

СЕТЕВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ АЗН-В – решение проблемы нахождения БПЛА в общем воздушном пространстве

Э.Фальков, к.т.н., начальник отделения
ФГУП "ГосНИИАС" / falkov@gosniias.ru,

С.Шаврин, д.т.н., профессор МТУСИ / sss@mtuci.ru,

В.Алёшин, к.т.н., ведущий инженер
ФГУП НИИР им. М.И.Кривошеева

УДК 656.7.084.3, DOI: 10.22184/2070-8963.2022.104.4.66.70

Статья посвящена обеспечению возможности совместного пребывания в общем воздушном пространстве беспилотных и пилотируемых воздушных судов. Показано, что система автоматического зависящего наблюдения вещательного типа 1090ES не удовлетворяет требованиям времени ни по информационной безопасности, ни по эффективности передачи сообщений. В качестве ее замены на территории РФ предлагается использование технологии самоорганизующихся защищенных сетей АЗН-В на основе протокола бесконфликтного доступа к частотному ресурсу VDL-4.

Проблема безопасности полетов воздушных судов, возникшая на заре авиации вместе с открытием возможности самих полетов, не утратила актуальности до настоящего времени. Технические средства обеспечения безопасности полетов, а в более широком аспекте – безопасности воздушного движения, – совершенствовались параллельно развитию авиации в соответствии с доступными на разных этапах ее истории технологиями и интенсивностью воздушного движения.

Исторически первым эффективным решением обеспечения безопасности воздушного движения стали средства радиолокации для наблюдения за воздушными судами в обозримом пространстве. Это решение вследствие чрезвычайной технической сложности и дороговизны нашло весьма ограниченное по сравнению с общемировой потребностью наблюдения применение: главным образом, в зонах аэропортов, в районах государственных границ и других

специальных местах. Наблюдение в районе аэропортов преследовало свою конкретную цель – предупреждение столкновений в воздухе и воздушных судов с наземными объектами. Результаты наблюдения используются диспетчерами для управления воздушным движением в районе аэропорта. Наблюдение на государственных границах и в районах дислокации специальных объектов имеет другую цель: главным образом, определение текущих координат воздушного судна и вектора его движения (скорости и направления). Таким образом, радиолокационное наблюдение эффективно решает свои конкретные задачи, за рамками которых остается ряд проблем, в значительной степени влияющих на безопасность полетов.

Как известно, безопасность воздушного движения в значительной степени определяется ситуационной осведомленностью пилотов и наземного персонала о состоянии воздушного пространства: расположения

в его пределах других летательных аппаратов и векторах их движения.

Естественно, радиолокационное наблюдение не в состоянии обеспечить пилотам необходимую степень ситуационной осведомленности, и эта функция наблюдения остается за рамками деятельности систем управления воздушным движением до настоящего времени.

Еще одной задачей наблюдения за воздушными судами является фиксация фактов аварийных ситуаций и координат летательного аппарата в этот момент с целью ускорения операций спасения и других действий, направленных на снижение последствий аварий. И цена этой информации тем выше, чем дальше от инфраструктуры спасательных органов произошла авария и чем меньше шансов получения этой информации средствами радиолокационного обнаружения.

Качественно новые возможности наблюдения за воздушными судами открыла эпоха создания глобальной системы навигации: систем GPS, ГЛОНАСС и аналогичных. Пилот летательного аппарата получил возможность определения координат воздушного судна и вектора его движения в реальном времени с высокой точностью. Оставалась задача передачи этой информации пилотам других воздушных судов и наземным службам для радикального решения проблемы ситуационной осведомленности и регистрации аварийных ситуаций. В рамках открывшихся возможностей мировым сообществом в лице Международной организации гражданской авиации (ИКАО) была разработана концепция автоматического зависимого наблюдения вещательного типа (АЗН-В). Данная концепция позиционировала АЗН-В как инструмент, дополнительный к радиолокационному наблюдению, с перспективой его замены в большинстве приложений гражданской авиации.

Из ряда стандартов АЗН-В, разработанных в разное время, следует отметить три:

- стандарт UAT, используемый в США;
- насаждаемый США всему остальному миру стандарт 1090ES;
- предлагаемый для замены 1090ES стандарт VDL-4.

