

NNIIRT Nebo SVU / RLM-M Nebo M / Assessing Russia's First Mobile VHF AESAs

 ausairpower.net/APA-Nebo-SVU-Analysis.html



NNIIRT 1L119 Nebo SVU / RLM-M Nebo M Assessing Russia's First Mobile VHF AESAs

Technical Report APA-TR-2008-0402

od Dr. Carlo Kopp, AFAIAA, SMIEEE, PEng 29. dubna 2008 Aktualizováno 30. května
2009 Aktualizováno v dubnu 2012 Aktualizováno v říjnu 2012

© 2008 - 2012 Carlo Kopp



Vykreslení nasazení Almaz-Antey/NNIIRT 55Zh6ME Nebo ME. Složka v pásmu VHF je na pravé straně obrázku, složka v pásmu S/C je na levé straně obrázku, složka v pásmu L v popředí a systém datové fúze na pozadí. Všechny komponenty jsou neseny na vysoce pohyblivých vozidlech řady BZKT BAZ-6909. Nejméně sto těchto pokročilých systémů bude pořízeno pro síly protivzdušné obrany Ruské federace (obrázek NNIIRT).

Abstraktní

1L119 Nebo SVU je první ruský radiolokátor s aktivním elektronickým řízením v pásmu VHF ([AESA \[Klikněte pro více ...\]](#)), který má být zveřejněn. Zatímco o tomto návrhu bylo popsáno omezené množství technické literatury, pole VHF antén umožňuje značnou dodatečnou analýzu. Tento článek zkoumá, z hlediska radarového inženýrství, vlastnosti návrhu antény a vysílacího/přijímacího kanálu a hlavní výkonnostní parametry tohoto radaru. Zveřejněná výkonnostní data naznačují, že tento radar má dostatečnou přesnost, aby mohl být použit jako bateriový radar pro zachycování cílů pro systémy S-300PMU-1/2/SA-20 Gargoyle a S-400/SA-21 Growler Surface to Air Missile. Četné ruské zdroje uvádějí výjimečně dobrý výkon proti cílům letadel VLO/LO.

- **Background and 1L119 Nebo SVU Development History**
- **1L119 Nebo SVU Design Philosophy - A Radar Engineering Perspective**
- **Závěrečné poznámky**
- **Poděkování**
- **Reference**
- **Bibliografie**
- **Příloha A 55Zh6ME Nebo M Součásti systému radaru s vlastním pohonem**



Background and 1L119 Nebo SVU Development History

Ruská armáda zůstává hlavním globálním uživatelem vojenských radarů v pásmu VHF. Počátky této záliby pro vyhledávání a akviziční radary v metrovém pásmu bezpochyby spadají do konce čtyřicátých let, kdy sovětsí konstruktéři získali přístup k velkému objemu ukořistěného německého vybavení. Nemůže být pochyb, že tato kořist zahrnovala komponenty a kompletní systémy, včetně VHF pásma GEMA Wasserman a GEMA Mammut phased array zařízení.

V průběhu 50. a 60. let sovětský průmysl vyvinul a vyráběl širokou škálu radarů pro pásmo VHF. Zdaleka nejpočetnější byly řady Knife Rest a Spoon Rest, které byly nasazeny na podporu stíhaček Frontal Aviation a jako akviziční radary pro raný systém S-75 Dvina / SA-2 Guideline Surface to Air Missile (SAM). Prvními, které byly nasazeny v síle, byly 2D radary P-8 Delfin / Knife Rest A a P-10 Knife Rest B, využívající nyní charakteristické uspořádání antén se dvěma řadami víceprvkových VHF Yagi antén připojených k otočnému horizontálnímu výložníku. Ty byly brzy následovány schopnější 180 kilowattovou špičkovou výkonovou třídou P-12 Yenisei / Spoon Rest A s polem 12 Yagi. Na počátku 60. let byl základní P-12 nahrazen vylepšeným P-12M, následovaným P-12MP.



Zchátralý příklad P-12 Spoon Rest B ze 60. let 20. století vystavený ve Vietnamu (Wikipedia Commons).

