

ANMERKUNG

Das gegenständliche Dokument ist seit Mai 2023 in Russischen Sozialen Medien, welche sich mit Drohnenkrieg und Elektronischer Kriegsführung befassen, im Umlauf.

Es soll aus einem Russischen „Übersetzungsprojekt des Volkes“ stammen, welches behauptet, das ukrainische Original übersetzt zu haben, herausgegeben im Februar 2023 vom Hauptdirektorat für Radioelektronik und Cyber-Kriegsführung des Generalstabs der Streitkräfte unter der Dokumentbezeichnung WSU (PVP 3-00(27)253).

Es wäre somit ein ursprünglich ukrainisches Beutedokument, welches in Russischen Besitz gelangt ist und übersetzt wurde um Hinweise zu erlangen über welche Informationen die Ukraine über das Waffensystem „LANCET“ verfügt und welche elektronische Gegenmaßnahmen die Ukraine als geeignet betrachtet.

Unklar ist

- ob das (behauptete) Ursprungsdokument echt ist,*
- ob die Informationen in diesem Dokument das bis dahin vollständige Wissen über die radioelektronischen Eigenschaften und mögliche Gegenmaßnahmen aufzählt,*
- ob die automatische Übersetzung, dieser technisch komplexen Vorgänge hinreichend gelungen ist,*
- ob und welche Wirkung, die hier aufgeführten Gegenmaßnahmen am Gefechtsfeld in der Ukraine entfaltet haben.*

Die Analyse des öffentlich zugänglichen Materials zeigt, dass die Einsätze von Lancet per November 2022 gegenüber den Vormonaten deutlich angestiegen und seither etwa auf diesem Niveau verblieben ist.

Es ist aber unklar

- wie viele Lancet-UAVs von Seiten Russlands aus zum Einsatz gebracht werden,*
- wie viele Lancet-UAVs von Seiten der Ukraine durch diverse Maßnahmen abgefangen oder unwirksam gemacht werden können.*

Das Wissen, dass dieses Dokument Russischen Sozialen Medien veröffentlicht wurde, ist sowohl auf Russischer als auch Ukrainischer Seite seit über einem Monat gegeben. Eine Deutsche Übersetzung, Veröffentlichung, Verbreitung hat somit keinerlei Auswirkung auf den Angriffskrieg Russlands gegen die Ukraine.

Die Übersetzung erfolgte mit DeepL Pro-Starter (<https://www.deepl.com/>) für welches der Autor hiermit vorbehaltlos eine Empfehlung ausspricht.

RADIOELEKTRONISCHE GEGENMASSNAHMEN GEGEN DROHNE „LANZET“

METHODISCHE EMPFEHLUNGEN

Ursprünglich herausgegeben vom WSU (PVP 3-00(27)253) im Februar 2023.

Diese Leitlinien wurden erstmals von der Hauptdirektion für Radioelektronik und Cyber-Kriegsführung des Generalstabs der Streitkräfte der Ukraine in Zusammenarbeit mit dem nach S.P. Korolev benannten Militärinstitut Zhytomyr veröffentlicht. S.P. Korolev Military Institute im Februar 2023 in ukrainischer Sprache, ohne Verbreitungsbeschränkungen. Genehmigt von Generalleutnant Sergej SHAPTALA, Chef des Generalstabs der Streitkräfte der Ukraine, am 15. März 2023.

Ursprünglicher Einband:



INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT	4
Einleitung	5
Verweise auf militärische Veröffentlichungen	6
Liste der Abkürzungen und Symbole	6
1. KONSTRUKTIONSMERKMALE UND EIGENSCHAFTEN DES UNBEMANNTEN LUFTFAHRZEUGS LANCET	7
1.1. Merkmale des Führungs- und Telemetriesystems mit Navigations- und Ortungssystem	8
1.2. Merkmale des Aufbaus des Videoinformationsübertragungssystems ...	10
2. MERKMALE DER SIGNALERKENNUNG DER LANZETTE UAV	13
2.1. Merkmale der Radarerfassung	13
2.2. Merkmale der Erkennung von Kommando- und Telemetrie-Funksignalen.....	15
2.3. Merkmale der Erkennung von Funksignalen der Videoübertragung	19
3. EMPFEHLUNGEN ZUR UNTERDRÜCKUNG VON FUNKKANÄLEN DER LANCET UAV	21

VORWORT

Diese militärwissenschaftliche und methodische Veröffentlichung wurde von einer Arbeitsgruppe von Offizieren der Hauptdirektion für Funkelektronik und Cyber-Kampf des Generalstabs der Streitkräfte der Ukraine und des Militärinstituts S.P. Korolev Zhytomyr erarbeitet.

Die militärwissenschaftliche methodische Veröffentlichung ist für Fachleute zur Vorbereitung des Einsatzes von Kräften und Einrichtungen der elektronischen Kriegsführung gegen feindliche unbemannte Luftfahrzeugsysteme bestimmt.

Alle Vorschläge und Kommentare zu diesen methodischen Empfehlungen sind an die Generaldirektion für Funkelektronische und Cyber-Kriegsführung des Generalstabs der Streitkräfte der Ukraine zu richten.

Einleitung

Die Analyse der Erfahrungen aus dem russisch-ukrainischen Krieg zeigt, dass der intensive Einsatz unbemannter Luftfahrzeuge, einschließlich des Einsatzes unbemannter Luftfahrzeuge (im Folgenden als UAVs bezeichnet), den Verlauf von Kampfhandlungen erheblich beeinflussen kann.

Die Besatzungstruppen setzen in Zusammenarbeit mit unbemannten Aufklärungsflugzeugen (nachstehend "UAVs" genannt) sowohl ausländische als auch russische UAVs aktiv ein, um die Feuerkraft der ukrainischen Verteidigungskräfte, Luftverteidigungselemente, Radarstationen (nachstehend "Radare" genannt) und andere Kampfausrüstung zu zerstören.

Aufgrund der zunehmenden Anzahl verschiedener UAV-Typen und ihrer Fähigkeiten ist die elektronische Kriegsführung zu einer der wichtigsten Aufgaben der ukrainischen Verteidigungskräfte geworden.

Die Lancet-Drohnen haben eine Reihe von Problemen bei der Erkennung durch Radar- und Funkgeräte sowie bei der Störung. Die Gründe dafür sind die geringe Flughöhe, die relativ hohe Geschwindigkeit, die geringe Größe, die Herstellung des Rumpfes aus Verbundwerkstoff und die komplexe funkelektronische Umgebung. Der wirksame Einsatz von funkelektronischen Erkennungs- und Gegenmaßnahmen setzt voraus, dass man die Fähigkeiten dieses Drohrentyps, die Besonderheiten seiner Konstruktion und seine Nutzung durch den Feind kennt.

Um die Verluste der ukrainischen Truppen zu verringern, Schäden an der Kampfausrüstung zu vermeiden und das Kampfpotenzial der fortgeschrittenen Einheiten der ukrainischen Verteidigungskräfte aufrechtzuerhalten, ist es notwendig und dringend, die Taktik des Einsatzes der Lancet-Drohne, die Prinzipien ihrer Konstruktion und ihre Schwächen zu untersuchen, um funkelektronische Gegenmaßnahmen zu organisieren. Ansätze zur Bekämpfung der Lancet-Drohnen mittels elektronischer Kriegsführung sind nur ein Bestandteil des gesamten Systems von Gegenmaßnahmen und sollten in Kombination mit anderen Maßnahmen angewandt werden: Tarnung der Bewegung, Tarnung, Anwendung von Schutznetzen usw. in Übereinstimmung mit anderen Empfehlungen, Anweisungen und Direktiven.