Стандарт UAT не имеет смысл рассматривать применительно к России вследствие частотной несовместимости с используемым в нашей стране оборудованием.

Система 1090ES была разработана "на скорую руку" в 80-х годах прошлого столетия в условиях сравнительно невысокой плотности воздушного движения. К сожалению, с самого начала она создавалась как "антисистема" в классическом понятии теории передачи сигналов и с точки зрения общей логики,

предполагая неупорядоченную передачу летательными аппаратами однородных сообщений на одной несущей частоте с высокой вероятностью потерь сообщений вследствие взаимного подавления сообщений разных источников. Решающими факторами ее использования, по-видимому, явилась простота реализации и низкая стоимость. Кроме того, изначально предполагалось оснащение воздушных судов как передатчиками (ADS-B Out), так и приемниками (ADS-B In) сигналов АЗН-В, однако реально оснащение приемниками не получило достаточного для обеспечения ситуационной осведомленности распространения.

В настоящее время можно уверенно констатировать, что система 1090ES устарела и полностью исчерпала лимит оказанного ей доверия. Главной причиной неприемлемости ее использования в настоящее время и в будущем является полная невозможность обеспечения информационной безопасности, что при современном состоянии разгула квалифицированного терроризма в мире совершенно недопустимо.

Открытая передача в эфир идентификатора и координат воздушного судна предоставит террористу возможность наведения беспилотного летательного аппарата на любой конкретный объект с целью его уничтожения. Отсутствие возможности аутентификации не позволяет защитить приемник воздушного судна от "фантомов в воздухе", а дисплей диспетчера – от завала спамом из заранее записанных из эфира сообщений.

Эффективность системы 1090ES на практике тоже оказалась ниже реально представимой – в полном соответствии с положениями базовой теории передачи сигналов. Результаты зарубежных исследований показывают, что в условиях современной интенсивности трафика воздушного движения в районе аэропортов, где особенно высока цена информации АЗН-В, пропадание сообщений, вызванное перекрытием во времени сообщений разных воздушных судов, достигает 98%. Средний интервал приема сообщений от одного воздушного судна при этом составляет малопривлекательное значение – 14 с, за которое судно проходит 3,5 км.

Попытка повышения эффективности системы 1090ES, предпринятая американской администрацией путем включения АЗН-В в сферу спутниковой системы связи IRIDIUM NEXT, представляется бесполезной и бесперспективной, поскольку не снимает с повестки дня проблемы информационной безопасности. Добавим, что задержка сообщений в спутниковой системе дополнительно снижает ценность информации.

Радикальным решением проблемы наблюдения за воздушными судами, обеспечивающим достаточную ситуационную осведомленность

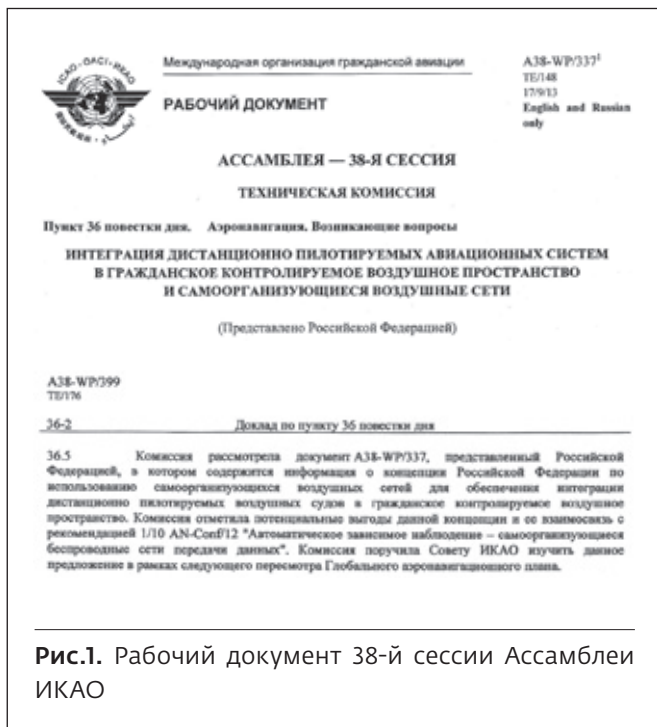


Рис.1. Рабочий документ 38-й сессии Ассамблеи ИКАО

пилотов с охватом потенциально опасных объектов, является система АЗН-В на основе самоорганизующихся сетевых технологий, получившая название А-сеть.

