

## Методы выделения ложных сигналов автоматической идентификационной системы беспилотных летательных аппаратов на фоне сигналов судов

*К.С. Климов*

*АО «Лаборатория Касперского», Москва*

**Аннотация:** Эксплуатация беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), а также их компактность и простота в использовании позволяют активно применять их в различных условиях и ситуациях. БПЛА имеют ряд параметров, от дистанционно пилотируемых до полностью автоматизированных, включая степень их автономности, а также конструкцию и назначение. Транспондеры автоматической идентификационной системы (АИС) принимают и обрабатывают сигналы АИС, получая на выходе сообщения о наименовании судна, данные о курсе, скорости движения и текущем навигационном статусе с отображением его местоположения на электронной карте. Применение в АИС открытого протокола передачи данных делает ее уязвимой при появлении в трафике ложных сигналов (ЛС), содержащих искаженную информацию с отображением ложных целей на экранах мониторов АИС, что может привести к навигационным происшествиям. Целью статьи является выработка предложений по обнаружению и идентификации ЛС АИС БПЛА. В работе проведен анализ возможности формирования ЛС АИС БПЛА, рассмотрены подходы к решению задач обнаружения и идентификации ЛС и предложены для их реализации методы технического анализа радиосигналов.

**Ключевые слова:** автоматическая идентификационная система, ложные сигналы, обнаружение ложных сигналов, пеленгование.

### Введение

Автоматическая идентификационная система судов предназначена для обеспечения безопасности судоходства и предупреждения столкновений [1, 2]. Суда, оборудованные станциями (транспондерами) АИС, передают сообщения, которые содержат в себе наименование судна, данные о курсе, скорости движения и текущем навигационном статусе. В АИС применяется открытый протокол передачи данных с излучением сигналов на известных международных частотах, вследствие чего возможно использование ложных сигналов (ЛС). ЛС АИС будут восприниматься участниками судоходства как истинные с отображением объектов на мониторах АИС [3, 4].

## Возможности формирования ложных сигналов АИС

Для создания ложного сигнала АИС в транспондер должны быть загружены данные о положении, курсе и скорости с ложной цели (ЛЦ) с реальным или условным идентификатором морской подвижной службы (Maritime Mobile Service Identity, MMSI) [5, 6]. Эти данные не соответствуют реальности, но могут отображаться на экране участника АИС, как реальное судно. Теоретически, можно изменять навигационные параметры ЛЦ для имитации маневров, но на практике достаточно установить ЛЦ со статическими навигационными параметрами [7].

Сигнал АИС является носителем информации, где сообщение кодируется и модулируется (частотная модуляция) для передачи в эфире. При обычном подходе демодуляции/декодирования сигналов получают текстовые сообщения, из которых ложное, передаваемое ЛС, практически невозможно отличить от реального, передаваемое реальным сигналом АИС [6].

Излучения ЛС АИС являются киберугрозами и могут причинить реальный вред участникам судоходства:

- возникновение сбоев в перевозке грузов и пассажиров;
- угрозы безопасности мореплавания или безопасности судна в связи с повреждением, утратой или компрометацией связанных с судоходством информации или систем.

Носителями транспондеров ЛС АИС могут быть (рис.1):

- суда;
  - буи;
  - береговые станции (стационарные или мобильные);
  - БПЛА [8].
-