Verweise auf militärische Veröffentlichungen

Bezeichnung und vollständiger Name der militärischen Veröffentlichung

VKP 5- 00(11)03.01 (ВКП 5- 00(11)03.01), a. Doktrin "Landstreitkräfte der Streitkräfte der Ukraine", genehmigt durch den Oberbefehlshaber der Streitkräfte der Ukraine am 02.11.2020

b. Befehl des Generalstabs der Streitkräfte der Ukraine Nr. 1 vom 31.01.2018 "Über die Verabschiedung der Richtlinien zur funkelektronischen Kriegsführung in den Streitkräften der Ukraine" (3)

GSTU IN 7371:2020 (ГСТУ В 7371:2020), Verordnung des staatlichen Unternehmens "Ukrainisches Forschungs- und Ausbildungszentrum für Standardisierung, Zertifizierung und Qualitätsprobleme" vom 06.05.2020 № 88 "Über die Annahme und Umsetzung des staatlichen Standards GSTU B 7371:2020 Luftfahrttechnik der staatlichen Luftfahrt. Unbemannte Luftfahrzeuge. Grundlegende Begriffe und Notation der Konzepte. Klassifizierung"

Liste der Abkürzungen und Symbole

Russisch / Ukrainisch / Latein / Vollständige Wortkombinationen der abgekürzten Begriffe

БпАК / БпАК / ВРАК / Unbemanntes Luftfahrzeugsystem
БПЛА / БпЛА / UAV / Unbemanntes Luftfahrzeug (Drone)
БЧ / БЧ / ВС /Kampfteile
ВВ / ВР / ВР / Explosiver Stoff
ЗРК / ЗРК / SAM /Flugabwehrraketensystem
ИК / ІЧ / IR / Infrarot
КТРЛ / КТРЛ / CTRL / Kommando- und Telemetriefunkleitung
ПВО / ППО / PPO / Luftverteidigung
ПУ / ПУ / PU / Kontrollzentrum
РЛС / РЛС / RLS / Radarstation
РЭБ / РЕБ / REB/ Elektronische Kampfführung
РЭП / РЕП / REP / Elektronische Funkentstörung
РЭР / РЕР / RER/ Funkelektronische Intelligenz
СРНС / СРНС / SATNAV / Satellitennavigationssystem
ТТХ / ТТХ / ТТХ / Taktische und technische Merkmale
ЭПР / ЕПР / EPR / Effektive Streuungsfläche

1. KONSTRUKTIONSMERKMALE UND EIGENSCHAFTEN DES UNBEMANNTEN LUFTFAHRTSYSTEMS LANCET

Das Lancet UAV ist ein unbemanntes Luftfahrzeug für den einmaligen Gebrauch. Ihr Hauptzweck ist die Zerstörung von Fahrzeugen in Bewegung, von Artillerie- und Mörserstellungen sowie von festen Feuerstellen.

Hergestellt von ZALAAERO GROUP, Izhevsk, Russland.

Bis heute ist die Existenz von zwei UAV-Versionen bekannt: Lancet-1 und Lancet-3. Beide haben ähnliche Flugwerke mit doppelten X-förmigen Flügeln (Abbildung 1) und ähnlichen



internen Systemen.

Abbildung 1. - Bilder der verschiedenen Modifikationen der Lancet-Drohne.

Grundsätzlich unterscheiden sich Lancet 1 und Lancet 3 durch das maximale Startgewicht und die Nutzlastmasse. Das maximale Startgewicht für die Lancet 1 UAV beträgt 5 kg (Nutzlast - 1 kg), für die Lancet 3 UAV - 12 kg (Nutzlast - 3 kg).

Die Lancet-Drohne fliegt autonom auf einer vorgegebenen Route, die von einer Bodenkontrollstation (im Folgenden NCS genannt) angepasst werden kann.

Sie ist außerdem mit einem TV-Kommunikationskanal ausgestattet, der vom Bediener zur präzisen Zielerfassung der Drohne genutzt wird.

Die wichtigsten taktischen und technischen Merkmale der Lancet-Drohne (im Folgenden als TTX bezeichnet) sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Grundlegende Leistungsmerkmale der Lancet UAV

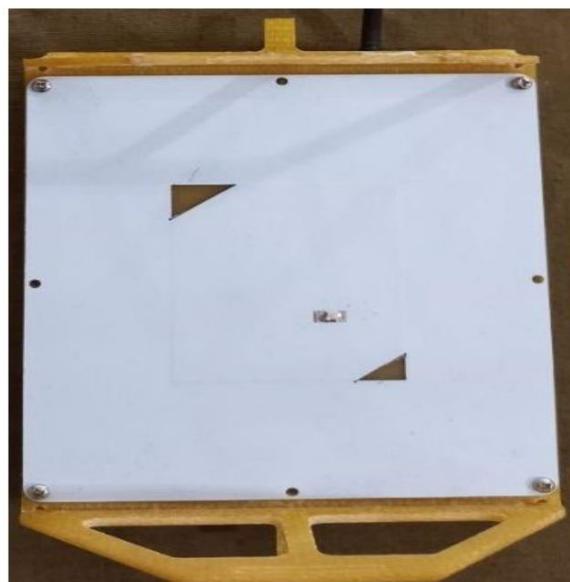
Nr	Parameter	Lancet-1	Lancet-3
1	Geschwindigkeitsbereich, km/h	80-110	80-110
2	Flugzeit, min.	30	40
3	Flugreichweite, km	40-55	48-66
4	Flughöhe, m	3000	3000
5	Frequenzbereich, MHz (Steuerkanal)	868-870 und 902-928	868-870 und 902-928
6	Gewicht des Gefechtskopfes, kg	1	3
7	Typ des Motors	elektrisch	elektrisch
8	Verfahren bei der Inbetriebnahme	Katapult	Katapult
9	Maximales Abfluggewicht, kg	5	12
10	Sicherungstyp	berührungslos/berührend	berührungslos/berührend
11	Art der PM	Splitter	Fragmentierung, Hohlladung

1.1 Merkmale des Aufbaus eines Führungs- und Telemetriesystems mit Navigations- und Ortungssystem

Die Sende- und Empfangseinrichtung der Kommando- und Telemetrie-Funkanlage (nachstehend CTRL genannt) mit dem Lancet UAV Satellitennavigationssignal-Empfangsmodul ist in Abbildung 2 dargestellt.



a) Ansicht von unten



b) Ansicht

von oben

Abbildung 2. - Außenansicht des Kommando- und Telemetriesystemmoduls mit Funknavigationssystem.

Abbildung 2a zeigt das CTRL-Modul mit einer 15 cm langen Stiftantenne. Das Modul ist mit einer Textolithplatte verlötet, deren Rückseite als Antenne für das Funknavigationsmodul dient (Abb. 2b). Die gesamte Struktur wird im Inneren des UAV-Körpers montiert und mit den beiden Antennen nach oben positioniert.

Für die Pin-Antenne des CTRL-Moduls wird ein Loch in den UAV-Körper gebohrt, durch das sie nach außen austritt.

Das CTRL-Modul besteht aus zwei elektronischen Platinen, die in einer einzigen Sandwichplatte zusammengefasst sind. Das Aussehen der Platinen ist in Abb. 3.



a) CTRL-Transceiver-Platine
Satellitennavigationsmoduls



b) Platine des

Abbildung 3 - Außenansicht der Kommando- und Telemetriesystemplatine mit Navigationssystem.

Die folgenden Hauptkomponenten befinden sich auf der Funk-Transceiver-Platine für den Kommando- und Telemetriefunk (Abbildung 3a):

- ADM3315EA Informationswandler für die serielle Schnittstelle (Element 1);
- zwei Transceiver-Chips XE1205I074 (Element 2), die zusammen mit zwei Paaren von Frequenzfiltern B3725 und 3588 (Elemente 2.1 und 2.2) für den Betrieb in den Bändern 868-870 MHz bzw. 902-928 MHz konfiguriert sind
- Hochfrequenzverstärker ALM31122 mit 1 W Ausgangsleistung (Element 3), der bei 700-1000 MHz arbeitet.

Das Satellitennavigationsmodul UbloxLEA-M8S-0-10 ist auf der zweiten Sandwichplatine (Abb. 3b) installiert, die einen Antennenausgang durch die Platine hat und an der Außenseite der Textolithplatte angelötet ist (Abb. 2b). Das Funknavigationsmodul ist ein Hybrid-Empfänger, der die Signale der folgenden drei Satellitennavigationssysteme gleichzeitig nutzen kann: GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou. Der Beschreibung zufolge empfängt es Signale auf Frequenzen:

Name des Navigationssystems und Frequenzband	Mittelfrequenz, MHz	Breite des Spektrums, MHz
GPS/QZSS L1 C/A	1575,42	2,05
GLONASS L10F	1602	8,5
BeiDou B11	1591,1	4,09
Galileo E1B/C	1575,42	14,3/24,5

1.2 Merkmale des Videoübertragungssystems

Für die Übertragung der Videos von der On-Board-Kamera der Lancet-Drohne wird die in Abb. 4 gezeigte Platine verwendet. 4.



