

**Петровский Александр Сергеевич**  
инженер-электронщик, АО «Электронстандарт-Прибор»,  
188301 РФ, Ленинградской обл.,  
г. Гатчина, ул. 120-ой Гатчинской Дивизии, 1Д  
Petrovskii Alexandr,  
hardware engineer, PJSC «Electronstandart-Pribor»,  
188301, Russia, Leningrad region,  
Gatchina, st. 120th Gatchina Division, 1 D

**ПРОМЫШЛЕННЫЙ ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ  
КАК ИСТОЧНИК СИГНАЛОВ ДЛЯ НАВЕДЕНИЯ БПЛА  
INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS AS A SOURCE  
OF SIGNALS FOR UAV GUIDANCE**

**Аннотация:** В статье рассмотрена актуальная проблема – атаки беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) на промышленные объекты и объекты топливно-энергетического комплекса, а в качестве целеуказателя используются сигналы беспроводных систем и интерфейсов. то акцент сделан именно на данную проблему защиты от пеленгации.

**Abstract:** The article considers an urgent problem – attacks by unmanned aerial vehicles (UAVs) on industrial facilities and facilities of the fuel and energy complex, and signals from wireless systems and interfaces are used as a target designator. the emphasis is on this particular problem of direction-finding protection.

**Ключевые слова:** Наведение БПЛА. Оптическая передача данных. FSO. LoRa. Li-Fi. Пеленгация.

**Keywords:** UAV guidance. Optical data transmission. FSO. LoRa. Li-Fi. Direction finding.

На данный момент уже не один год у большинства людей на слуху такое понятие как интернет вещей или IoT (Internet of Things), которое подразумевает под собой подключение н-ого количества устройств с разными функциями через беспроводные интерфейсы к единому управляющему устройству. В качестве беспроводных интерфейсов используются Wi-Fi (в перспективе Li-Fi), Bluetooth. В подавляющем большинстве случаев, при затрагивании понятия интернета вещей, подразумевается его бытовое применение: система умный дом, умная колонка с голосовым помощником и так далее.

Однако существует также понятие промышленный интернет вещей или ПоТ (Industrial Internet of Things) [1], которое получило применение на производствах, преимущественно в обрабатывающей промышленности. В промышленном интернете вещей применяются такие интерфейсы как: Lo-Ra, ZigBee, WirelessHART, Trusted Wireless Environment. Также на производственных объектах активно применяются радиотехнические средства для коммуникации сотрудников – это различные рации, функционирующий по стандарту DMR (Digital Mobile Radio или Цифровая Подвижная Радиосвязь).

Безусловно беспроводные средства передачи информации между различным оборудованием (контролирующим, измеряющим, сигнализирующим) к месту управления и контроля технологическими процессами предприятия позволяет существенно сэкономить на прокладке кабелей, лотков для кабелей, креплений, эстакад, которые в свою очередь проходят по территории производства согласно определённым требованиям по дистанции от других



объектов. В итоге получается ситуация, при которой покупка и установка контролирующего оборудования (приборы контроля воспламенения, утечек газа, газоанализаторы) на НПЗ или в местах нефтегазовой добычи стоит практически столько же, сколько тратится на прокладку сети кабелей для подключения этого оборудования. Однако любые беспроводные технологии по определению подразумевают излучение некоего сигнала с определенными параметрами для конкретного приемника или получателя и ничто не мешает с помощью технических средств обнаружить наличие этого сигнала на существенном расстоянии, в следствии чего использовать для точного наведения различного рода беспилотных летательных аппаратов и причинение существенного материального вреда производственному объекту. Особенно слабое место состоит в том, что у стороны, желающей использовать источник сигнала как целеуказатель не стоит задачи расшифровать или извлечь информацию из него. Необходимо и достаточно лишь обнаружить его и удерживать, а далее просто вести БПЛА на этот источник сигнала по необходимой траектории полета. А такая система как промышленный интернет вещей, из-за наличия большого количества приемо-передающих устройств по беспроводным интерфейсам создает хорошо обнаруживаемый и стабильный сигнал для наведения БПЛА. Особенно если учитывать большую дальность действия некоторых интерфейсов, например LoRa действует на дальности до 50 км [2].