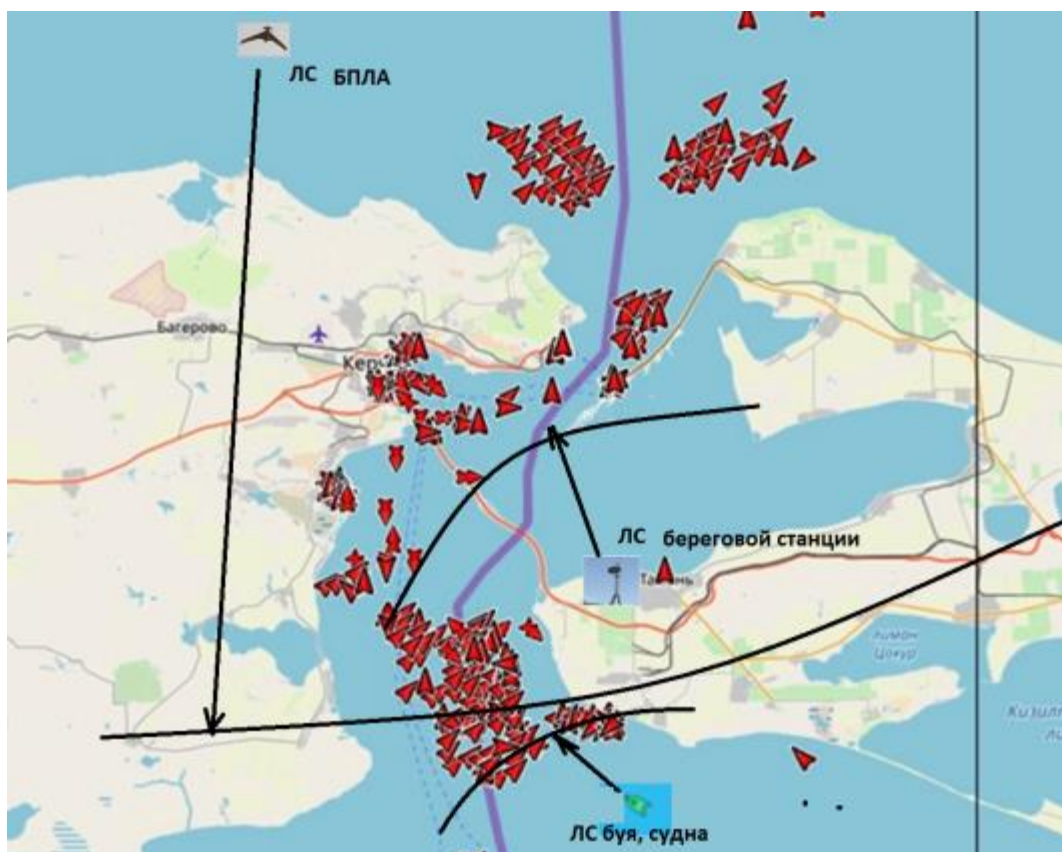


Рис. 1. – Схема доступности воздействий ЛС с различных носителей

Суда и буи могут использоваться локально с радиусом действия ЛС в пределах прямой видимости (до 20 миль). При этом время функционирования ЛС ограничено временем нахождения носителя в зоне создания ложной навигационной обстановки.

Береговые транспондеры ЛС АИС также имеют ограничения по дальности действия (в зависимости от высоты расположения и наличия экранирующих поверхностей и предметов), кроме того необходимо обеспечение скрытности подобной деятельности с участием операторов, которые кроме формирования ЛС должны заниматься анализом навигационной обстановки.

Наиболее простой и эффективной способ излучения ЛС – с помощью транспондера, установленного на беспилотном летательном аппарате [9]. При этом обеспечивается доступность ЛС к судовым и береговым станциям

АИС в радиоволновом диапазоне электромагнитного излучения на больших расстояниях (десятки миль) и не требуется нахождения носителя транспондера АИС в зоне создания ложной навигационной обстановки. Несомненными преимуществами использования БПЛА являются большая дальность воздействия ЛС на объекты, обеспечение возможности эффективного дистанционного управления передатчиком ЛС, высокая маневренность, живучесть и скрытность [8].

### Возможности обнаружения ложных сигналов АИС БПЛА

Наблюдение за ЛС с БПЛА на фоне аналогичных сигналов судов можно осуществлять с помощью анализатора сигналов, обеспечивающего просмотр частотно-временной панорамы (режим «сонограмма» или «водопад») и измерение их частотных, амплитудных и временных характеристик (рис. 2, 3).