Ansicht von oben



Ansicht von unten



Endansicht

Abb. 4 – Video-Senderplatine

Die folgenden Hauptkomponenten sind darauf zu finden:

- AD9364BBCZ Hochfrequenz-Transceiver (Element 1), Frequenzbereich 70 MHz bis 6 GHz;
- Hochfrequenzverstärker TQP9111 (Element 2) mit einer Ausgangsleistung von 2 W, Betriebsfrequenzbereich 1800-2700 MHz;
- Frequenzfilter RMB4D2275 (Element 3), Betriebsfrequenzbereich 1900-3800 Mhz;
- Datenbus von der Videoverarbeitungs- und Videosignalbildungskarte (Element 4).

Die Videoübertragungsplatine ist in einem Kühlkörper montiert und auf einer Metallplatte befestigt (Abb. 5), auf deren Rückseite sich eine 38x38 mm große Patch-Antenne auf einem 7 Millimeter dicken dielektrischen Substrat befindet. Die Antenne ist für eine Mittenfrequenz von 2400 MHz ausgelegt.



a) Außenseite



b) Innenseite

Abbildung 5. - Metallplatte mit Patch-Antenne für die Installation des Videoverarbeitungs- und -übertragungsmoduls.

Die Ergebnisse der Modellierung des Strahlungsdiagramms dieser Antenne sind in Abbildung 6 dargestellt.

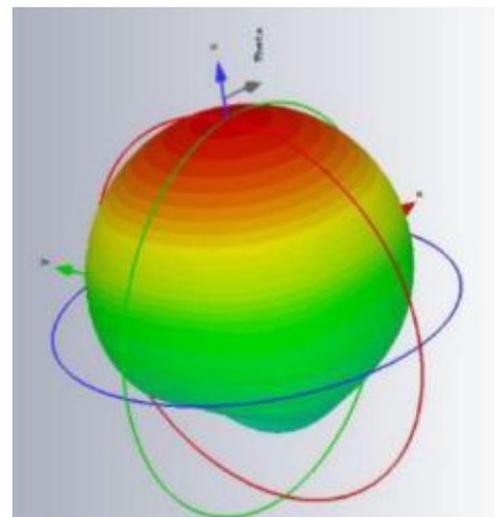
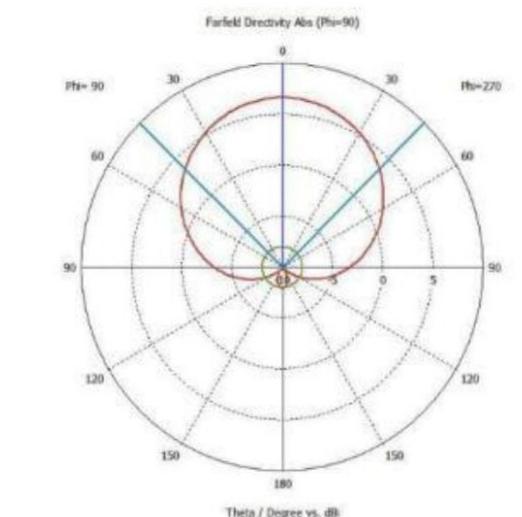


Abbildung 6. - Simulationsergebnisse des Patch-Antennenmusters.

Der Standort des Videoübertragungsmoduls am Rumpf konnte nicht bestimmt werden, da mindestens eine vollständige Instanz der Drohne fehlte. Aus der Analyse von Lancet-

Drohnenvideos in offenen Quellen wurde jedoch festgestellt, dass dieses Modul näher an der Nase der Drohne angebracht ist und die Antenne auf den Boden gerichtet ist.



Abbildung 7. - Patch-Antenne an der Unterseite des Lancet-Drohnenkörpers.

2. MERKMALE DER SIGNALERKENNUNG DER LANZETTE BPL

Für umfassende funkelektronische Gegenmaßnahmen gegen die Lancet-Drohne müssen folgende Aufgaben gelöst werden:

- UAV-Erkennung;
- Bestimmung von UAV-Standort und Bodenkontrollpunkt;
- Störung der Steuerungs-, Funknavigations- und Videoübertragungskanäle (falls möglich).

Zur Entdeckung der Lancet-Drohnen wird der Einsatz von Radar- und Funkaufklärungsgeräten sowie von visuellen Detektionsposten empfohlen.

2.1 Merkmale der Radarerfassung

Die Radarerfassung erfordert den Einsatz von Radaranlagen, die in der Lage sind, kleine Flugzeuge am Boden zu erfassen. Zum Beispiel das Radar ELR55303 oder seine Analoga, die Objekte mit kleiner effektiver Streufläche (im Folgenden EPR) erkennen können. Ein Beispiel für die Erkennung einer Lancet-Drohne mit dieser Methode ist in Abbildung 8 dargestellt.

