

безопасного решения по СМИК специально для железнодорожных приложений.

Предложенные способы информационного сопряжения СМИК и СУДП могут эффективно использоваться на практике при особой проработке технических решений, реализующих их. В будущем подобное решение может являться частью интеллектуальной системы управления движением поездов, основное ядро которой описано в [12].

Список литературы

- 1 Theeg, G. Railway Signalling & Interlocking / G. Theeg, S. Vlasenko. – 3ed Ed. – Germany : Leverkusen PMC Media House GmbH, 2020. – 552 p.
- 2 РЖД: мост с первой инновационной системой непрерывного мониторинга и подключением к управлению заградительным сигналом // Мостовые сооружения. XXI век. – 2021. – № 4 (51). – С. 18–19.
- 3 Мячин, В. Н. Мониторинг инженерных сооружений на транспортном переходе через Керченский пролив / В. Н. Мячин, Д. В. Ефанов, Г. В. Осадчий // Транспорт Российской Федерации. – 2023. – № 5–6. – С. 20–24.
- 4 Махонько, А. А. Особенности системы мониторинга вантового моста через петровский канал в створе автомобильной дороги «западный скоростной диаметр» в Санкт-Петербурге / А. А. Махонько // Путевой навигатор. – 2023. – № 56(82). – С. 68–77.
- 5 Ефанов, Д. В. Интеграция систем непрерывного мониторинга и управления движением на железнодорожном транспорте / Д. В. Ефанов // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 4. – С. 62–65.
- 6 Ефанов, Д. В. Концептуальные основы синтеза безопасных систем управления движением поездов / Д. В. Ефанов, В. В. Хорошев, Г. В. Осадчий // Мир транспорта. – 2022. – Т. 20, № 3 (100). – С. 50–57. – DOI: 10.30932/1992-3252-2022-20-3-6.
- 7 Ефанов, Д. В. Управление надёжностью и безопасностью перевозочного процесса с применением систем непрерывного мониторинга объектов железнодорожной инфраструктуры / Д. В. Ефанов, Е. М. Михайлюта // Мир транспорта. – 2023. – Т. 21, № 2 (105). – С. 84–94. – DOI: 10.30932/1992-3252-2023-21-2-10.
- 8 Efanov, D. V. Reliability Models for a Safe Train Traffic Control Systems Accounting the Railway Infrastructure States / D. V. Efanov, E. M. Mikhailiuta, V. V. Khóroshev // Proceedings of 6th International Russian Automation Conference (RusAuto-Con), Sochi, Russia, September 10–16, 2023. – P. 266–270. – DOI: 10.1109/RusAutoCon58002.2023.10272854.
- 9 Ефанов, Д. В. Технологии увязки систем мониторинга искусственных сооружений железных дорог с системами управления движением поездов / Д. В. Ефанов, Е. М. Михайлюта // Инновационное развитие транспортного и строительного комплексов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию БелИИЖТа – БелГУТа (16–17 ноября 2023 г.) : в 2 ч. Ч. 1 / под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2023. – С. 210–211.
- 10 Ефанов, Д. В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : [монография] / Д. В. Ефанов. – СПб. : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. – 171 с.
- 11 Шубинский, И. Б. Функциональная безопасность систем управления на железнодорожном транспорте / И. Б. Шубинский, Е. Н. Розенберг. – М. : Инфра-Инженерия, 2023. – 360 с.
- 12 Кокурин, И. М. Интеллектуальная система управления движением поездов на основе автоматизации диспетчерского регулирования и центрального автоведения / И. М. Кокурин // Автоматика на транспорте. – 2018. – Т. 4, № 3. – С. 305–314.

УДК 621.373.826

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПРОВОДНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Л. М. ЖУРАВЛЕВА, С. С. АЛИЕВ, Д. Х. ЧЫОНГ, М. А. НИЛОВ
Российский университет транспорта (МИИТ). г. Москва

При создании телекоммуникационных сетей большое внимание уделяется обеспечению устойчивой связи с подвижными объектами. Для связи с подвижными объектами необходимы беспроводные каналы. Такие каналы организуются с помощью радиосвязи и атмосферной оптической связи, которые отличаются друг от друга диапазоном длин волн. Каждый из этих диапазонов имеет свои преимущества, недостатки и области применения. Так, использование радиоканалов позволяет охватить большую территорию и при определенных условиях гарантировать устойчивое двустороннее соединение. Однако необходимо учитывать вопросы электромагнитной совместимости и влияние помех.

В последнее время расширились области применения беспроводной оптической связи в инфракрасном диапазоне. Это объясняется прежде всего устойчивостью к электромагнитным помехам и простотой инсталляции оборудования (рисунок 1).