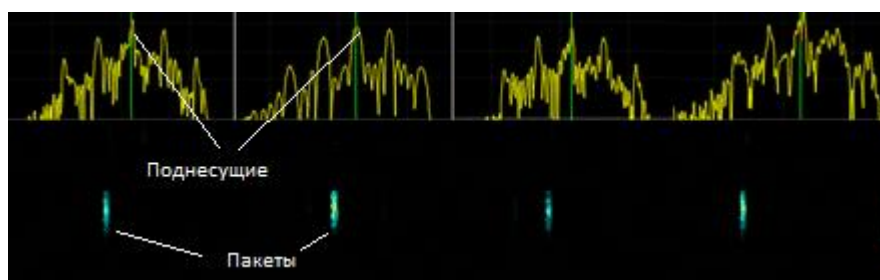


Рис. 2. – Спектр и сонограмма сигналов АИС

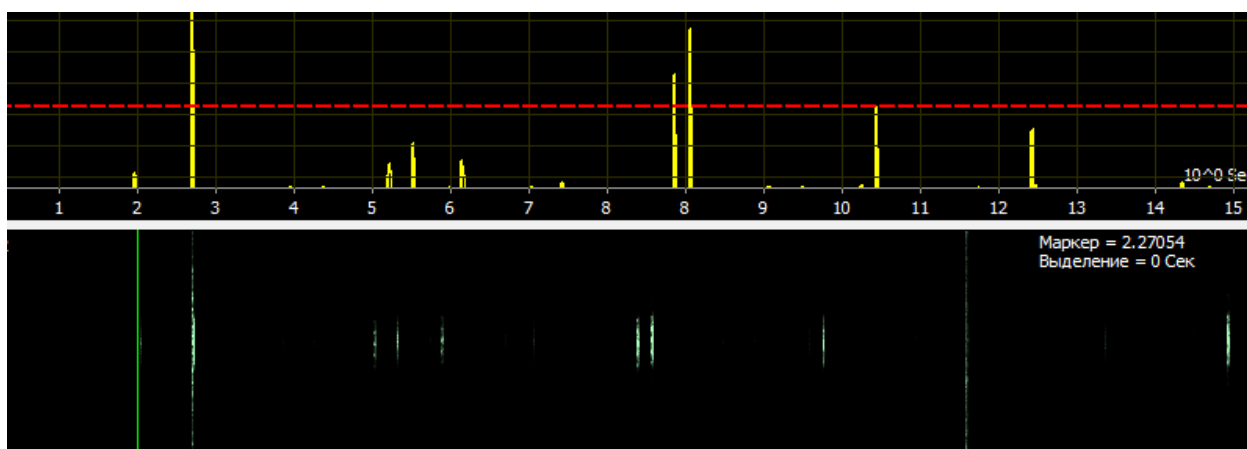


Рис. 3. – Осциллограмма и сонограмма сигналов АИС

Сигналы передаются в виде пакетов с элементами настройки в виде немодулированных поднесущих, по которым можно произвести точное измерение частоты (маркер на рис.2). Полоса сигналов составляет несколько кГц в диапазоне до 150 МГц.

Ввиду того, что суда движутся и меняют курс, имеет место доплеровский эффект, который приводит к изменению частоты ( $\Delta f$ ):

$$\Delta f = f_0 \frac{V}{C} \cos \Theta,$$

где  $\Theta$  – угол между направлением от точки приема на объект и вектором скорости объекта,  $V$  – скорость судна,  $C$  – скорость радиоволн.

При  $\Theta=0$  град –  $\Delta f = f_0 \frac{V}{C}$ , при  $\Theta=180$  град –  $\Delta f = -f_0 \frac{V}{C}$ .

При  $V=50$  км/ч (~30 узлов)  $\Delta f=7.95$  Гц, таким образом, максимальное изменение частоты  $\Delta f$  не должно превышать +/-10 Гц

При  $V=36$  км/ч (~20 узлов)  $\Delta f$  не должно превышать  $\leq$  +/-5.0 Гц.