NITEL modernizovaná varianta P-18 Spoon Rest D/E ([NITEL](#)).

P-12NA byl dostatečně odlišný od základního P-12, aby byl přeznačen na P-18 Spoon Rest D a vstoupil do služby na začátku 70. let. Při zachování obecného uspořádání dřívějších Spoon Rests má P-18 větší zisk s řadou 16 Yagi, při zachování dvou vanových balení pozdního modelu P-12. P-18 byl nasazen především u PVO-SV (armádní jednotky protivzdušné obrany) a také široce exportován do sovětských klientských států a zemí Varšavské smlouvy, s více než 3 000 jednotkami vyrobenými podle NNIIRT.

Koncem 70. let hledali sovětští velitelé protivzdušné obrany schopnější mobilní 2D VHF radar a v roce 1981 byl zahájen vývoj 1L13 Nebo SV / Box Spring. Gorky Institute of Radio Engineering (GNIIRT) byl pověřen vývojem 1L13 pod vedením

hlavního konstruktéra IG Krylova.



Pozdní model NNIIRT 1L13 Nebo SV / Box Spring VHF akvizitní radar. Tato konstrukce nahradila P-18 Spoon Rest D/E v sovětských vzdušných obranných jednotkách V-PVO, PVO-SV a VVS v první linii po uvedení do provozu v roce 1984. Všimněte si posuvné kapoty na valníku Ural 4320 nesoucího anténní systém a dozadu směřující rušící pole bočních laloků. Na tomto obrázku není zobrazen dotazovač IFF (NNIIRT).

Tabulka 1: Technické údaje pro aktuální exportní konfiguraci 2D radaru 1L13-3 Nebo SV / Box Spring
(<http://www.pwgs.org/products/ad/nebosv.htm>):

VŠEOBECNÉ ÚDAJE

Vysílat výkon, puls	ne méně než 140 kW
Celková hmotnost radaru	48 tun (bez dálkových indikátorů)
VÝKON	
Nadmořská výška, ty	30, max
Rychlost aktualizace dat (trvání cyklu), sec	10/20

KONFIGURACE SYSTÉMU

Otočné zařízení antény namontované na nákladním vozidle:

Anténní zvedací zařízení z horizontální do vertikální polohy

Naklápečí zařízení s fázovým polem

Návěsová anténa IFF

Vybavení kabiny:

Vysílací zařízení:

Namontováno v kabině zařízení

Dva výkonové výstupní zesilovače založené na zařízeních s vysokým výkonem - endotrony (hlavní a záložní)

Širokopásmový výkonový předzesilovač

Budič

Modulátor

Přijímací zařízení, datové procesory a displeje:

Namontováno v kabině zařízení

Skříň s přijímacími jednotkami, systém potlačení rušení, radarový simulátor prostředí

Displeje

Zařízení pro zpracování dat

IFF transceiver

Digitální jednotky pro zpracování dat

Chyba určení souřadnic nepřesahující:

Rozsah, m

ne více než 400

Azimut, deg

ne více než 0,67

Dosah detekce vzdušného cíle (typ stíhačky):

Provoz ve výškách:

500 m

ne méně než 50 km

10 000 m	ne méně než 250 km
27 000 m	ne méně než 330 km
Nadmořská výška, max	40 km
Faktor odmítnutí rušení, dB	45
Nákladní elektrárna:	
Dva dieselelektrické generátory s výstupním výkonem 30 kW každý a frekvenčním měničem	
Logistika a podpora:	
Kompletní sada provozních příruček (technické popisy desek plošných spojů, jednotek a systémů, příručky pro údržbu a opravy, schémata zapojení)	
Možnosti školení na webu výrobce	
Náhradní díly (individuální SPTA organické k radaru, ZIP-0) dodávané s radarem pro podporu jeho provozu a běžné údržby	
K dispozici jsou také náhradní díly (skupina SPTA nebo ZIP-GR) podporující tři radary	
Zákazníkem objednané náhradní díly	
Charakteristika vysílače	
metrické (VHF) pásmo vyzařovaných frekvencí,	
Adaptivní programovatelná a manuální agilita frekvence,	
Sektorový režim záření v azimutu,	
Tvarování RF pulsu komplexním signálem,	
Tvarování RF pulsu komplexním signálem,	
Krystalová stabilizace RF oscilátoru,	
Výstupní zařízení výkonového zesilovače: endotron (vysoké výstupní zařízení) s kapalinovým chlazením.	
Environmentální výkonnost:	