Защиту сигналов беспроводных интерфейсов промышленного интернета вещей стоит рассматривать как комплексное решение по нескольким направлениям: ограничение возможности пеленгации сигнала, шифрование сигнала, установление дополнительных помех (средства РЭБ). Основное из них – это ограничение возможности пеленгации сигнала, которое реализуется при помощи антенн с узкой диаграммой направленности, сокращением времени сеанса передачи сигнала, оптическими методами передачи информации (технологии Li-Fi, FSO).

Безусловно, реализация хотя бы части из представленных выше решений может существенно повысить безопасность промышленного объекта и быть эффективной. Однако существуют алгоритмы [3] [4], позволяющие пеленговать и наводить летательные аппараты даже на источники кратковременного излучения с высокой точностью. В связи с чем данное решение не всегда может гарантировать высокую безопасность.

В свою очередь антенны с узкой диаграммой направленности также не являются панацеей, дальность излучения антенны в большинстве случаев больше, чем необходимо для передачи сигнала на промышленном объекте. Что в свою очередь создает, пусть и не большие, области диаграммы направленности, которых может быть достаточно для обнаружения сигнала.

Наиболее перспективным решением проблемы выглядит применение оптических методов передачи информации. Такие методы позволяют сохранить конфиденциальность без дополнительного шифрования, имеют строго направленное действие в передачи сигнала, что осложняет наведение БПЛА на больших расстояниях от источника сигнала. На данный момент возможно применение нескольких видов оптических систем передачи информации, для надежного и безопасного функционирования оборудования на промышленных объектах: Li-Fi и FSO. На рисунке 1 представлен алгоритм передачи сигнала при использовании оптических средств передачи информации.





Рисунок 1 – Путь передачи сигнала при использовании оптических средств связи.

Системы FSO или атмосферные оптические линии связи имеют высокую скорость и скрытность передачи информации, отсутствие лицензирования оптического диапазона, высокую помехозащищенность [5]. На рисунке 2 представлена схема некоего промышленного объекта, где установлены атмосферные оптические линии связи под номерами 1, 2 и 3. Под номером 3 – это устройство, которое принимает сигналы и передает его в пункт управления или административное здание предприятия под номером 4. Элементы системы FSO под номерами 1 и 2 передают информацию от некоего измерительного оборудования (системы газоанализа, индикаторы пожара и пламени, индикаторы утечек газ), которое может быть закреплено на одной вышке с этими оптическими передатчиками и входит в единую сеть промышленного интернета вещей. В действительности же подобных оптических приемо-передающих устройств может быть столько, сколько необходимо для беспроводной передачи данных.