Для БПЛА со скоростью более 100 км/ч  $\Delta f$  будет не менее +/- 20 Гц.

Таким образом, измеряя частоту сигнала с точностью 1 Гц, можно выделить сигнал БПЛА на фоне потока сигналов судов (рис.4).

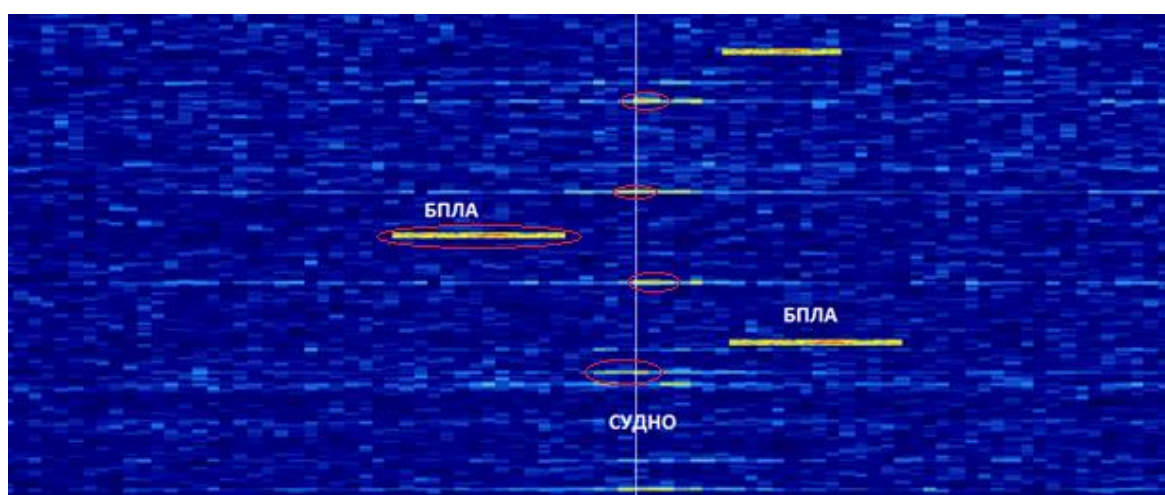


Рис. 4 – Сонограмма предполагаемых ЛС БПЛА на фоне сигналов судов

Установка фильтра, режектирующего сигналы судов, позволит выделять только сигналы БПЛА [10]. Кроме того, должно наблюдаться изменение доплеровской частоты в связи с маневрированием БПЛА, а также изменение амплитуды (яркой отметки сигнала на сонограмме, рис.4).

Другим методом обнаружения ЛС БПЛА на фоне судовых транспондеров является пространственная селекция сигналов с помощью радиопеленгатора [10]. При этом предполагается нахождение и маневрирование БПЛА в определенном пространственном секторе и ожидается быстрое изменение пеленга и амплитуды ЛС (рис.5).