Чаще всего оборудование атмосферной оптической линии связи (АОЛС) используется для организации «мостов» между зданиями и другими сооружениями (рисунок 2). Активное применение атмосферных оптических каналов началось с 2000 года. Каналы АОЛС широко применяются для передачи цифровых телевизионных сигналов [1], в локальных системах связи аэропортов, различных учреждений, предприятий [2].

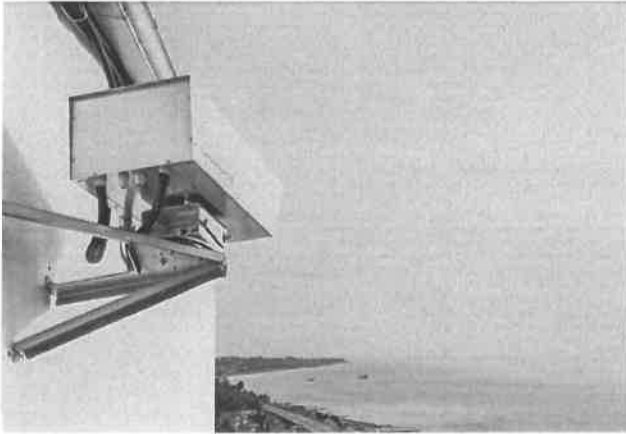


Рисунок 1 – Пример установки оборудования АОЛС

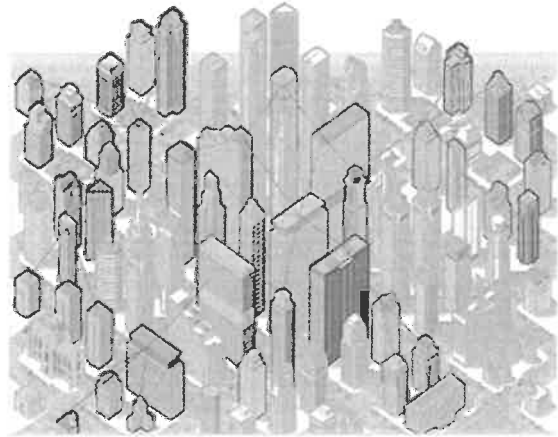


Рисунок 2 – Пример организации сети связи с помощью АОЛС

В настоящее время особое значение для связи с подвижными объектами имеет совместное применение АОЛС и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Последние используются в качестве базовых станций в сетях мобильной связи или ретрансляторов для мониторинга объектов гражданской инфраструктуры (рисунок 3). Переход на инфракрасный диапазон особенно актуален на территориях, где работают средства радиоэлектронной борьбы (РЭБ).

Большое значение применение БПЛА имеет в ОАО «РЖД» для решения различных задач, среди которых:

- 1) ликвидация последствий транспортных происшествий;
 - 2) панорамное фотографирование инфраструктуры для выделения тепловых участков, что позволяет оперативно обнаружить отклонения от нормы (трещины, дефекты и т. д.);
- наблюдение за техническим состоянием важных объектов железнодорожной инфраструктуры (станции, мосты, тоннели, сети связи, железнодорожные пути) [3].

Недостатком каналов связи с подвижными объектами на базе АОЛС является необходимость постоянного отслеживания конуса света от лазерного передатчика. Поэтому на приемном устройстве требуется система захвата и сопровождения оптического луча (рисунок 4).



Рисунок 3 – Применение БПЛА в ОАО «РЖД»

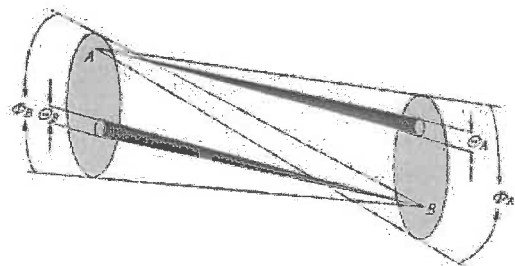


Рисунок 4 – Наклонный конус света от БПЛА

В основе такой системы может лежать принцип слежения за проекцией конуса на фотоматрице оператора связи (рисунок 5). С помощью оценки координат эллипса (проекции конуса) и распределения яркости его изображения на приемной стороне возможно формирование обратного канала

(такого же конуса для организации двусторонней связи). Предлагается в АОЛС реализовать принцип работы фазированных антенных решеток (ФАР) для радиоканалов.