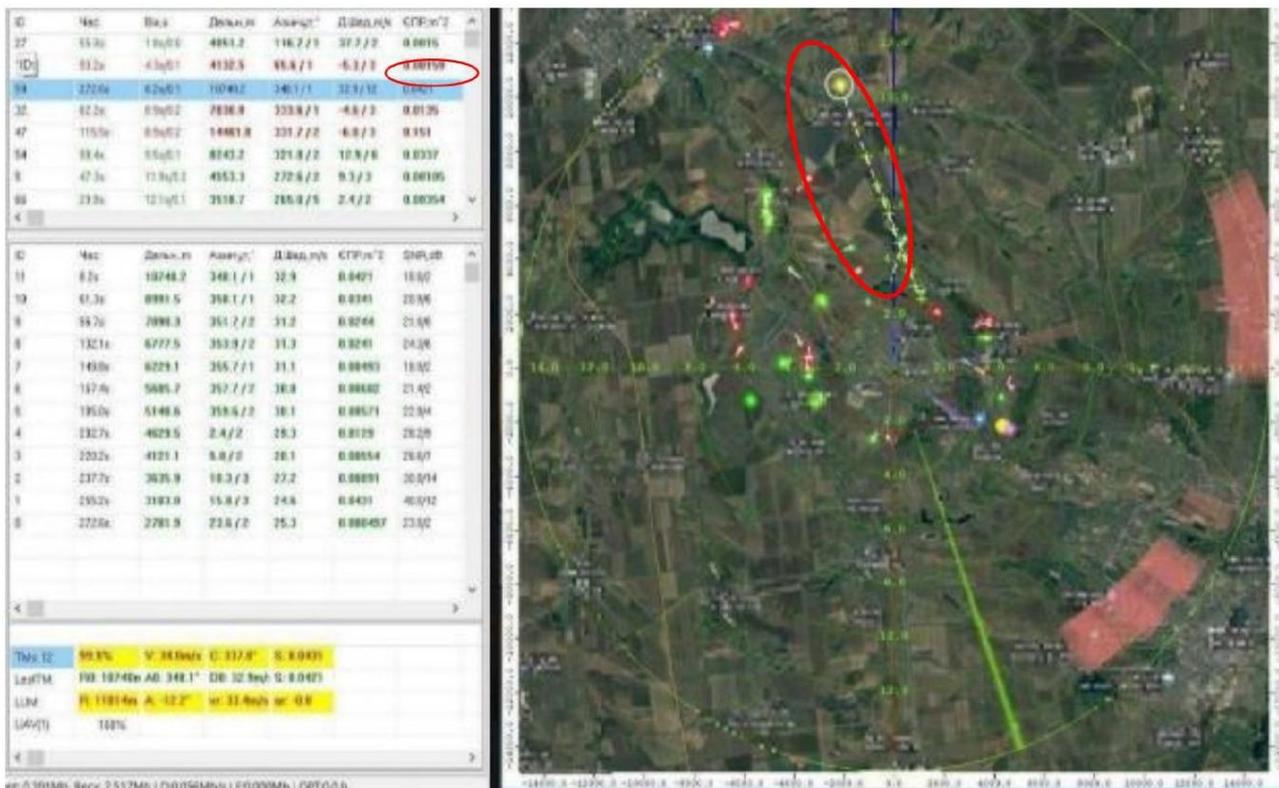
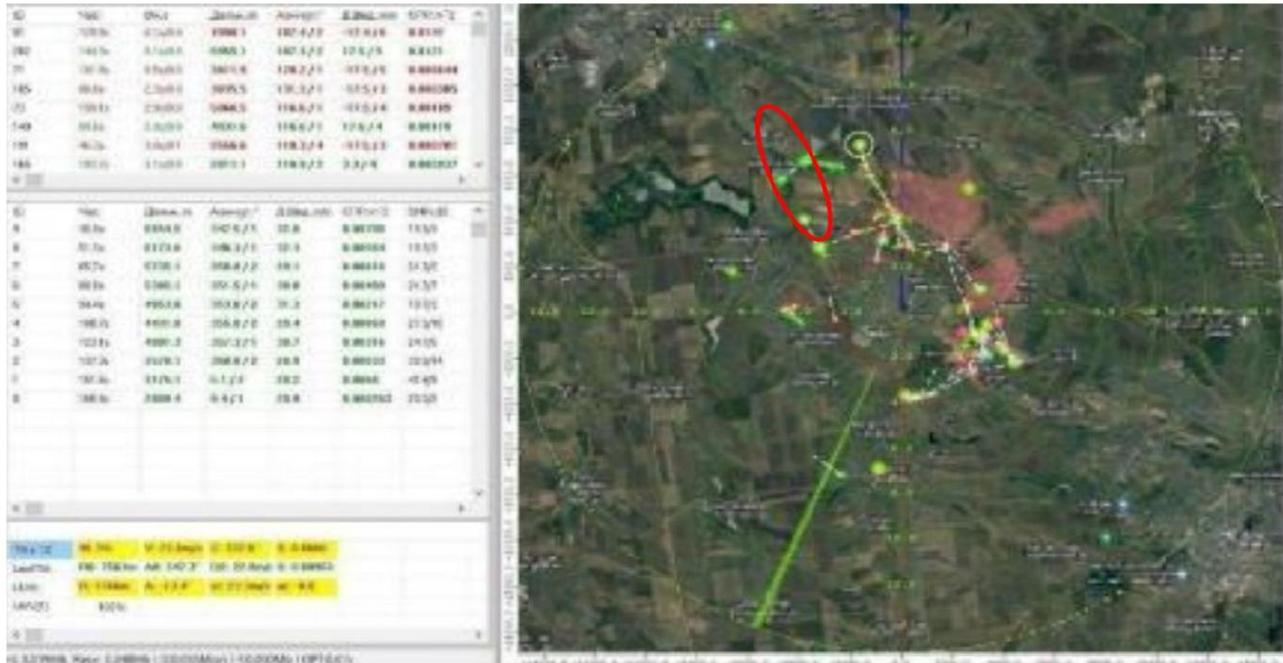
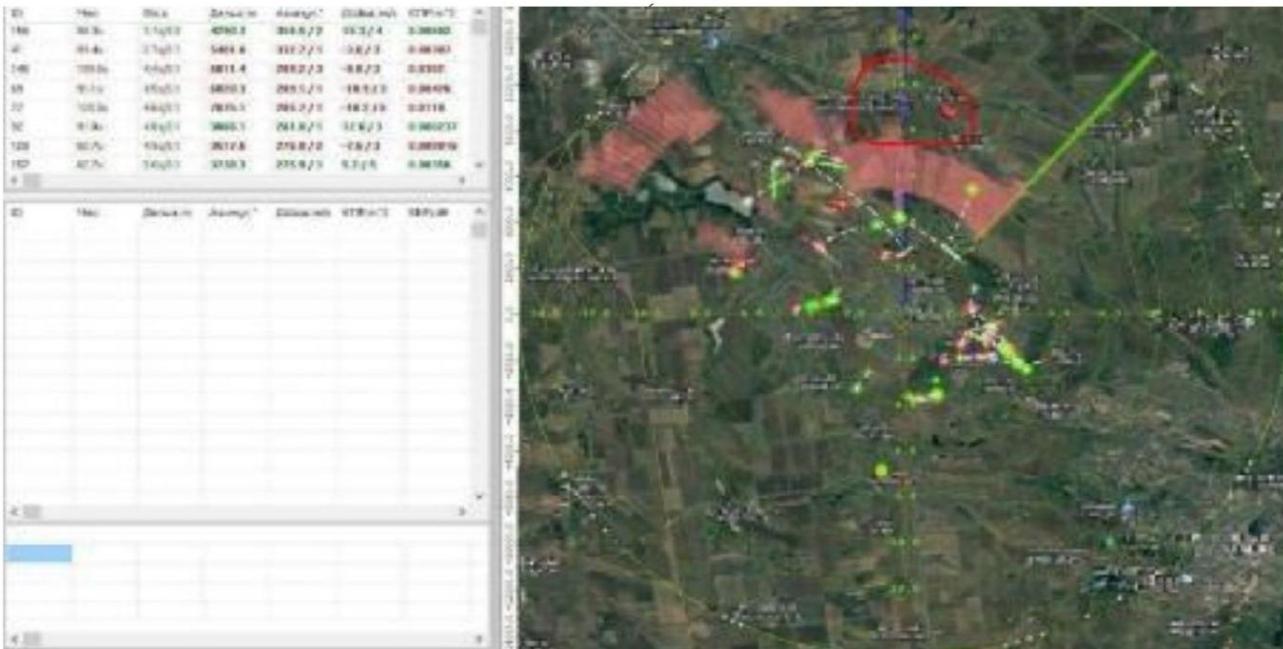


Abbildung 8 - Demonstration des Ergebnisses der UAV-Erkennung mit dem Radar ELR55303.

Die Lancet-Drohne sticht unter den vielen erfassten Objekten aufgrund ihrer Radialgeschwindigkeit von etwa 20-30 m/s und ihrer relativ geraden Flugbahn hervor. Ein weiteres Beispiel für die Erkennung einer Lancet-Drohne mit diesem Radar ist in Abbildung 9 dargestellt. In Abb. 9b zeichnete das Radar das Verschwinden eines Ziels in einem Gebiet auf, in dem zur gleichen Zeit eine Lancet-Drohne durch Kleinwaffen zerstört wurde.



a)



b)

Abbildung 9 - Ergebnis der UAV-Erkennung mit dem Radar ELR55303.
a) UAV-Erkennung und -Verfolgung; b) Verschwinden des Ziels auf dem Radar, wenn die UAV zerstört ist

2.2. Merkmale der Erkennung von Kommando- und Telemetrie-Funksignalen

Die folgenden Mittel können für die Lancet-UAV-Funkortung verwendet werden:

- REB-Komplex auf der Drohne "Bukovel-AD";
- taktisches Peilsystem TCI-903S;
- radio engineering control complex (CRRTC) "Diagramm";
- ein Komplex von Gegenmaßnahmen gegen technische Aufklärungseinrichtungen
- Komplex "Nota" für Gegenmaßnahmen und technische Aufklärung
- Analogien zu den vorgenannten Systemen.

Während des Untersuchungszeitraums wurde festgestellt, dass die Lancet-Drohnen immer dann eingesetzt wurden, wenn im gleichen Gebiet Aufklärungsdrohnen (ZALA-421, Orlan) im Einsatz waren. Ein Beispiel für die Gefechtsreihenfolge der gegnerischen Aufklärungsdrohnen unmittelbar vor einem Lancet-Drohnenangriff ist in Abbildung 10 dargestellt.