Teplota, °C	-50 ... +50
Okolní vlhkost	98%
Stabilita při zatížení větrem, m/sec	až 45
Posádka, osoby	2

1L13 byl velkým odklonem od dobře vyšlapané evoluční cesty řady Knife and Spoon Rest. Spíše než malé pole Yagi s vysokým ziskem, 1L13 přijal mnohem větší čtyřřadé pole 72 Yagi s nižším ziskem se sníženým rozpětím, každý s 3/8 složeným dipólem, jedním direktorem a smyčkovým dipólovým reflektorem. Šířka hlavního laloku je uváděna na 6 °

. Horizontální polarizace byla zachována. Pro zlepšení potlačení zadní části antény a postranních laloků bylo přidáno dozadu směřující pomocné pole se třemi prvky. Primární pole bylo rozděleno do šesti podpolí po 12 anténních prvcích. K součtu výstupů ze šesti podpolí s výstupem pole pro zrušení postranního laloku mimo fázi byla použita slučovací síť. Ruské zdroje tvrdí, že k automatickému potlačení rušičky hluku bočního laloku se používají tři samostatné kanály, ale snímky ukazují pouze pole směřující dozadu.

Anténní pole se otáčí v azimutu mechanicky při 3 nebo 6 otáčkách za minutu a také se mechanicky naklání . Standardní provoz je pod úhlem náklonu 9°, s režimem stlačeného paprsku na 0 ° pro zaměřování nízkourovňových cílů a režimem se zvýšeným paprskem na 13°

pro velké výškové cíle.

Vysokovýkonový zesilovač je duální redundantní širokopásmová endotronová elektronka, poháněná budícím stupněm. Záložní vysílač lze aktivovat za osm minut, v případě nouze za tři minuty. Špičkový výkon podle ruských zdrojů je 120 až 140 kilowattů s celkovou spotřebou energie zařízení 29 kilowattů.

1L13 má design systému Digital Moving Target Indicator (DMTI). Koherentní výstupní křivka využívá Barkerův kód pevné délky. Používá se PRF 300 Hz. 1L13 je vybaven digitálním signálovým procesorem s konvenčním I/Q kvadraturním dvoukanálovým uspořádáním. Radarové zpracování je navrženo tak, aby automaticky odmítalo plevya kompenzovat větrem indukovaný Doppler v mracích plev, s 50 dB nebo lepším potlačením pozemního rušení. Citovaná citlivost přijímače je -103 dBW. Uvádí se, že schopnost protipatření zahrnuje agilitu pulzní frekvence.

Integrační zařízení zahrnují schopnost slučovat radarové video z externích zdrojů a automatizované zařízení pro připojení k radarům PRV-13 Odd Pair, PRV-16 Thin Skin B a PRV-17 Odd Group v pásmu S.

1L13 Nebo SV / Box Spring byl přijat do výzbroje v roce 1986 a široce nasazen u sovětských jednotek PVO-SV, V-PVO a frontálního letectva VVS. Systém lze nasadit nebo uložit do 40 minut. Samostatný IFF dotazovač nese přívěs a je spojen s řídicí dodávkou 1L13. Typická konfigurace zahrnuje nákladní vozidlo Ural 4320 nesoucí radarovou anténu, nákladní vozidlo Ural 4320 se systémy zpracování a operátorskými konzolami, které obvykle táhne návěs dotazovače IFF, a třetí nákladní vozidlo nese diesellový generátor ED2hZO-T230P ZRA .

