сообщения и тем самым проверить истинность сообщения АЗН-B.

2.10 Какой-то получатель, будь то система УВД или борт, принимает сообщение АЗН-B от отправителя, где указаны координаты отправителя. Зная свои координаты, получатель вычисляет расстояние между отправителем и получателем. Одновременно используется фундаментальное свойство VDL-4, определенное в Стандарте ИКАО – временная привязка сообщений. Отправитель, посылая сообщение, вставляет в состав сообщения определенное с высокой точностью время отправки. Получатель также привязывает время получения к временной шкале. Вычислив разность времен прихода и отправления сообщения и умножив его на скорость распространения электромагнитных волн (скорость света), получатель вычисляет фактически измеренное им расстояние между отправителем и получателем. Если расстояния между отправителем и получателем, вычисленные разными методами, с приемлемой точностью, на уровне 1–2 %, совпадают, отправитель благонадежен. Если не совпадают, получатель делает определенные выводы и информирует окружающих пользователей о неблагонадежности данного отправителя.

2.11 Описанная верификация сообщений справедлива для оборудованных VDL-4 воздушных судов как для случая наблюдения борт-земля, так и для случая борт-борт. Предполагается, что в составе наземной системы УВД функционирует общий для всех ДПВС необслуживаемый модуль с VDL-4, взаимодействующий с системой УВД по типу компьютер – компьютер. Верификация данных для наземного наблюдения осуществляется в рамках самого АЗН-В на базе VDL-4 и не требует ни данных ВРЛ, ни данных МПСН. Бортовые наблюдения для оборудованных ВС верифицируются по аналогичной схеме; внешний пилот ДПАС получает информацию о положении необорудованного воздушного судна через функцию TIS-B, при этом положение необорудованного воздушного судна определяется с помощью методов, принятых в данной системе УВД.

2.12 Необходимо также отметить, что в противоположность ЛПД 1090 ES, которая выполняет только одну главную функцию наблюдения, ЛПД VDL-4 реализует также целый набор других функций, для выполнения которых на воздушных судах с ЛПД 1090 ES и в системе УВД потребуется использование не менее трех дополнительных ЛПД для передачи полётной информации, сигналов целостности спутниковых навигационных сигналов и дифпоправок, связи в режиме точка-точка для взаимодействия пилот-диспетчер CPDLC и с авиакомпанией АОС и др. Поскольку VDL-4 может работать одновременно сразу на нескольких частотах, все указанные функции выполняются в рамках одного блока весом не более 150 г. С использованием функции TIS-B реализуется предотвращение столкновений DAA наземного базирования между оборудованными и необорудованными VDL-4 воздушными судами.

2.13 Перспективным направлением развития технологии АЗН-В является организация самоорганизующейся воздушной сети (СОВС) на ЛПД VDL-4. Решениями 12-й Аэронавигационной конференции и 38-й Ассамблеи ИКАО признала целесообразность такого технического решения. Помимо робастности функционирования и обеспечения наблюдения в условиях отсутствия прямой радиовидимости между ДПВС и СВП, поддерживаемой через сеть находящихся в воздухе ВС, СОВС радикальным образом решает вопросы авиационной безопасности. Система ключей и криптографирования обеспечивает полную аутентификацию радиосообщений, невозможность их перехвата, фальсификации, повреждения и др. и полностью решает задачи обеспечения кибербезопасности.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

3.1 С учётом специфики ДПАС с позиции СВП наиболее оптимальным представляется согласованное наблюдение ДПВС внешним пилотом и системой УВД на базе АЗН-В.

3.2 ЛПД 1090 ES не обеспечивает киберзащиту данных АЗН-В, требуется верификация данных в наземной системе наблюдения с помощью вторичной радиолокации или мультилатерации. Удовлетворительные средства верификации бортовых данных для ДПВС отсутствуют. Для реализации функций типа FIS-B, DGNSS, CPDLC, АОС и др. требуется наличие не менее трёх дополнительных ЛПД.

3.3 ЛПД VDL-4 в соответствии со стандартом решает вопросы кибербезопасности о положении воздушного судна в наземной системе УВД или при бортовых наблюдениях в рамках собственного АЗН-В. Дополнительные аэронавигационные услуги также решаются в рамках VDL-4. Самоорганизующиеся воздушные сети на базе VDL-4 обладают значительным потенциалом, прежде всего в части обеспечения кибербезопасности.