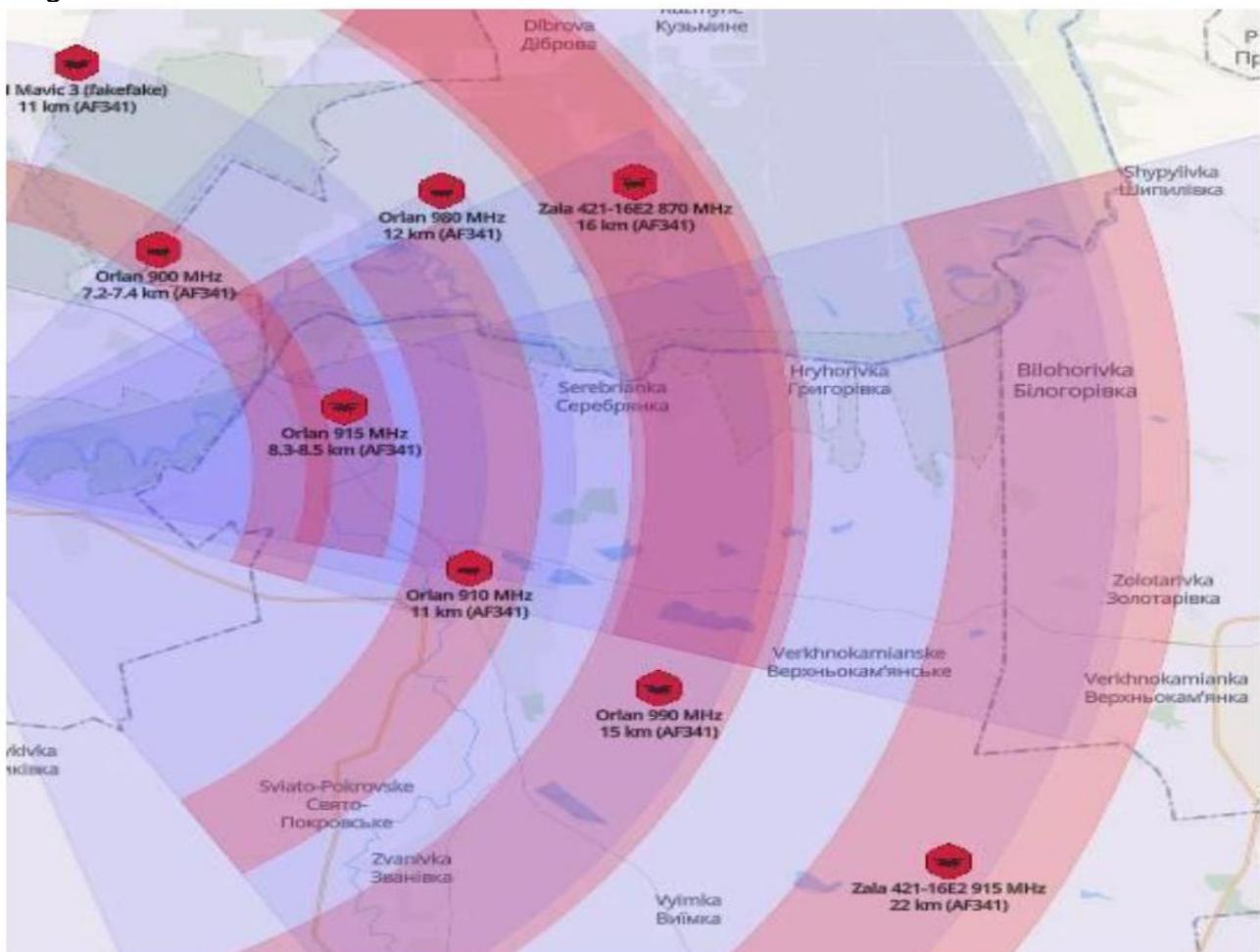
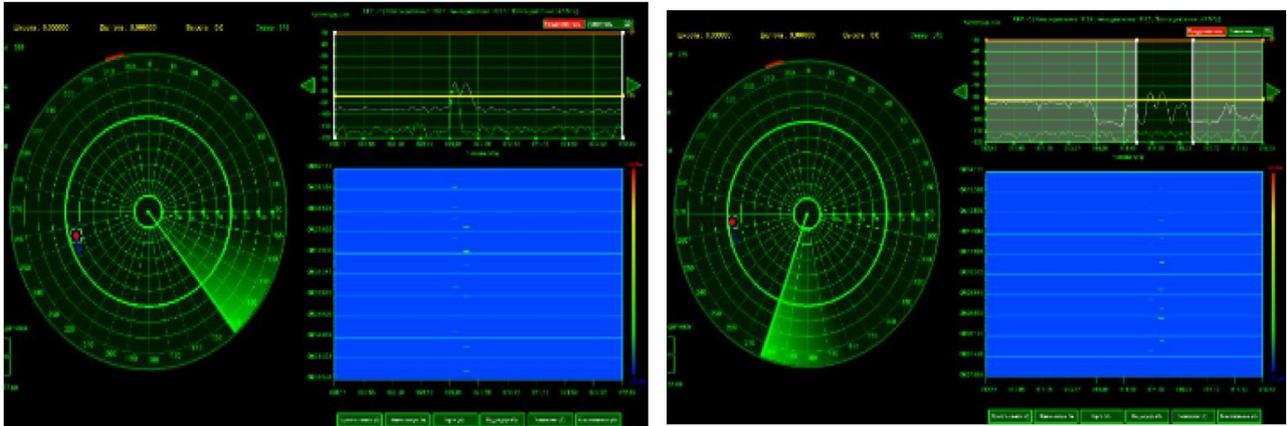


Abbildung 10 - Beispiel eines Aufklärungsdrohnen-Gefechtsauftrags vor einem Lancet-Drohnenangriff.

Beachten Sie, dass sich die ZALA-421-Drohne immer direkt im Angriffsgebiet befindet. Beispiele für die Erkennung von ZALA-421 UAV-Telemetriesignalen bei 870 MHz und 915 MHz durch den REB-Komplex mit Bukovel-AD UAV und TCI-903S taktischem Peilsystem sind in Abbildung 11 dargestellt.



a) REB-Komplex mit Bukovel-AD-Drohne

b) Taktisches Peilsystem TCI-903S

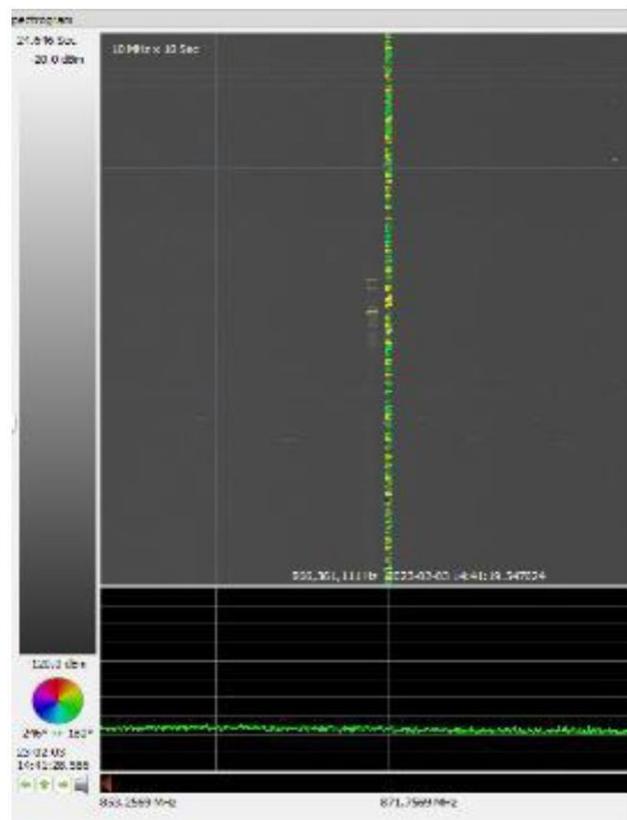


Abbildung 11 - Beispiel für die Erkennung des ZALA-421 UAV-Telemetriesignals.

Das Telemetriesignal der Lancet-Drohne unterscheidet sich nicht von dem der ZALA-421-Drohne und wurde beim Einsatz dieser Fahrzeuge bei 868 MHz beobachtet. Ein Beispiel für das Spektrum des Telemetriesignals der Lancet-Drohne zusammen mit der ZALA-421-Drohne ist in Abbildung 12 dargestellt.

