

УДК 621.396.933

## АНАЛИЗ СИСТЕМЫ АВИАЦИОННОЙ ЦИФРОВОЙ РАДИОСВЯЗИ LDACS

© Колесник П.В., Рубцов Е.А.

*Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации,  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

e-mail: pkolesnick@mail.ru

В настоящее время для обеспечения радиообмена (в аналоговом или цифровом виде) между диспетчером и пилотом применяют линии связи ОВЧ-диапазона. Линия передачи данных (VDL – VHF data link) режима 2 постепенно внедряется в практику и с 2016 г. является обязательной для радиосредств диапазона ОВЧ [1]. Эффективность VDL 2 обусловлена достаточно хорошей помехоустойчивостью (применяется код Рида – Соломона), что позволяет обеспечить большие по сравнению с аналоговыми линиями размеры рабочих областей средств радиосвязи [2].

В то же время ожидается, что текущая система управления воздушным движением в среднесрочной перспективе достигнет пределов загрузки, обусловленных радиосвязным ресурсом. Возрастающий поток данных в канале связи пилот – диспетчер приводит к необходимости перехода на более современные технологии связи: цифровой системы аэронавигационной связи в L-диапазоне (LDACS) [3].

Для перспективного канала передачи данных в рамках инфраструктуры связи будущего (FCI) ИКАО рекомендует использовать диапазон ультравысоких частот 960–1164 МГц. Разработка технологии LDACS началась в SESAR (проект P15.02.04). В настоящее время возможности канала передачи данных LDACS A/G совершенствуются и тестируются в технологическом проекте SESAR2020 PJ.14-02-01, чья деятельность направлена на усовершенствование и модификацию, а также стандартизацию спецификации LDACS. В проекте также уточняются частоты, которые будут использоваться для LDACS: указывается, что для развертывания обратного соединения LDACS (RL) будет использоваться полоса 964–1010 МГц, а для прямого соединения LDACS (FL) – полоса 1110–1156 МГц [4].

Технология LDACS масштабируема, безопасна, эффективна в использовании спектра и обеспечивает значительные преимущества для пользователей и поставщиков услуг. Масштабируемость позволяет поэтапно развертывать уже готовые системы с низким риском. Первоначально LDACS можно применять для дополнения существующей инфраструктуры и в конечном итоге для замены устаревших каналов передачи данных ОВЧ. Стандартные IP-интерфейсы позволят легко интегрироваться в существующую коммуникационную инфраструктуру. Масштабируемость позволяет использовать различные концепции развертывания. Например, развертывание LDACS можно внедрить локально, где это необходимо, чтобы дополнить каналы передачи данных ОВЧ высокопроизводительным широкополосным каналом передачи данных LDACS с тем же диапазоном услуг связи. Другой концепцией развертывания может быть полная наземная инфраструктура LDACS, предоставляемая и управляемая поставщиком системы. Для поддержки будущих услуг LDACS может обеспечивать скорость передачи данных от 550 Кбит/с до 2,6 Мбит/с в зависимости от выбранной схемы адаптивного кодирования и модуляции. Кроме того, LDACS может обеспечивать защищенную частную связь для эксплуатантов воздушных судов и поставщиков аэронавигационного обслуживания [4].

В настоящее время рассматриваются две версии системы: LDACS1 и LDACS2. LDACS2 применяет физический уровень GSM и модуляцию GMSK. Поскольку GSM работает в диапазонах 900 МГц, 1800 МГц и 1900 МГц, LDACS2 предполагает использование одного канала 200 кГц в диапазоне 960–975 МГц. Этот вариант позволяет использовать некоторые GSM-компоненты, что приводит к недорогим реализациям. LDACS1 основан на технологии WiMAX и имеет аналогичные распределения физического уровня (плитки и фрагменты) [5].

В рамках исследования LDACS были сделаны следующие выводы [5]:

– LDACS1 более масштабируем, чем LDACS2, за счет вида модуляции. Хотя и LDACS1, и LDACS2 используют фиксированную ширину спектра, LDACS1 можно легко масштабировать до любой доступной ширины;

– LDACS1 имеет лучшую спектральную эффективность, поскольку он может использовать адаптивную модуляцию и кодирование (от QPSK до 64QAM). Модуляция с одной несущей и GMSK, используемые LDACS2, нелегко адаптировать к динамическим шумовым условиям;

– дизайн LDACS1 с несколькими несущими – также более гибкая система с точки зрения спектра. Он может использовать любое доступное пространство в L-диапазоне. Радиостанции L-DACS2 с одной несущей будет труднее адаптироваться;

– дизайн LDACS1 является более помехоустойчивым;

– дизайн LDACS2 допускает асимметричный трафик данных. LDACS1 подходит для симметричного голосового трафика, но менее для передачи данных;

– станции GSM могут создавать значительные помехи для систем LDACS2, потому что его предлагаемый спектр очень близок к спектру GSM.

Можно заключить, что LDACS1 для целей аэронавигации является более эффективной системой, чем LDACS2.

В связи с развитием беспилотных авиационных систем, их полетами в едином воздушном пространстве в ближайшем будущем прогнозируется резкое увеличение участников воздушного движения и интенсивности обмена информацией [6]. В связи с этим требуется ускорить работы по тестированию и внедрению технологии LDACS.

#### Библиографический список

1. Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь: учебное пособие / С.А. Кудряков, В.К. Кульчицкий, Н.В. Поваренкин, В.В. Пономарев, Е.А. Рубцов, Е.В. Соболев СПб., 2019. Т. 3. 150 с.

2. Рубцов Е.А., Мешалов Р.О., Опарин А.И. Методика определения рабочей области систем авиационной цифровой радиосвязи // Транспорт России: проблемы и перспективы 2017: материалы Международной науч.-практ. конф. ИПТ РАН. СПб., 2017. С. 204–208.

3. Межетов М.А., Григорьева Е.С., Никитич П.Т. Перспективы использования системы передачи данных LDACS для задач управления воздушным движением // Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации: сб. тр. IX Международной науч.-практ. конф. (15–22 октября 2020). Иркутск: Иркутский филиал МГТУ ГА, 2020. С. 176–182.

4. Comparison of proposals for the future aeronautical communication system LDACS // Ilmenau University of Technology and Institute of Communications and Navigation., German Aerospace Center (DLR), 2012. 97 p.

5. Working paper, LDACS White Paper A Roll-out Scenario, 2019 // ICAO, LDACS. URL: <https://www.ldacs.com/wp-content/uploads/2013/12/ACP-DCIWG-IP01-LDACS-White-Paper.pdf> (дата обращения: 26.04.2021).

6. Рубцов Е.А., Соболев Е.В., Григорьев С.В. Система связи, навигации и наблюдения для беспилотных воздушных судов // Транспорт России: проблемы и перспективы 2017: материалы Международной науч.-практ. конф. ИПТ РАН. СПб., 2017. С. 200–204.