Zatímco od představení 1L13 uplynula dvě desetiletí, zůstává ve výrobě a nabízí se na export. Aktuální varianta 1L13-3 má postupná vylepšení oproti základnímu designu, s větší automatizací a posádkou pro dvě osoby místo 4-6 osob [viz tabulka výše].

Méně známá je skutečnost, že mnohem větší polomobilní radar 55Zh6UE Nebo U/UE 3D sdílí velké množství komponent s řadou 1L13, protože oba byly navrženy souběžně.



Nový trojrozměrný NNIIRT 1L119 Nebo SVU AESA je vylepšeným novým technologickým derivátem základní řady 1L13 Nebo SV / Box Spring řady VHF radarů. Je tažen traktorem Ural 4320, má mnohem lepší mobilitu a spolehlivost než dřívější radary pro získávání baterií SAM v pásmu VHF a s 20 minutami na nasazení je lepší pouze u řady 64N6E/91N6E Big Bird v S-pásmu. Udávaná přesnost sledování je 200 metrů v dosahu, 0,5° v azimutu a 1,5° v elevaci, takže je vhodný jako akviziční radar pro systémy S-300PMU1/2 a S-400. Novější derivát Nebo M RLM-M zlepšuje mobilitu Nebo SVU a zčtyřnásobuje dosažený výkon-apertura (Obrázek © Miroslav Gyűrösi).



1Л119 Nebo SVU deployed (NNIIRT image).

Náhradou za řadu 1L13 je aktivní fázované pole 1Л119 Nebo SVU, poprvé představené v roce 2001. Záměrem tohoto nového radaru bylo rozšířit zkušenosti získané s Nebo SV a vytvořit konstrukci schopnou detekovat a sledovat velmi nízké pozorovatelné (VLO) a konstrukce letadel s nízkou pozorovatelností (LO). Stejně jako Nebo SV vedl tento vývojový projekt Igor Krylov v NNIIRT. V roce 2002 s ním udělala rozhovor ruská televize, citujte: „Stealth [F-117A] vidíme stejně jasně jako jakékoli jiné letadlo“.

Nebo SVU se v mnoha ohledech liší od Nebo SV. Jedná se o polovodičové fázované pole s elektronickým řízením paprsku v azimutu a elevaci, je podstatně přesnější, má mnohem lepší mobilitu a zahrnuje širokou škálu vylepšení. Zachovává design VHF prvku, ale využívá vertikální polarizaci.

Radar dokončil své provozní certifikační zkoušky v roce 2004 a uvolnil cestu pro počáteční výrobu s nízkou rychlostí. Nejméně jedna ruská zpráva tvrdí, že Nebo SVU bylo vyvezeno, ale klient nebyl zveřejněn. Radar je aktivně prodáván pro export a byl vystaven na řadě ruských a mezinárodních zbrojních výstav. Na výstavě zbraní v Minsku 2007 Viktor Ozherelev, vedoucí oddělení vědeckých a technických informací NNIIRT, prohlásil: "Nyní dokonce i Američané začali vyrábět takové [VHF] radary, protože pochopili, že jejich 'stealth' program selhal. Tyto radary dokážou detekovat letadla konstruovaná pomocí 'stealth' technologie. Máme řadu vyhlídek, které chtějí obstarat si metrický pásmový radar."; "Nebo SVU je prvním radarem s polovodičovou aktivní fázovanou anténou pracující v pásmu metrických vlnových délek [VHF]. Zde má každý vyzařovací anténní prvek svůj vlastní modul transceiveru [tj. vysílání-přijímání]. To umožňuje dosáhnout velmi vysoký výkon."



Nebo SVU je kriticky důležitým technologickým vývojem, protože poskytuje mobilní 3D VLO/LO získávání cílů a schopnost sledování střední dráhy pro moderní raketové systémy protivzdušné obrany, jako je tento S-300PMU2 Favorit.