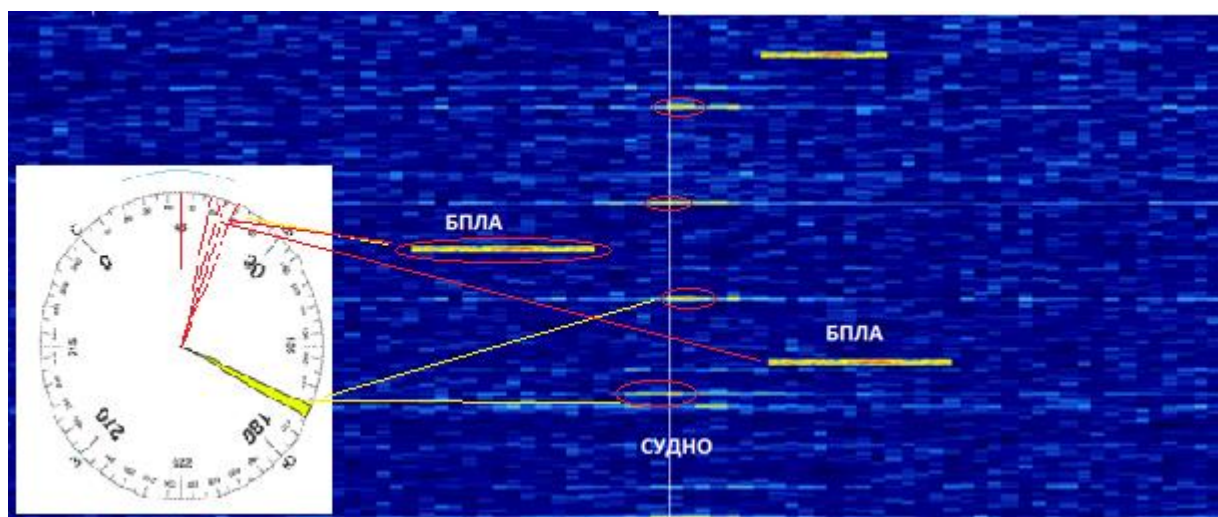


Рис. 5. – Сектора пеленгов на БПЛА и суда

Совместное использование методов пространственной и частотной селекции позволит более эффективно обнаруживать ЛС.

При обнаружении ЛС возникает необходимость его идентификации с данными, отображаемыми на мониторе обстановки для обнаружения ложной цели. В простейшем случае производится регистрация всего потока сигналов в цифровом виде с дальнейшей синхронизацией с отметками по времени (рис.6).

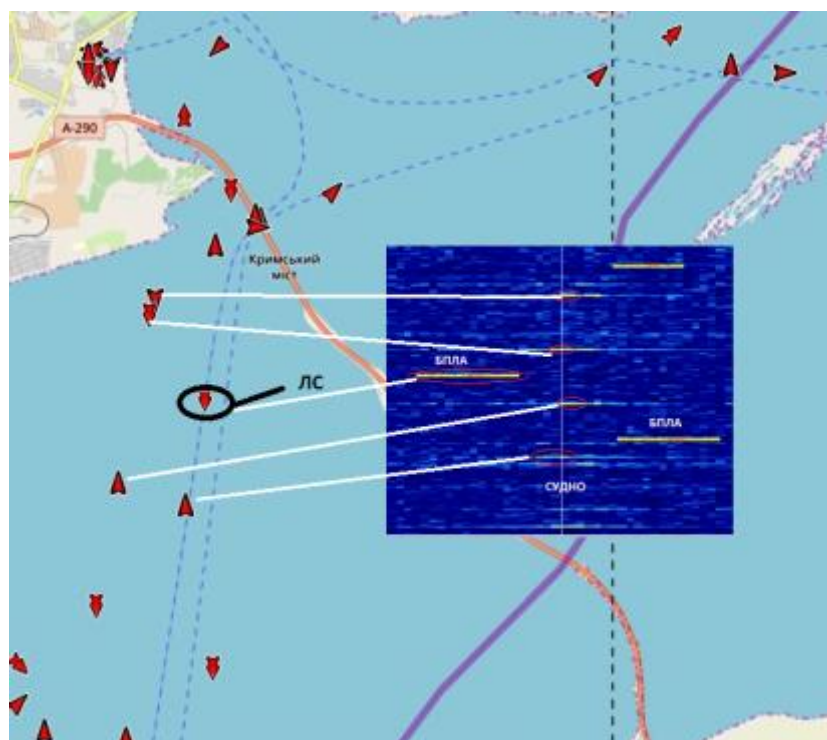


Рис.6. – Синхронизация отметок судов на карте с анализируемых сигналов  
Возможно также выделение ЛС «вручную» и их демодуляция/декодирование для дальнейшего анализа.