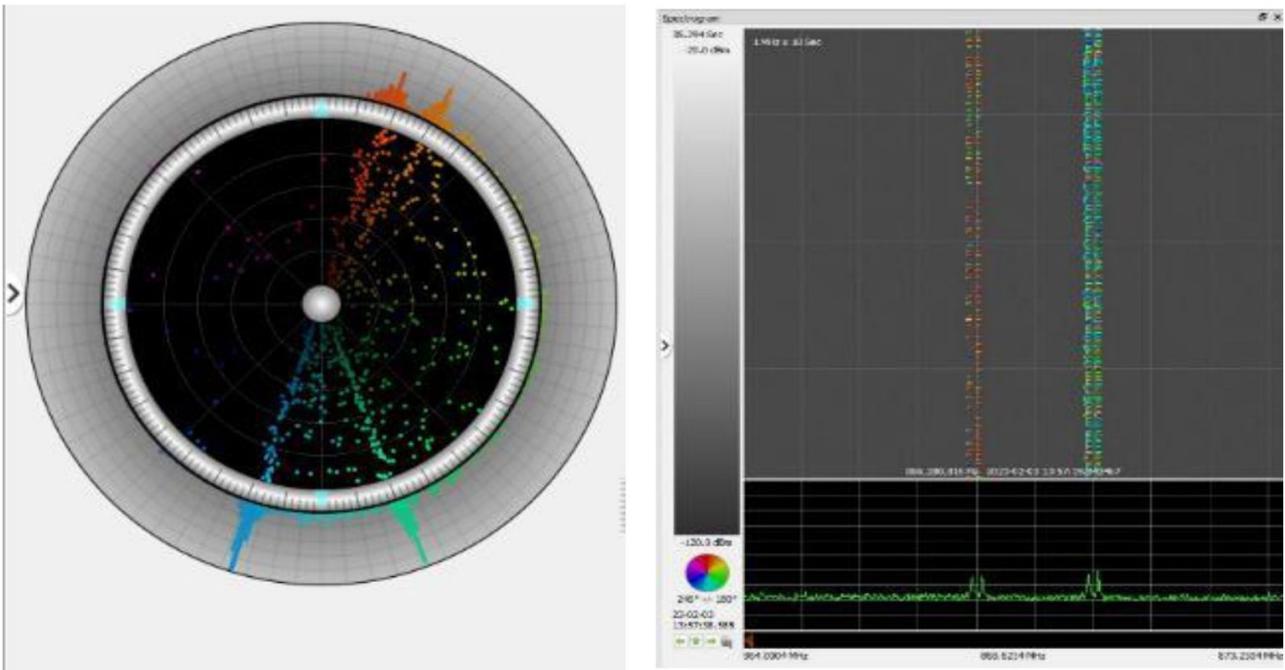


Abbildung 12 - Beispiel für die Telemetriesignale von Lancet und ZALA-421 UAV.

Funkpeiler sollten auf das Vorhandensein eines ähnlichen Signals auf 870 MHz (ZALA-421 UAV-Telemetrie/Steuerung) und die Anzahl der Peilungen davon achten, bei denen es sich um ein Telemetrie-/Steuerungssignal von einem oder mehreren Lancet-UAVs handeln könnte.

Bei einem der massiven Lancet UAV-Einsätze wurden die 868 MHz-Signale analysiert. Das Spektrogramm (Abbildung 13) zeigt, dass diese Signale von drei (vier) verschiedenen Funkemissionsquellen stammen (unterschiedliche Leistungspegel).

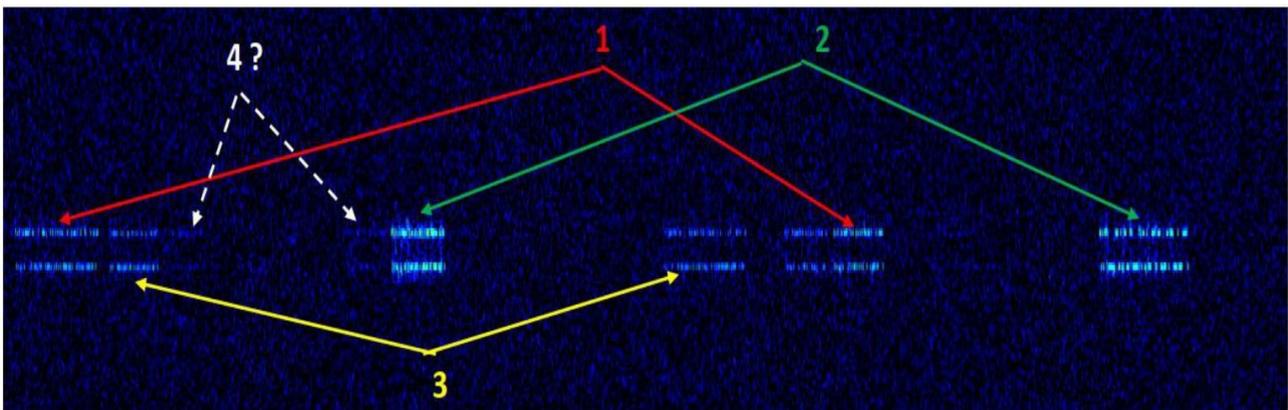


Abbildung 13 - Detailliertes Spektrogramm der Signale bei 868 MHz.

Gleichzeitig überschneiden sich einige Signale zeitlich (Abb. 14). Das bedeutet, dass die Signale von drei (vier) verschiedenen UAVs desselben Typs stammen.

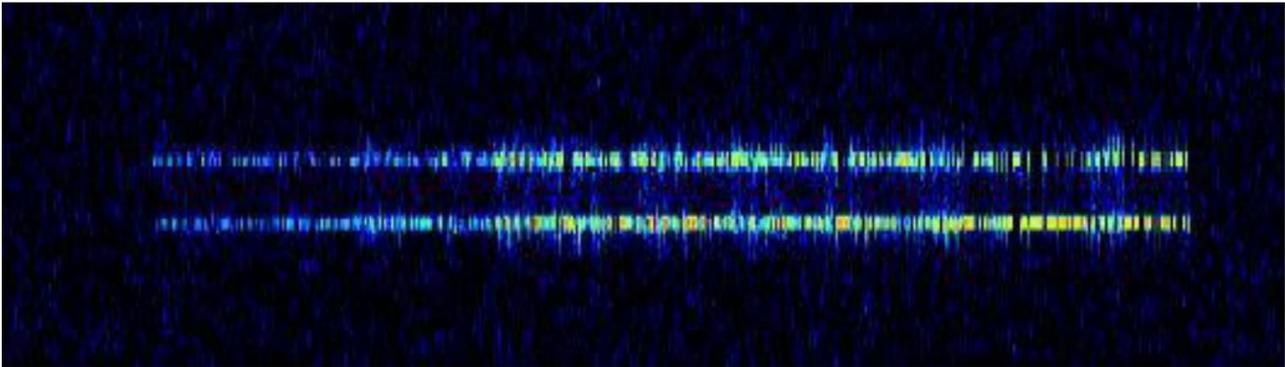


Abb. 14 - Zeitliche Überlappung zweier Signale bei einer Frequenz von 868 MHz.

Das Telemetriesignal der Lancet-Drohne hat also einen Impulscharakter mit variabler Dauer (bei der Signalaufzeichnung aus der Luft lag die Dauer der Impulse im Bereich von 5,3 ms bis 38,9 ms).

Die Art der Manipulation ist frequenzbinär (FSK-2), die Breite des Signalspektrums beträgt 212,5 kHz (Abb. 15).