Каждое воздушное судно должно оснащаться транспондером, выполняющим функцию приема, передачи и коммутационной ретрансляции сообщений АЗН-В. Бесконфликтный доступ к частотному ресурсу обеспечивается использованием протокола VDL-4, поддерживающего принцип самоорганизующейся передачи с временным разделением сообщений для 75 объектов на одной несущей частоте. В спектре 108–138 МГц для этой цели выделены две несущие частоты для международных полетов. Для местных полетов необходимое количество частот (в пределах 1000) может быть выделено в диапазоне 118–138 МГц.



Рис.2. Ситуация случайной потери канала управления

Механизмом организации сетей, аутентификации и обеспечения конфиденциальности служит комбинация симметричной и двухключевой криптографии, причем двухключевые алгоритмы используются для аутентифицированного конфиденциального обмена сеансовым ключом, а симметричные – для поддержки вещательного режима в пределах сети защищенного обмена сообщениями. На одной несущей частоте может быть обеспечена организация нескольких независимых сетей по общему принципу "каждому должно быть доступно только то, на что у него есть права". Возможна также организация каналов защищенного обмена между сетями.

Таким образом, А-сеть обеспечивает решение задач наблюдения и ситуационной осведомленности в защищенном от перехвата, повторов, фантомов и других деструктивных воздействий режиме.

Упомянутые технологии были представлены и защищены делегацией Российской Федерации на 38-й сессии Ассамблеи ИКАО и вошли в том 6 приложения 10 Конвенции по гражданской авиации (рис.1).

Самоорганизующаяся сетевая организация АЗН-В обеспечивает решение еще одной важной и актуальной сегодня проблемы – возможности совмещения в общем воздушном пространстве беспилотных и пилотируемых воздушных судов. В этом случае БПЛА должны быть оснащены типовыми транспондерами А-сети с отдельным типом идентификатора. Для этого в рамках стандарта протокола VDL-4 предусмотрено расширение поля идентификатора на 3 бита по отношению к 24-битному полю адреса воздушного судна в ИКАО. Эти 3 бита определяют тип объекта, причем две комбинации закреплены за конкретными типами объектов: пилотируемыми воздушными судами (000) и вышками диспетчерских служб (111). Оставшиеся комбинации зарезервированы.

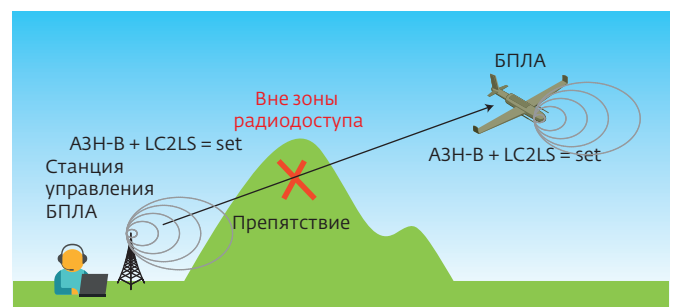


Рис.3. Активация флага LC2LS

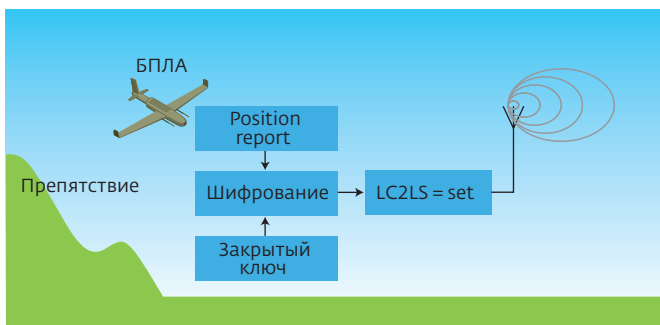


Рис.4. Формирование сообщения АЗН-В с флагом LC2LS



Рис.5. Обработка сообщения АЗН-В с флагом LC2LS

Общая емкость резерва составляет 100663296 адресов (идентификаторов).