Nasazený jako radar pro zjišťování cílů pro moderní systém SAM, jako je S-300PMU1/2 / SA-20 Gargoyle nebo S-400 / SA-21 Growler, výrazně zkomplikuje taktiku nasazení pro uživatele stíhaček VLO/LO, protože nemůže pouze popírá překvapivé zapojení raketové baterie, ale je dostatečně přesné, aby poskytlo naváděcí data ve středním kurzu jak pro střely Surface Air Missile, tak pro střely Air Air Missile. Vzhledem k ruské zálibě v používání datových spojů v síťových systémech protivzdušné obrany je jen otázkou času, kdy si tato schopnost najde cestu do exportních systémů.

Nebo SVU je důležitý strategický rozvoj. Jedná se o moderní radar podle světových standardů a jeho dvoumetrová vlnová délka mu poskytne robustní schopnost proti cílům VLO/LO velikosti stíhaček a řízených střel. Kombinace frekvenční agility, obratnosti řízení paprsku, plně digitálního zpracování a velmi dobré mobility podle standardů VHF radarů jej odlišuje od dvou generací VHF radarů sovětské éry. Pokud bude nasazena v masivním počtu, bude Nebo SVU schopna zmařit útočné operace jakéhokoli letectva, které není vybaveno F-22 nebo lepší schopností.



RLM-M složka Nebo M, založená na VKV pásnu Nebo SVU. Jedná se v podstatě o skutečný "stříleč a vystřel" samohybný derivát demonstračního designu Nebo SVU, umístěný na podvozku BAZ-690915 s vysokou pohyblivostí, který je společný pro S-400 TEL (NNIIRT).

Koncem roku 2008 se objevily podrobnosti o novém samohybném derivátu Nebo SVU s vyšším výkonem a clonou, který byl vyvinut jako součást nového mobilního vícepásmového radarového systému NNIIRT Nebo M. U derivátu RLM-M Nebo M se tvrdí, že je vybaven pokročilejším hydraulickým mechanismem nakládání/nasazování, který napodobuje schopnosti „střílet a vystřelovat“ řady 64N6E/91N6E, nezávislého generátorového systému o výkonu 100 kW, a je umístěn na BZKT. BAZ-6909-015 8 x 8 terénní 24t podvozek, založený na stejném vozidle jako S-400 / SA-21 TEL. Na konci roku 2011 ruské ministerstvo obrany oznámilo objednávku na 100 systémů 55Zh6ME Nebo M.

Tato analýza podrobně prozkoumá technologii v návrzích Nebo SVU/M VHF AESA s cílem identifikovat základní konstrukční omezení a hranice výkonu a taktické možnosti, které mají uživatelé k dispozici. Poté se provádí srovnání výkonu mezi systémem Nebo SVU a pozdějším systémem Nebo M RLM-M.



NNIIRT Nebo SVU Ural 4320 varianta taženého návěsu vystavena v nasazené konfiguraci. Budoucí varianty budou pravděpodobně využívat stejný podvozek řady BZKT 8 x 8 jako novější komponentní radary Nebo M (Obrázky © [Miroslav Gyűrösi](#)) .





The Ural 4320-21 is the baseline vehicle for the Nebo SVU tractor (Avtomobilniy Zavod Ural).

Tabulka 2: Technické údaje pro aktuální exportní konfiguraci radaru 1L119 Nebo SVU 3D AESA

Základní charakteristiky		Hlavní vlastnosti:	
Vlnové pásmo	metrický	Rozsah vln	Metr
Horní hranice detekčního rozsahu a měření souřadnic cíle:		Horní hranice zóny detekce a měření souřadnic:	
		na výšku, km	alespoň 100 - v běžném režimu všestranného zobrazení; minimálně 180 – v navazujícím režimu