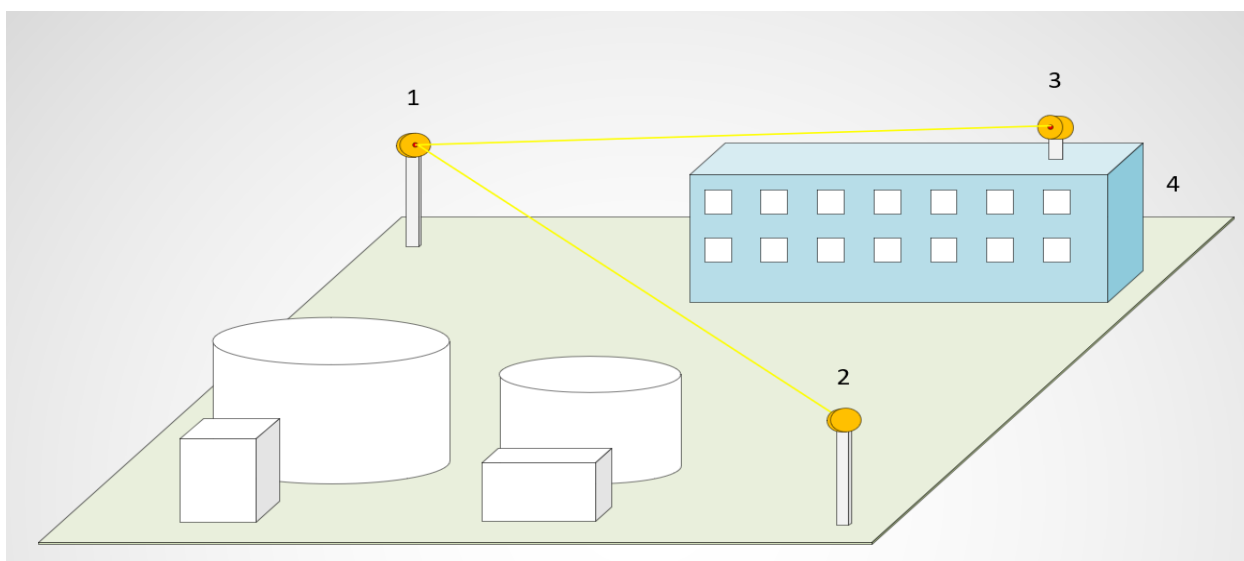


Рисунок 2 – Схема размещения оптических приемников технологии FSO на промышленном объекте



Для передачи информации внутри помещения возможно применение технологии Li-Fi, которая имеет органичную дальность действия [6] [7]. Технология Li-Fi являясь оптической системой также гарантирует безопасность передачи данных и невозможность пеленгации и наведения на источник сигнала. Данная технология хорошо подходит для локального охвата в защищенных пространствах от солнечного света и погодных осадков. С учетом большой концентрации пользователей внутри помещения с большим количеством портативных устройств связи, Li-Fi идеально подходит, т.к. способен обеспечить более высокую пропускную способность и скорость передачи информации, чем радиоволны.

Таким образом предложена структура передачи информации с измерительного оборудования и комбинация из нескольких оптических систем связей, для предотвращения возможности обнаружения и пеленгации сигнала передачи информации на промышленных объектах и объектах ТЭК между различными устройствам промышленного интернета вещей при помощи беспроводных оптических технологий. Так как согласно промышленным требованиям надежности и безопасности, некоторое оборудование все равно обязано соединяться между собой проводной связью, что также гарантирует защиту от пеленгования сигнала, то разумное применение проводных и беспроводных оптических систем одновременно позволит многократно повысить защищенность промышленных объектов от наведения беспилотных летательных аппаратов.

*Список литературы:*

1. Sebastian R. Bader Structuring Reference Architectures for the Industrial Internet of Things / S. R. Bader, M. Maleshkova, S. Lohmann // Multidisciplinary Digital Publishing Institute. – 2019.
2. Антонова В.М. Преимущества применения технологии LORA [Текст]: / В. М. Антонова, Н. Е. Богомолова, Д. А. Руссак // Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты. – 2017. – № 19. – С. 7-9.
3. Замыслов М.А. Способ наведения высокоскоростного летательного аппарата на источник кратковременного излучения [Текст]: / М.А. Замыслов, А.М. Мальцев, С.Б. Михайленко, Н.В. Штанькова // Воздушно-космические силы. Теория и практика. – 2019. – №11. – С. 69-76.
4. Маклашов В.А. Алгоритм вычисления пеленга на источник радиоизлучения [Текст]: / В.А. Маклашов, Р.М. Мирзоев // Надежность и качество сложных систем. – 2021. – №1. – С. 66-75.
5. Кузнецов С. 4,5 километра FSO-соединения с операторской надежностью. Практические результаты [Текст]: / С. Кузнецов, Б. Огнев, С. Поляков // Технологии и средства связи. – 2008. – №6. С. 47-49.
6. Пиликина Е. А. Технология Li-Fi как дальнейшее развитие беспроводной передачи данных [Текст]: / Е.А. Пиликина, М.В. Державин, К.В. Белоус // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – №31. – С. 494-500.
7. Tanvir Abid, S.M. Li-Fi Technology: Increasing the Range of Li-Fi by Using Mirror / S.M. Tanvir Abid, Shiam Khabir, Md. Abir Hasan, Abhishek Saha, Md Masuduzzaman // International Journal of Information Technology and Computer Science. – 2019.