Действия БПЛА в общем воздушном пространстве аналогичны действиям пилотируемых воздушных судов. Одна из главных проблем совмещения БПЛА с пилотируемым воздушным судном заключается в возможности потери канала управления между пилотом и БПЛА, вызывающей явную аварийную ситуацию, чреватую столкновением БПЛА с пилотируемым ВС или другими объектами на земле или в воздухе. Потеря канала управления (C2 Link – Command and Control Link) может быть вызвана целым рядом причин – от неисправности оборудования до резких изменений погодных условий (ветер, ливневый дождь и пр.).

Технологии А-сети обеспечивают возможность безопасного разрешения ситуаций с потерей канала управления БПЛА. Для этого в протокол VDL-4 вводится флаг "потеря канала управления" – Lost C2 Link State (LC2LS), место для которого в штатном протоколе зарезервировано.

Сценарий действий в ситуации потери канала управления показан на рис.2. Этот рисунок иллюстрирует ситуацию случайного обрыва канала управления, вызванного препятствием распространению сигнала. В этом случае БПЛА должен

лечь на заранее запрограммированный для него маршрут и активировать флаг LC2LS потери канала управления в нешифруемой части сообщения АЗН-В. Аналогичный флаг должен активировать пилот, что иллюстрируется на рис.3.

Во избежание имитации подобных ситуаций террористами сообщение АЗН-В должно передаваться в аутентифицированном режиме (шифрованием координат закрытым ключом) с метками времени в соответствии с рис.4.

При появлении потерявшего канал управления БПЛА в зоне радиовидимости другого объекта А-сети его сообщение подлежит расшифровке открытым ключом БПЛА (аутентификации) в соответствии с рис.5.

В случае возникновения подозрения возможности опасного сближения объект А-сети должен сформировать запрос Intent Request на передачу интента (штатные возможности протокола VDL-4). Потерявший канал управления БПЛА на этот запрос должен отправить пакет Intent Report с указанием точек изменения маршрута в соответствии с рис.6.

Полученная информация обеспечит окружающим объектам сети возможность совершения необходимых маневров для безопасного расхождения.

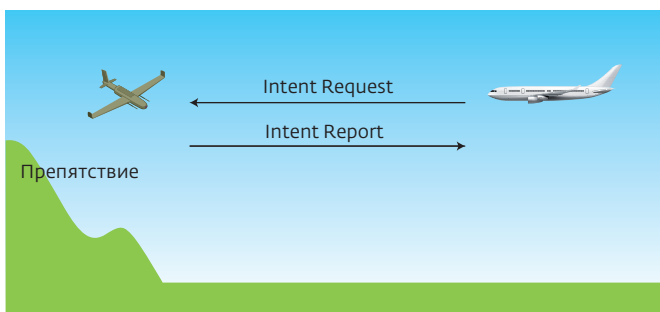


Рис.6. Обмен сигналами на передачу интента

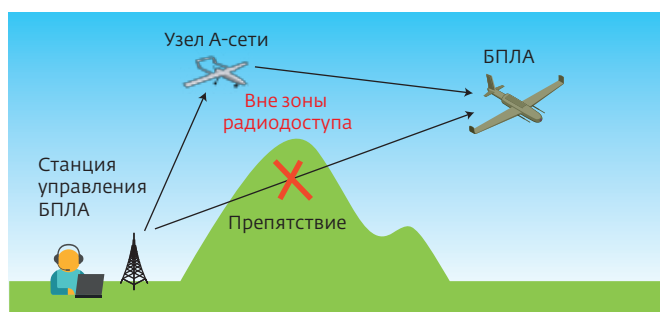


Рис.7. Восстановление канала управления средствами А-сети

В случае, если в пределах одной А-сети будут зарегистрированы оба объекта – пилотируемый и потерявший управление БПЛА, то канал управления может быть восстановлен средствами А-сети в соответствии с рис.7.