Nadmořská výška, km	Ne méně než 100 v režimu vyhledávání; ne méně než 180 v režimu sledování	na rohu místa, města.	minimálně 25 - v režimu pravidelné všestranné viditelnosti; 45-50 - v režimu sledování
V nadmořské výšce, st	Ne méně než 25 v režimu kruhového skenování; ne méně než 45-50 v režimu sledování	Dosah detekce aerodynamických a balistických cílů s tubusem zesilovače obrazu 1m2, km:	
		ve výšce 0,5 km	65
		ve výšce 10 km	270
		ve výšce 20 km	380
Detekční dosah pro letadla a balistické cíle s RCS 1 m ²		Přesnost měření souřadnic:	
, km:		rozsah, m	200 (100)
		azimut, min.	30 (20)
ve výšce 0,5 km, km	65	elevační úhel, min.	1,5 (v rozsahu elevačních úhlů od 3 do 45 stupňů)
ve výšce 10 km, km	270	Typ výstupní informace	stezky
ve výšce 20 km, km	380	Počet současně sledovaných cílů	100
Přesnost měření:		Rychlost aktualizace informací, s	10 a 5
rozsah, m	200 (100)	Střední doba mezi poruchami, h	minimálně 500
azimut, arcmin	30 (20)	Průměrná doba zotavení, h	0,5
elevační úhel, arcmin	1,5 (v rozsahu elevačního úhlu 3 až 45 stupňů)	Obslužný personál, os.	4 (jedna směna)
Výstupní formát dat	stopy	Počet přepravních jednotek	2
Počet jednotlivých sledovaných cílů	100	Doba nasazení, min.	20
		Spotřeba energie, kW	30
Rychlost aktualizace dat, s	10 a 5		

MTBF, hr	minimálně 500
MTTR, hr	0.5
Posádka, personál	4 (single)
Počet vozidel	2
Doba nasazení, min	20
Příkon, kW	30



Антенно-аппаратный пост



Система автономного электроснабжения на базе дизельной электростанции



Выносной индикаторный пост (поставляется по требованию заказчика)

Uložená konfigurace. Nebo SVU zabírá tři vozidla. Návěs nese anténní/radarový systém, nákladní vůz 6x6 dieselové generátory a nákladní vůz 4x4 kabinu operátora. Systém lze nasadit za 20 minut, což je méně než polovina času potřebného pro ostatní ruské VHF radary (NNIIRT).





Nahoře NNIIRT 1L119 Nebo SVU vystavený na MAKS2003. Tyto obrázky jsou velmi objevné, protože jasně ukazují kombinaci $3/8$ složených dipólů a direktorů v pravidelné mřížce. Níže detail vnějšího levého páru sloupců prvků pole, zobrazující detail $3/8$ dipólu a direktoru (Obrázky © Miroslav Gyűrösi)



1L119 Nebo SVU Filosofie designu – perspektiva radarového inženýrství

Impulem pro konstrukci posledně jmenovaných VHF radarů NNIIRT, 55Zh6 Nebo U a 1L119 Nebo SVU, byla míra nespokojenosti s pouze 2D mobilními 1L13 Nebo SV sérií a dřívějšími VHF radary. Ty postrádaly integrální schopnost zjišťování výšky a spoléhaly se výhradně na integraci s externími, typicky v pásmu S, kývajícími výškovými hledači. Tváří v tvář šoku z toho, že Saddámův systém protivzdušné obrany je naprosto bezmocný vůči F-117A, bylo ruským konstruktérům jasné, že je třeba najít lepší dlouhodobé řešení v pásmu VHF, protože těžkopádné řešení se dvěma radary by bylo neúčinné kvůli silně zhoršený rozsah složky pro zjištění výšky v S-pásmu.

Zdůvodnění návrhu pro Nebo U bylo podrobně diskutováno v ruské literatuře, ale pro Nebo SVU v tuto chvíli žádný takový dokument neexistuje. Proto můžeme nanejvýš odvodit úvahy Krylovova vývojového týmu NNIIRT na základě pozorovatelných nebo veřejně zdokumentovaných vlastností radaru.



**Приемо-
передающие
модули** и
источники питания
к ним расположены
на полотне антенны
около каждого
излучающего
элемента,
имеют естественное
воздушное
охлаждение и
объединены в
единный
конструктивный
элемент - столбец

Vzduchem chlazené vysílací a přijímací moduly jsou umístěny za každým anténním prvkem. Všimněte si, že tento obrázek ukazuje reflektory pro potlačení backlobe přidané ke každému ze složených dipólových zářičů, ty chybí na obrázcích zobrazovacího zařízení (NNIIRT).