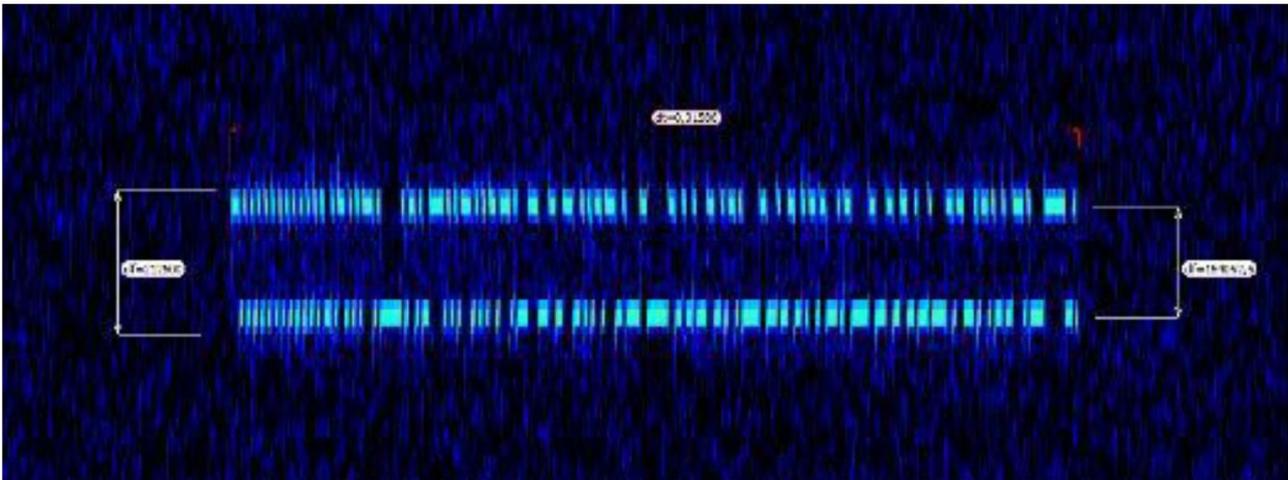


Abbildung 15 - Lancet-Typ UAV-Signalstrukturanalyse.

Im Frequenzbereich von 902-928 MHz könnte auch ein Lancet UAV-Telemetriesignal vorhanden sein, das aber während des bestätigten Einsatzes dieses Gerätes aufgrund von Störungen auf diesen Frequenzen nicht aufgezeichnet werden konnte.

Gleichzeitig wurden wiederholt Signale beobachtet, die in ihrer Struktur der ZALA-421-Telemetrie ähneln, aber auf atypischen Frequenzen liegen (Abb. 16).

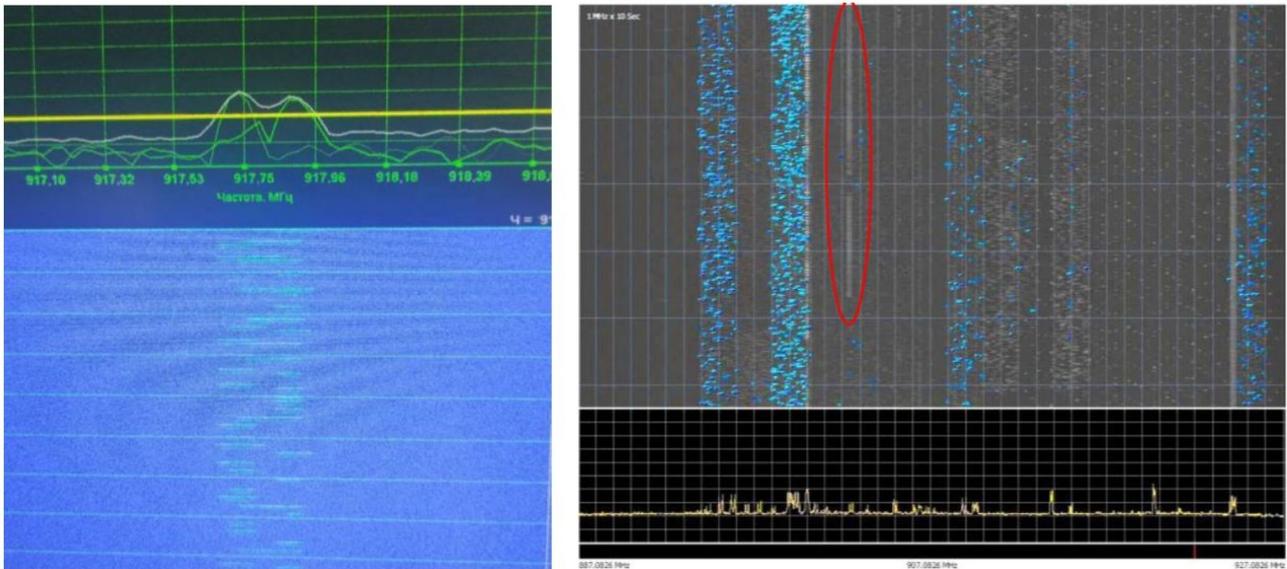


Abbildung 16 - Spektrogramm der Signale bei 917 und 904 MHz.

2.3. Merkmale der Erkennung von Funksignalen der Videoübertragung

Auch die Videosignale der Lancet-Drohne und des ZALA-421 haben im Spektrogramm das gleiche Aussehen. Die Spektralbreite dieser Signale beträgt 4 MHz und das Spektrum hat eine rechteckige Form (Abb. 17).

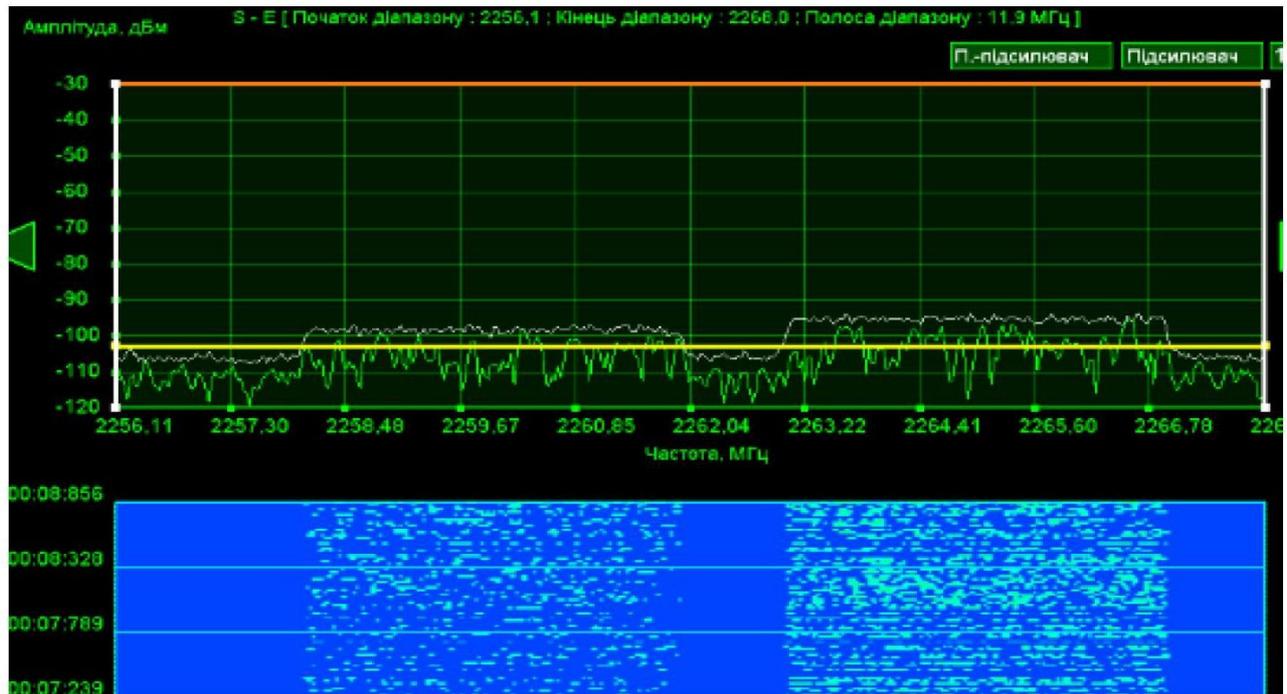


Abbildung 17: Videospektrogramme von Lancet- und ZALA-421-Drohnen.

Abbildung 18 zeigt Spektrogramme von Videosignalen von zwei ZALA-421-Drohnen und mehreren Lancet-Drohnen, die bei Angriffen mit diesen Drohnen aufgenommen wurden.