### Выводы

1. Наиболее эффективными носителями транспондеров ЛС АИС предполагаются БПЛА.
2. Обнаружение ЛС АИС БПЛА ожидается в первую очередь по значению доплеровского сдвига частоты, значительно превышающее соответствующее значение для судов.
3. Дополнительным методом обнаружения ЛС АИС БПЛА является пеленгование излучений АИС.

### Литература

1. Трусов С.В., Кузнецов А. О возможности собственного определения местоположения судна на основе сигналов системы АИС // Ракетно-

космическое приборостроение и информационные системы. 2019. Т.6. №2. С. 17-24.

2. Заломихин Д. В. Большие морские системы связи в обеспечении безопасности судоходства в портовых операциях в концепции развития е-навигации // Транспортное дело России. 2020. №4. С. 140-144.

3. Makris A., Kontopoulos I., Alimisis P., Tserpes K. A comparison of trajectory compression algorithms over AIS data // IEEE Access. 2021. Т.9. С. 92516-92530.

4. Goudosis A., Katsikas S. Secure AIS with identity-based authentication and encryption // TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. 2020. Т.14. №2. С. 287-298.

5. Goudosis A., Katsikas S. Secure Automatic Identification System (SecAIS): Proof-of-Concept Implementation // Journal of Marine Science and Engineering. 2022. Т.10. №6. С. 805 URL doi.org/10.3390/jmse10060805.

6. Jakovlev S., Daranda A., Voznak M., Lektuers A., Eglynas T., Jusis M. Analysis of the Possibility to Detect Fake Vessels in the Automatic Identification System // 2020 61st International Scientific Conference on Information Technology and Management Science of Riga Technical University (ITMS). IEEE, 2020. С. 1-5.

7. Аверьянов А.В., Глебова Г.М. Моделирование пространственных спектров на выходе векторно-скалярной приемной системы, работающей на фоне шумов моря // Инженерный вестник Дона, 2011, №1. URL ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/335.

8. Горбунов А.А., Горбунова Е.Б. К вопросу об особенностях систем управления БПЛА с машущим крылом // Инженерный вестник Дона, 2013, №3. URL ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1816.

9. Макаренко С.И. Противодействие беспилотным летательным аппаратам. СПб.: Научноёмкие технологии, 2020. 204 с.

---





10. Богнер Р., Константи́нидис А. Введение в цифровую фильтрацию. Москва: Мир, 1976. 213 с.

### References

1. Trusov S.V., Kuznetsov A. Raketno-kosmicheskoe priborostroenie i informatsionnye sistemy. 2019. V.6. №2. pp. 17-24.

2. Zalomikhin D. V. Transportnoe delo Rossii. 2020. №4. pp. 140-144.

3. Makris A., Kontopoulos I., Alimisis P., Tserpes K. IEEE Access. 2021. V.9. pp. 92516-92530.

4. Goudosis A., Katsikas S. Secure TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. 2020. V.14. №2. pp. 287-298.

5. Goudosis A., Katsikas S. Journal of Marine Science and Engineering. 2022. V.10. №6. pp. 805 URL doi.org/10.3390/jmse10060805.

6. Jakovlev S., Daranda A., Voznak M., Lektuers A., Eglynas T., Juisis M. 2020 61st International Scientific Conference on Information Technology and Management Science of Riga Technical University (ITMS). IEEE, 2020. pp. 1-5.

7. Aver'yanov A.V., Glebova G.M. Inzhenernyj vestnik Dona, 2011, №1. URL ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/335.

8. Gorbunov A.A., Gorbunova E.B. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №3. URL ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1816.

9. Makarenko S.I. Protivodeystvie bespilotnym letatel'nyim apparatam [Countering an unmanned aerial vehicle]. SPb.: Naukoemkie tekhnologii, 2020. 204 p.

10. Bogner R., Konstantinidis A. Vvedenie v tsifrovuyu fil'tratsiyu [Introduction to Digital Filtering]. Moskva: Mir, 1976. 213 p.