Следующим шагом развития сетевой самоорганизующейся технологии АЗН-В могло бы стать ее включение в Общегосударственную сеть связи с использованием спутниковой системы на низколетящих космических аппаратах. В этом случае любой космический аппарат мог бы использоваться в рамках рассмотренной технологии в качестве узла сети с общими или специальными правами.

ВЫВОДЫ

Система автоматического зависимого наблюдения вещательного типа 1090ES к настоящему моменту устарела и не удовлетворяет требованиям времени ни по информационной безопасности, ни по эффективности передачи сообщений и является едва ли не главным тормозом совместной эксплуатации БПЛА и пилотируемых воздушных судов в общем воздушном пространстве.

Наиболее эффективной заменой технологии 1090ES на территории РФ представляется

технология самоорганизующихся защищенных сетей АЗН-В на основе протокола бесконфликтного доступа к частотному ресурсу VDL-4.

Сетевая технология АЗН-В, получившая название А-сети, обеспечивает современный уровень ситуационной осведомленности пилотов, эффективность наблюдения, информационную безопасность и, в конечном итоге, безопасность воздушного движения.

Внедрение рассматриваемой технологии обеспечит совместную эксплуатацию БПЛА и пилотируемых воздушных судов в общем воздушном пространстве, снимая с повестки дня проблему потери канала управления между пилотом и БПЛА.

Рассмотренные технологии представлены и защищены делегацией РФ в Международной организации гражданской авиации и вошли в том 6 приложения 10 Конвенции по гражданской авиации.

В качестве перспектив развития сетевой технологии АЗН-В следует отметить возможность использования низколетящих космических аппаратов спутниковых систем в составе сетей на общих или специальных правах. ■



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТЕХНОСФЕРА» ПРЕДСТАВЛЯЕТ КНИГУ:



Белоус А.И., Солодуха В.А.

ОСНОВЫ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ. СТАНДАРТЫ, КОНЦЕПЦИИ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2021. — 482 с.,
ISBN 978-5-94836-612-8

Цена 1600 руб.

Эта книга фактически представляет собой научно-практическую энциклопедию по современной кибербезопасности. Здесь анализируются предпосылки, история, методы и особенности киберпреступности, кибертерроризма, киберразведки и киберконтрразведки, этапы развития кибероружия, теория и практика его применения, технологическая платформа кибероружия (вирусы, программные и аппаратные трояны), методы защиты (антивирусные программы, проактивная антивирусная защита, кибериммунные операционные системы). Впервые в мировой научно-технической литературе приведены результаты системного авторского анализа всех известных уязвимостей в современных системах киберзащиты — в программном обеспечении, криптографических алгоритмах, криптографическом оборудовании, в микросхемах, мобильных телефонах, в бортовом электронном оборудовании автомобилей, самолетов и даже дронов. Здесь также представлены основные концепции, национальные стандарты и методы обеспечения кибербезопасности критических инфраструктур США, Англии, Нидерландов, Канады, а также основные международные стандарты. Фактически в объеме одной книги содержатся материалы трех разных книг, ориентированных как на начинающих пользователей и специалистов среднего уровня, так и специалистов по кибербезопасности высокой компетенции, которые тоже найдут здесь для себя много полезной информации.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

125319, Москва, а/я 91; тел.: +7 495 234-0110; факс: +7 495 956-3346; e-mail: knigi@technosphera.ru; sales@technosphera.ru



ПРАВИТЕЛЬСТВО
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
И ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН



ГОСУДАРСТВЕННОЕ КАЗЕННОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ТРАНСПОРТНАЯ ДИРЕКЦИЯ
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН



БАШКИРСКАЯ
ВЫСТАВОЧНАЯ
КОМПАНИЯ

VII специализированный форум и выставка ТРАНСПОРТ УРАЛА

21-23 сентября | 2022 | Уфа
ВДНХ ЭКСПО



www.uraltransexpo.ru

#транспортныйфорум #транспортурала



(347) 246-42-00, 246-42-29



avto@bvkexpo.ru