Konstrukce je vůbec první AESA v pásmu VHF, s několika ruskými zdroji, které rozpracovávají použití vysílacích a přijímacích modulů namontovaných na anténním poli. Bohužel se zatím neobjevily žádné podrobnosti o jejich vnitřním designu. Podobnost velikosti pole, výkonu dosahu, celkové spotřeby energie, provozní frekvence a obecného uspořádání s dřívějším radarem napájeným trubicií Nebo SV naznačuje, že by se měl očekávat špičkový výkon v řádu 120 až 140 kilowattů. S 84 prvky to znamená maximální jmenovitý výkon na modul TR 1,4 až 1,7 kilowattů na modul, což je snadno dosažitelné pomocí vyspělé běžně dostupné technologie. Ruské

tabulky datových listů uvádějící „špičkový výkon 20 kilowattů“ nejsou v souladu s uvedeným výkonem.

Komerční tranzistory MOSFET v pásmu VHF s výkonem 500 W jsou nyní dostupné na globálním trhu za jednotkové ceny kolem 250,00 USD, takže vybudování modulu TR pásma VHF s výkonem 2 kilowatty se čtyřmi MOSFETy v gangu nepředstavuje žádné velké potíže, jediným problémem je účinné chlazení. S nízkou hustotou balení pro VHF AESA je jasné, že to pro Krylova a jeho konstruktéry nepředstavovalo žádnou překážku. Západní konstruktéři stavěli kilowattové moduly L-band TR již více než deset let.

Nízkošumové polovodičové přijímače pro pásmo VHF také nejsou problémem a požadavek na nízkou hustotu balení pro takové pole by dal konstruktérům značnou volnost v uspořádání.



В центральном
стволе
антенны
расположены:
фазовращатели и
аттенюаторы,
сумматоры
приемного
тракта,
предварительные
усилители и
делители
мощности.

Anténní stožár namontovaný na gramofonu slouží jako konstrukční montáž pro tři hlavní RF moduly. Patří mezi ně moduly obsahující fázové posuvníky, říditelné atenuátory, sčítací sítě, stupně budiče a napájecí zdroje (NNIIRT).



Detail anténního stožáru, IFF pole a primární antény. Všimněte si naklápečího aktuátoru a kloubu a točny na základně stožáru (Images © [Miroslav Gyűrösi](#)).



Zbývá prozradit, jak NNIIRT navrhl fázové komponenty pro řízení paprsku antény,

protože nárokováný modul poskytující tuto funkci je poměrně kompaktní. Při tak nízké frekvenci by mohlo být přijato řešení ve stylu digitální RF paměti (DRFM), spíše než klasické analogové zpožďovací vedení nebo řešení fázového posunu - pokud předpokládáme nosnou frekvenci v řádu 150 až 220 MHz, která se obvykle vyskytuje v ruských VHF. radary, čtyřnásobná vzorkovací frekvence 600 - 880 MHz by byla více než dostatečná pro zajištění vysoké čistoty signálu. To je opět v dosahu ruské průmyslové základny. Pokud je radar omezen na malé úhly řízení paprsku, především pro měření úhlů,

Design prvku vyzařovací antény je tříprvkový hybrid - vertikálně polarizovaný dvouvodičový 3/8 l skládaný dipól [Kraus 11-39, 11-61] s jedním parazitním direktorem, s použitím přídatných reflektorových prvků namontovaných na nosném rámu. Dobře zdokumentované rozměry kamionu Ural 4320 a dobré detailní snímky umožňují poměrně přesný odhad vlnové délky na ~2 metry se symetrickým rozestupem prvků pole ~1 metr, tj. pravidelná čtvercová mřížka. Volba 3/8 l skládaného dipólu byla jednoznačně řízena jeho kompaktní velikostí umožňující těsnější rozmístění prvků v poli. Zisk je řádově 3-4,5 dBi na prvek, ale pravděpodobně bude snížen efekty spojování pole.