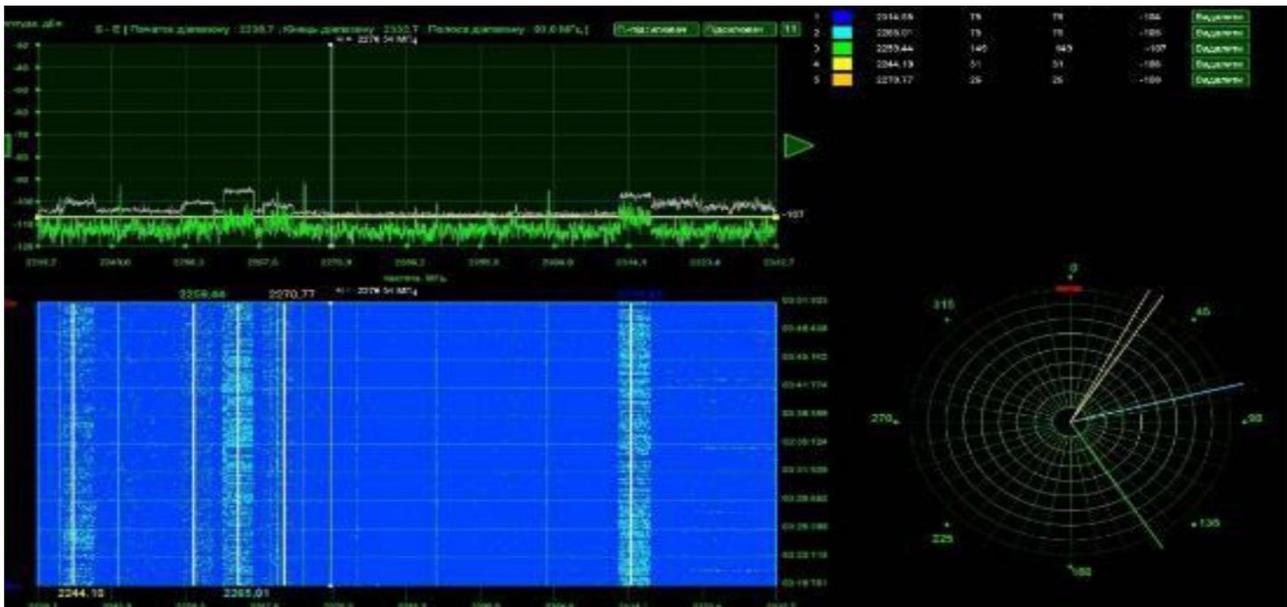


Abbildung 18: Spektrogramme der Videosignale von ZALA-421 und Lancet-Drohnen.

Es ist unmöglich, diese beiden UAV-Typen anhand ihrer Videosignale zu unterscheiden, aber das gleichzeitige Auftreten mehrerer solcher "Rechteckbänder" von 4 MHz Breite im Bereich 2200 - 2400 MHz lässt die Lancets als sehr wahrscheinlich erscheinen.

3. EMPFEHLUNGEN ZUR UNTERDRÜCKUNG VON FUNKKANÄLEN DER LANCET UAV

Unter Berücksichtigung der obigen Ausführungen ist es im Falle der Entdeckung von Anzeichen der "Lancet"-Drohne (durch Radar und/oder funktechnische Aufklärungsmittel, visuelle Beobachtungsposten) erforderlich, eine Funkstörung ihrer Steuer-, Satellitennavigations- und Videokanäle durchzuführen. Zu diesem Zweck sollten die REB-Mittel gleichzeitig in den folgenden Frequenzbändern stören:

Funkkanal	Frequenzbereich, MHz
Kommando- und Telemetrie	868-870 902-928
Video	2200-2400*
Navigation	1561, 1575, 1597-1616**

Anmerkungen:

- - Die Hardware an Bord der Lancet-Drohne erlaubt den Betrieb im Bereich von 1900 - 2700 MHz, daher sollte der gesamte angegebene Bereich beachtet werden. Es wurden jedoch keine Videosignale von den Lancet- und ZALA-421-Drohnen außerhalb des 2200-2400-MHz-Bandes beobachtet;

** - Das Navigationsfunkmodul der Lancet empfängt Satellitensignale auf den angegebenen Frequenzen, aber bei anderen Modifikationen dieser Drohne ist es möglich, andere Frequenzen zu verwenden. Es ist daher notwendig, alle Bänder der Satellitennavigationssysteme zu stören.

Obwohl öffentlich zugängliche Informationen darauf hindeuten, dass die Lancet-Drohne in der Lage ist, Satellitennavigationssignale zu unterdrücken, deutet eine Analyse ihrer Taktik und der an Bord befindlichen Hardware auf etwas anderes hin:

- Das auf der Lancet-Drohne installierte Funknavigationsmodul ist kein Störsender, sondern ein konventionelles, für zivile Zwecke konzipiertes Modul;
- Unmittelbar vor dem Start der Lancet stellt der Gegner die Störung der Satellitennavigationssysteme im Einsatzgebiet ein.

Die Ersetzung von Navigationskoordinaten (Spoofing) wird sich ebenfalls als wirksam erweisen.

Die geschätzte Entfernung, ab der der Lancet-Kontrollkanal durch Bukovel-AD und Nota effektiv gestört werden kann, beträgt etwa 5 km. Bei den Berechnungen wurde die Entfernung zwischen NPU und UAV wie folgt zugrunde gelegt 10-15 km (die längste Entfernung zwischen dem Einschlagspunkt der Lancet-Drohne und der Kontaktlinie betrug etwa 13 km).

Jedes andere Störgerät, das direkt auf der Position der Artillerieeinheit platziert wird, muss eine Sendeleistung pro Steuerkanal von 100 - 150 Watt haben, um eine "Kuppel" von 3 km Radius zu erzeugen.

Einsatz der Drohne ZALA-421 als Repeater für eine Kommando- und Telemetrie-Funkverbindung sowie für die Videoübertragung an einen Kontrollposten am Boden

a) Die Analyse der Funksignale von Lancet und ZALA-421 UAV bestätigt diese Annahme nicht.

b) Aus den auf YouTube und den Telegram-Kanälen **geposteten Videos** lassen sich zwei Gruppen unterscheiden:

- Angriffe in den Regionen Mykolaiv und Zaporizhzhya (überwiegend flaches Gelände, direkte Sichtlinie für die Höhe der LNP-Antenne und 3-5m UAVs beträgt 13-20km);
- die Oblaste Donezk und Luhansk (das Gelände ist durch erhebliche Höhenunterschiede gekennzeichnet, die direkte Sicht zwischen dem TNT und der Drohne kann verloren gehen, wenn letztere auf eine Höhe von 20-50 Metern sinkt).

In der ersten Gruppe wird die Videoübertragung von der Lancet-Drohne sofort unterbrochen, wenn die Sprengladung gezündet wird, während in der zweiten Gruppe die Drohne unterbrochen wird, wenn sie 10-30 Meter vom Ziel entfernt ist, was eine Unterbrechung des Kommunikationskanals aufgrund einer fehlenden Sichtlinie zwischen der Drohne und der Drohne bedeuten könnte. Im Falle eines Repeaters würde die Videoübertragung unterbrochen werden, wenn die Drohne detoniert.

c) Aus einer Analyse der Schlagdistanz der Lancet-Drohne zur Kontaktlinie (im Folgenden "LOC"). Das Untersuchungsteam stellte fest, dass der am weitesten entfernte Einschlagspunkt der Lancet-Drohne etwa 13 km von der LOC entfernt war. Wenn der LNP in 0-5 km Tiefe platziert wird, kann der Gegner die Drohne ohne Transponder steuern.

d) Aus einer Analyse der bordeigenen Hardware der Lancet-Drohne. Die Antenne des Videosenders hat eine Strahlbreite von 90-120° und ist auf den Boden gerichtet.

Die durchgeführte Analyse erlaubt es uns festzustellen, dass es keine aufgezeichneten Fälle gibt, in denen das ZALA-421 UAV als Videosignal-Retransmitter und Lancet UAV CTRL verwendet wurde. Dies bedeutet, dass sich der Video- und Telemetrieempfänger für die UAV-Kontrolle in Sichtweite der Lancet-Drohne befindet.

Durch die Nutzung des Geländes kann die Störstation also nicht nur den Funkkontrollkanal, sondern auch die Telemetrie- und Videokanäle beeinflussen, wenn die Störstation sowohl das UAV als auch die NPU in ihrem Muster hat. Diese Störung würde dazu führen, dass der Videoempfang und die Steuerung des Flugzeugs nicht mehr möglich sind.

Leiter der Generaldirektion
Radioelektronische und Cyber-Kriegsführung
Generalstab der Streitkräfte der Ukraine
Oberst Ivan PAVLENKO