

Противодействие незаконному применению беспилотных летательных аппаратов на железнодорожном транспорте

П. А. Плеханов

Петербургский государственный университет путей
сообщения Императора Александра I

pavelplekhanov@gmail.com

Д. Н. Роенков

Петербургский государственный университет путей
сообщения Императора Александра I

roenkov_dmitry@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены вопросы обнаружения и противодействия незаконно применяемым в отношении объектов железнодорожного транспорта беспилотным летательным аппаратам. Показаны особенности таких способов обнаружения аппаратов, как наблюдение за воздушным пространством, радиолокация и радиопеленгация, оптико-электронное и акустическое обнаружение. Представлены меры противодействия беспилотным летательным аппаратам, включая описание возможных способов их нейтрализации.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат; обнаружение; противодействие; помехи

I. ОБНАРУЖЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Для обнаружения БПЛА могут использоваться различные способы, различающиеся применяемыми физическими принципами и соответствующими техническими средствами (табл. 1) [1].

Наблюдение за воздушным пространством является наиболее простым способом обнаружения БПЛА, однако его эффективность зависит, с одной стороны, от субъективных способностей наблюдателя, а с другой – от его местоположения, наличия вспомогательных средств и условий окружающей среды (время суток, погода).

Преимуществом радиолокации является относительная стабильность распространения радиоволн в однородной среде, не зависящая, например, от изменения условий оптической видимости в зоне обнаружения БПЛА. В основе данного метода лежит способность радиоволн отражаться от объектов, электрические или магнитные параметры которых отличаются от аналогичных параметров среды распространения. А на основе изменения частоты отраженного от БПЛА сигнала, можно определить факт движения (эффект Доплера).

Основными методами радиопеленгации являются амплитудный и фазовый. В первом случае используется антенная система, диаграмма направленности которой имеет выраженные минимумы или максимумы для нахождения направления на БПЛА по пересечению с диаграммой направленности применяемой на аппарате антенны. Во втором случае анализируются фазы принимаемых антенной системой сигналов от БПЛА.

Обнаружение БПЛА оптико-электронным способом может применяться при возможности построения проекции визуального облика аппарата на картинную плоскость при использовании методов повышения контрастности и восстановления пропущенных графических элементов. Успешность использования такого способа обнаружения существенно зависит от времени суток и погодных условий.

Акустический способ позволяет решить задачу обнаружения БПЛА за счет фиксации создаваемого элементами аппарата (двигательная установка, винтовые лопасти и др.) акустических сигналов как звукового, так и инфразвукового и ультразвукового диапазонов. При этом, генерируемые БПЛА звуковые волны могут затухать вследствие вязкости воздушной среды, турбулентности воздуха и т. д.

ТАБЛИЦА I. СПОСОБЫ ОБНАРУЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

| Способ обнаружения | Краткая характеристика |
|---------------------------------------|---|
| Наблюдение за воздушным пространством | Визуальное наблюдение с земли как с использованием, так и без использования специальных технических средств (бинокль, тепловизор и т.д.); наблюдение на равных с БПЛА высотах (с верхних этажей зданий, с использованием других БПЛА); наблюдение сверху. |
| Радиолокация | Определение местоположения и скорости БПЛА с помощью радиоволн путем отправки в зону обнаружения зондирующих и приема отраженных сигналов. |
| Радиопеленгация | Определение направления на БПЛА как на источник радиоизлучения путем приема радиоволн с помощью пространственно-разнесенных радиопеленгаторов. |
| Оптико-электронное обнаружение | Обнаружение БПЛА с помощью оптических и лазерных дальномеров на основе использования соответствующих излучателя и приемника. |
| Акустическое обнаружение | Обнаружение БПЛА при помощи акустических микрофонов, принимающих генерируемые БПЛА звуковые волны. |

В руках нарушителей беспилотные летательные аппараты (БПЛА) могут представлять серьезную угрозу транспортной безопасности, что, в свою очередь, требует адекватных мер противодействия с учетом модели нарушителя, использующего БПЛА в отношении объектов железнодорожного транспорта [2, 3].

II. ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТАМ

В целях противодействия БПЛА следует использовать следующие их недостатки, имеющие разную значимость для отдельных категорий аппаратов:

- ограниченность применения в зависимости от времени суток и метеоусловий – многие модели невозможно использовать при скорости ветра выше 10 м/с, при сильном дожде, в туман и т. д.;
- низкая живучесть конструкции вследствие неустойчивости к механическим природным и антропогенным воздействиям;
- относительно невысокая интеллектуальность функционирования в автономном режиме, выраженная в отсутствии возможности оперативного принятия решений, уклонения от опасностей и т. п.;
- недостаточная надежность и защищенность бортового радиоэлектронного оборудования и каналов управления и передачи данных, в т. ч. вследствие отсутствия дублирования функций из-за ограничений по массе [4–11];
- сравнительно небольшая дальность действия при отсутствии средств ретрансляции сигналов управления [12–15].

Можно выделить два основных способа противодействия БПЛА:

1. Ограничения на полеты БПЛА на основе, прежде всего, юридических, а также публично-информационных, административных и программных мер;
2. Нейтрализация БПЛА путем прекращения их функционирования – принудительная посадка или уничтожение.

К юридическим мерам относится принятие нормативных документов о регистрации, правилах полета и эксплуатации БПЛА (включая права на фото- и видеосъемку с воздуха), а также о бесполетных зонах. В России такими документами являются, главным образом, Воздушный кодекс, Правила государственного учета беспилотных гражданских воздушных судов с максимальной взлетной массой от 0,15 килограмма до 30 килограммов, ввезенных в Российскую Федерацию или произведенных в Российской Федерации (утв. Постановлением Правительства РФ от 25 мая 2019 г. № 658), Федеральные правила использования воздушного пространства Российской Федерации (утв. Постановлением Правительства РФ от 11 марта 2010 г. № 138).

Публично-информационные меры включают информирование через СМИ общественности о связанной с БПЛА значимой информации, установку знаков бесполетных зон и т. п. Административные меры подразумевают наказание лиц, нарушающих законодательство о БПЛА, в соответствии с Кодексом РФ об административных правонарушениях и Уголовным кодексом РФ. Под программными мерами понимается намеренная установка производителями БПЛА геолокационных, высотных, скоростных и иных ограничений.

Основными способами нейтрализации БПЛА являются огнестрельный, акустический, лазерный, микроволновый, применение других БПЛА, а также использование средств радиоэлектронной борьбы.

Огнестрельный способ предполагает физическое уничтожение БПЛА с помощью зенитно-ракетных комплексов, включая переносные, а также посредством различного стрелкового оружия. Несмотря на кажущуюся очевидность и простоту, данный способ может оказаться малоэффективным, особенно против малоразмерных быстро движущихся БПЛА, поскольку, во-первых, требует точного прицеливания, а во-вторых, зачастую вызывает расход весьма дорогостоящих боеприпасов.

При акустическом способе используется направленная звуковая волна, которая вызывает разрушительные механические колебания конструкции БПЛА, а также выход из строя компонентов его бортового комплекса (например, элементов инерциальной навигационной системы). Данный способ может успешно использоваться для противодействия группам («роям») БПЛА, однако, как правило, требует применения уровня направленного шума более 160 дБ, что оказывается неприемлемым в районах расположения людей без специальных средств шумовой защиты.

Лазерный способ близок к огнестрельному и основан на передаче с помощью лазерного луча тепловой энергии, достаточной для разрушения, как правило, пластиковых элементов конструкции БПЛА.

Микроволновый способ основан на эффекте облучения БПЛА кратковременными последовательностями электромагнитных импульсов (сравнимо с эффектом «разогрева» в микроволновых печах), которые вызывают разрушение наноструктур кристаллов кремния электронных элементов бортовой аппаратуры. В отличие от лазерного способа, приводящего к механическому разрушению БПЛА посредством сильного дистанционного нагрева, микроволновый способ ведет к дистанционному образованию в электрических цепях БПЛА разрушительных наведенных токов, что оказывается эффективным для борьбы с группами БПЛА за счет отсутствия необходимости прицеливания.

Перспективным, в настоящее время, способом является применение БПЛА-перехватчиков или БПЛА-камикадзе. Например, БПЛА-перехватчик может использовать сетку для прерывания полета БПЛА-нарушителя, а БПЛА-камикадзе – вызывать уничтожение БПЛА-нарушителя путем физического контакта с ним.