Следует отметить, что оптический канал связи работает в сложных условиях солнечной за- светки, рэлеевских рассеяний и турбулентности. Особенно опасны вибрации и другие механи- ческие воздействия на модемы, которые нарушают двухстороннюю связь. Поэтому дополни- тельно в устройства обнаружения проекции оптического конуса необходимо включать искусственные нейронные сети (ИНС), которые восстановят разрушенный контур эллипса от лазерного луча (рисунок 6).

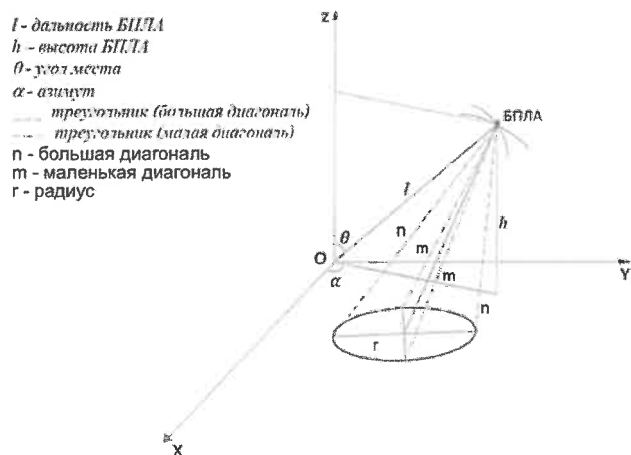


Рисунок 5 – Координаты БПЛА по эллипсу на фотоматрице (ФМ)

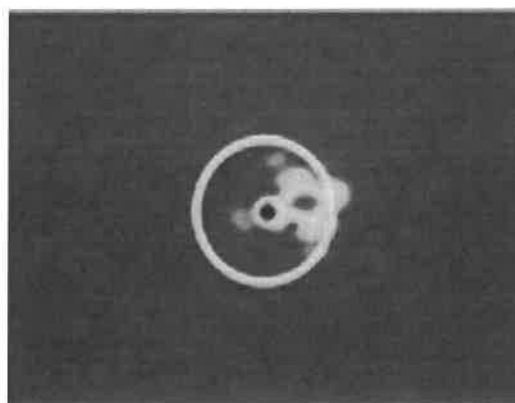


Рисунок 6 – Пример реального изображения «следа» от конуса света на ФМ приемника АОЛС [4]

Другой проблемой использования АОЛС является большое затухание сигнала в атмосфере, ко- торое требует постоянной подстройки мощности передатчиков.

В таблице 1 показаны уровни затухания при различных погодных условиях для АОЛС в инфра- красном диапазоне 850 нм [5].

Таблица 1 – Уровни затухания БОКС в зависимости от погодных условий

Погодные условия	Затухание, дБ/км	Погодные условия	Затухание, дБ/км
Ясная погода	0–3	Снег	6–26
Слабый дождь	3–6	Легкий туман	20–30
Сильный дождь	6–17	Густой туман	50–100

Таким образом, для достижения устойчивой связи с подвижными объектами на базе АОЛС нужно решить главную задачу, а именно разработать аналог фазированной антенной решетки в оптическом диапазоне длин волн. Один из вариантов такой ФАР рассматривается в работе [6].

Список литературы

- 1 Transmission analysis of digital TV signals over a radio-on-fso channel / Chedlia Ben Naila, Kazuhiko Wakamori, Mitsuji Matsumoto, Katsutoshi Tsukamoto // IEEE Communications Magazine. – 2012 – № 50(8). – DOI: 10.1109/MCOM.2012.6257540.
- 2 IXBT. Беспроводные оптические каналы связи [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.ixbt.com/comm/boks.shtml>, свободный. – Дата доступа : 01.09.2024.
- 3 Дроны на железных дорогах. Ожидание или реальность? [Электронный ресурс] // Гид покупателя. – Режим доступа : <https://www.djmsk.ru/guides/2022/02/16/drony-na-zheleznyh-dorogah-ozhidanie-vs-realnost/>. – Дата доступа : 01.09.2024.
- 4 Беспроводной канал 10 Гбит/с: Ключевые особенности и результаты тестирования / С. Н. Кузнецов [и др.] // Ин- новации в науке, производстве и образовании : сб. трудов Междунар. науч.-практ. конф., 14–16 октября 2013 г. – Рязань, 2013. – С. 83–91.
- 5 Краснюк, Б. А. Оптические системы связи и светодиодные датчики. Вопросы технологии / Б. А. Краснюк, Г. И. Корнеев. – М. : Радио и связь, 1985. – 192 с.
- 6 Перспективы беспроводного оптического канала связи / А. А. Антонов [и др.] // Автоматика, связь, информатика. – 2023. – № 9. – С. 17–20. – DOI: 10.34649/AT.2023.9.9.004