

Каналы управления беспилотными объектами

УДК 621.396.93

Л.М. ЖУРАВЛЁВА, профессор кафедры “Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте” ФГАОУ ВО “Российский университет транспорта” доктор технических наук, **Д.В. ДЕНЕЖКИН**, доцент кафедры “Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте” кандидат технических наук, **А.А. БОРОЗДИН**, аспирант кафедры “Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте”, **А.О. ФИЛИППОЧКИНА**, аспирант кафедры “Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте”

Каналы управления беспилотными объектами *Control Channels for Unmanned Objects*

В работе рассмотрены различные варианты организации каналов управления беспилотными объектами. Отмечена актуальность темы, связанной с широким использованием беспилотных объектов — воздушных, наземных, надводных, подводных — в разных областях хозяйственной деятельности (видеонаблюдение, телекоммуникационные системы, управление транспортом и другие).

В зависимости от физической среды и условий функционирования беспилотных объектов меняются виды каналов управления и структура связи. Так, для воздушных могут быть использованы радиоканалы и оптические в инфракрасном диапазоне, для надводных и подводных излучения ультрафиолетовых длин волн.

Каналы управления могут работать самостоятельно или на базе существующей инфраструктуры. Это относится, например, к наземным станциям низкоорбитальных группировок или сетям мобильной связи с технологиями LTE, 4G, 5G.

Для железнодорожного транспорта оптимальным вариантом управления и контроля безопасности движения является организация комбинированного канала. В структуру комбинированного канала входят мобильная и спутниковая связь, которые позволяют осуществлять управление движением поездов в беспилотном режиме на основании данных мониторинга сети железных дорог.

The paper examines various options for organizing command-and-control channels for unmanned platforms. The relevance of the topic is emphasized due to the widespread deployment of unmanned platforms — airborne, ground-based, surface, and underwater — in multiple sectors of economic activity (video surveillance, telecommunications systems, transport management, etc.).

Depending on the physical medium and the operating conditions of a unmanned platforms, the types of control channels and the communication architecture vary. For example, airborne unmanned platforms may employ radio-frequency links as well as optical links in the infrared band, whereas surface and underwater platforms may use ultraviolet-wave-length radiation.

Control channels can operate as standalone solutions or be implemented on top of existing infrastructure. This applies, for instance, to ground stations of low-Earth-orbit satellite constellations or to cellular networks based on LTE/4G/5G technologies.

For railway transport, the most effective approach to control and to operational safety assurance is to deploy a hybrid (combined) channel. The hybrid channel structure integrates cellular and satellite communications, enabling unmanned train operation based on railway network monitoring data.

Ключевые слова: каналы управления, беспилотные объекты, радиосвязь, атмосферная оптическая связь.

Keywords: command-and-control channels, unmanned platforms, radio communications, free-space optical communications.

Введение

В современном мире значительно увеличилось количество областей хозяйственной деятельности, использующих беспилотные аппараты (БпА). К беспилотным аппара-

там можно отнести воздушные — беспилотные летательные аппараты (БПЛА), наземные, надводные и подводные БпА, широко применяемые для различных целей.

Беспилотные летательные аппараты активно используются в

системах видеонаблюдения за безопасностью стратегических объектов, в телекоммуникационных системах для ретрансляции сигналов, в качестве базовых станций в сетях мобильной связи.

**Статью целиком читайте
в бумажной версии журнала**

КАНАЛЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

CONTROL CHANNELS FOR UNMANNED OBJECTS

УДК 621.396.93

ЖУРАВЛЁВА Любовь Михайловна (доктор технических наук),
ДЕНЕЖКИН Дмитрий Валерьевич (кандидат технических наук), БОРОЗДИН Артём Александрович (аспирант),
ФИЛИППОЧКИНА Анна Олеговна (аспирант)
(ФГАОУ ВО "Российский университет транспорта")

В работе рассмотрены различные варианты организации каналов управления беспилотными объектами. Отмечена актуальность темы, связанной с широким использованием беспилотных объектов (воздушных, наземных, надводных, подводных) в разных областях хозяйственной деятельности (видеонаблюдения, телекоммуникационных системах, управления транспортом и других).

В зависимости от физической среды и условий функционирования беспилотных объектов меняются виды каналов управления и структура связи. Так, для воздушных могут быть использованы радиоканалы и оптические в инфракрасном диапазоне, для надводных и подводных излучения ультрафиолетовых длин волн.