Распространенным и относительно эффективным способом для неавтономных БПЛА является использование средств радиоэлектронной борьбы. По своей технологии данный способ близок к микроволновому, но направлен на подавление («глушение») каналов связи между БПЛА и пунктом управления, а также на перехват сигналов управления. Для этого требуется установить частоты, которые используются для сигналов управления БПЛА, а затем подавить их искусственными помехами. При этом, помехи могут быть двух видов (рис. 1):

1. прицельные, спектр которых имеет ширину, соизмеримую (равную или в полтора-два раза

превышающую) с шириной спектра сигналов управления БПЛА;

2. заградительные, ширина спектра которых значительно превышает ширину спектра сигналов управления БПЛА.

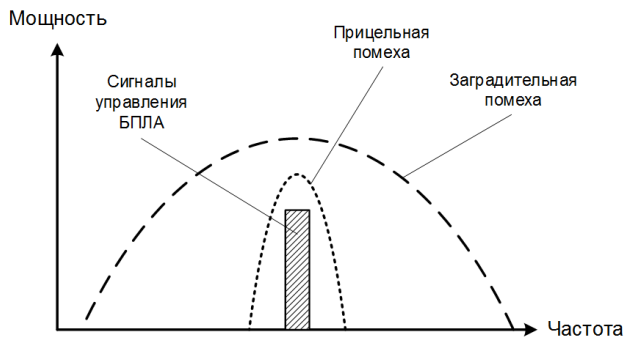


Рис. 1. Искусственные помехи для подавления сигналов управления беспилотными летательными аппаратами

В силу излучения в узкой полосе частот прицельные помехи не создают нарушения в работе других радиоэлектронных средств, однако их эффективность зависит от точности совмещения по частоте с сигналами управления БПЛА. Заградительные помехи можно создавать, не обладая точной информацией о частотах сигналов управления БПЛА, однако здесь возможны сбои в работе своего же радиоэлектронного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Плеханов П.А., Роенков Д.Н. БПЛА на службе железнодорожного транспорта // Автоматика, связь, информатика. 2023. № 9. С. 13-16.
- [2] Плеханов П.А. Риск-ориентированный подход к обеспечению транспортной безопасности как части комплексной безопасности

железнодорожного транспорта // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2019. Т. 16. Вып. 4. С. 539-551.

- [3] Плеханов П.А. Обеспечение комплексной безопасности на железнодорожном транспорте в контексте стратегического развития // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2020. Т. 17. Вып. 4. С. 552-565.
- [4] Плеханов П.А. Беспроводные инфокоммуникационные сети на железнодорожном транспорте. СПб.: ПГУПС, 2014. 55 с.
- [5] Плеханов П.А., Роенков Д.Н. Цифровые системы подвижной связи на железнодорожном транспорте. СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2020. 41 с.
- [6] Плеханов П.А., Роенков Д.Н. Подвижная связь 5G // Автоматика, связь, информатика. 2019. № 5. С. 8-12.
- [7] Роенков Д.Н., Плеханов П.А. Технология ММО для подвижной связи 5G // Автоматика, связь, информатика. 2019. № 8. С. 21-25.
- [8] Плеханов П.А., Роенков Д.Н. Стандартизация требований для систем беспроводной связи // Автоматика, связь, информатика. 2020. № 4. С. 38-42.
- [9] Роенков Д.Н., Плеханов П.А. Мобильные сети поколения 5G: перспективы применения // Автоматика, связь, информатика. 2020. № 10. С. 2-7.
- [10] Плеханов П.А., Роенков Д.Н. Переход к будущей железнодорожной системе подвижной связи // Автоматика, связь, информатика. 2021. № 5. С. 6-11.
- [11] Плеханов П.А., Роенков Д.Н. Перспективная подвижная связь // Автоматика, связь, информатика. 2024. № 1. С. 16-20.
- [12] Лапунов С.И., Роенков Д.Н., Плеханов П.А. Коротковолновая ионосферная радиосвязь и возможности ее применения // Автоматика, связь, информатика. 2022. № 7. С. 14-19.
- [13] Лапунов С.И., Роенков Д.Н., Плеханов П.А., Глухов И.А. Применение систем коротковолновой радиосвязи на малоинтенсивных железнодорожных участках // Автоматика, связь, информатика. 2022. № 9. С. 4-8.
- [14] Лапунов С.И., Роенков Д.Н., Плеханов П.А., Глухов И.А. Радиосвязь на малоинтенсивных железнодорожных участках // Автоматика, связь, информатика. 2022. № 11. С. 2-7.
- [15] Роенков Д.Н., Плеханов П.А. Системы мобильной связи. Коротковолновая и спутниковая связь. СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2023. 31 с.