Каналы управления могут работать самостоятельно или на базе существующей инфраструктуры. Это относится, например, к наземным станциям низкоорбитальных группировок или сетям мобильной связи с технологиями LTE, 4G, 5G.

Для железнодорожного транспорта оптимальным вариантом управления и контроля безопасности движения является организация комбинированного канала. В структуру комбинированного канала входят мобильная и спутниковая связь, которые позволяют осуществить управление движением поездов в беспилотном режиме на основании данных мониторинга сети железных дорог.

The paper examines various options for organizing command-and-control channels for unmanned platforms. The relevance of the topic is emphasized due to the widespread deployment of unmanned platforms — airborne, ground-based, surface, and underwater — in multiple sectors of economic activity (video surveillance, telecommunications systems, transport management, etc.).

Depending on the physical medium and the operating conditions of a unmanned platforms, the types of control channels and the communication architecture vary. For example, airborne unmanned platforms may employ radio-frequency links as well as optical links in the infrared band, whereas surface and underwater platforms may use ultraviolet-wavelength radiation.

Control channels can operate as standalone solutions or be implemented on top of existing infrastructure. This applies, for instance, to ground stations of low-Earth-orbit satellite constellations or to cellular networks based on LTE/4G/5G technologies.

For railway transport, the most effective approach to control and to operational safety assurance is to deploy a hybrid (combined) channel. The hybrid channel structure integrates cellular and satellite communications, enabling unmanned train operation based on railway network monitoring data.

Ключевые слова: каналы управления, беспилотные объекты, радиосвязь, атмосферная оптическая связь.

Keywords: command-and-control channels, unmanned platforms, radio communications, free-space optical communications.

Литература

1. Журавлева Л.М., Левшунов В.В., Рыжков Д.А., Нилов М.А. Эффективность беспроводных технологий для технического мониторинга на железнодорожном транспорте// Проектирование и технология электронных средств. 2022. № 1. С. 3 — 8.
2. Манойло А.В., Романов Р.Ю. Возможности использования каналов системы подвижной спутниковой связи "Гонец" на беспилотных летательных аппаратах (беспилотных воздушных судах)// Электросвязь. 2025. № 4. С. 2 — 12.
3. Боев Н.М. Анализ командно-телеметрической радиолинии связи с беспилотными летательными аппаратами// Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. 2021. № 2 (42). С. 86 — 91.
4. Матюшков А.Л., Сенюк В.О., Ступин К.В. Алгоритм радиоэлектронного подавления радиостанций с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты/ Доклады БГУИР. 2019. № 1 (119). С. 5 — 10.
5. Антонов А.А., Журавлева Л.М., Алиев С.С. Атмосферная оптическая связь. Области применения// Автоматика, связь, информатика. 2024. № 10. С. 13 — 26.
6. Журавлева Л.М., Нилов М.А., Чыонг Д.-Х., Алиев С.С. Система двухстороннего беспроводного оптического канала связи с беспилотным летательным аппаратом/ Патент № 2841515/ Патентообладатель: РУТ (МИИТ)./ Заявление № 2024121948 от 01.08.2024; опубликовано 09.06.2025// Бюллетень изобретений. 2025. № 16.
7. Журавлева Л.М., Горелик А.В., Антонов А.А., Стретий А.Ю. Усовершенствованный канал связи с БПЛА// Автоматика, связь, информатика. 2025. № 7. С. 11 — 13.
8. Журавлева Л.М., Горелик А.В., Стретий А.Ю., Хунг Ле.В., Абакумов Д.А. Оптический канал связи УФ-С-диапазона с беспилотным летательным аппаратом// Электросвязь. 2025. № 6. С. 30 — 36.
9. Тимофеев Г.А., Потрахов Н.Н., Грязнов А.Ю. Передача информации в рентгеновском диапазоне частот электромагнитного излучения// Известия вузов России. Радиоэлектроника. 2021. Т. 24. № 2. С. 6 — 17.
10. Журавлева Л.М., Горелик А.В., Алиев С.С., Стретий А.Ю., Ле Ван Хунг. Комбинированные каналы связи с беспилотными объектами// Телекоммуникации. 2025. № 9. С. 18 — 27.
11. Журавлева Л.М., Горелик А.В., Легкий Н.М., Абакумов Д.А. Каналы спутниковой связи с беспилотными летательными аппаратами// Успехи современной радиоэлектроники. 2025. № 12. С. 6 — 12.