Volba vertikální polarizace je neobvyklá pro konstrukci VHF určenou ke sledování vzdušných cílů a nejlépe ji vysvětluje dvojí použití radaru pro účely obrany proti balistickým střelám, protože tvar cílů balistických střel představuje vyšší RCS ve vertikální polarizaci. Konstrukce pole 1L119 s pravidelným rozmístěním prvků má kapacitu pro růst do volitelné polarizace, se zabudovanými mechanickými pohony pro otočení každého prvku antény o 90° pro výběr optimální polarizace pro daný režim detekce cíle. Hlavní nevýhodou hardwaru je další složitost na prvek a potřeba různých optimalizací zpracování pro každou polarizaci. S elektrickým motorovým pohonem v každém prvku mohla být rotace a změna polarizace provedena během několika sekund.

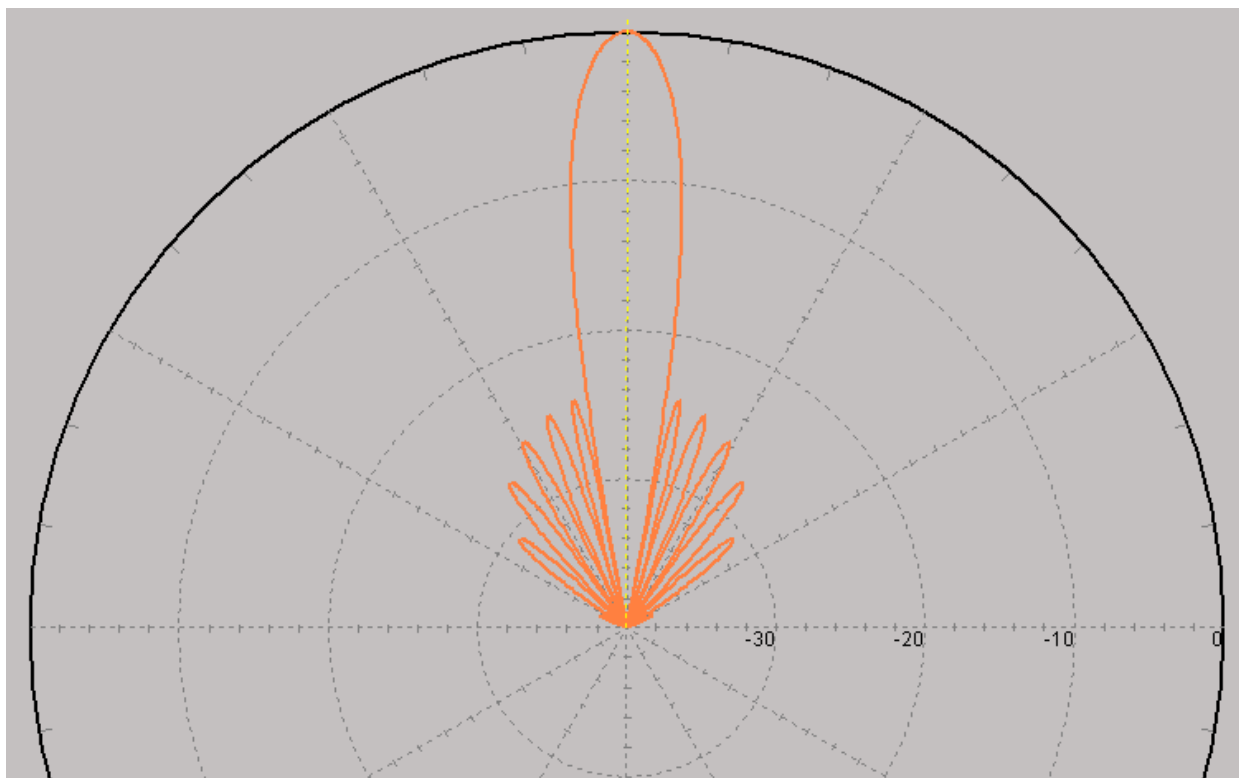
V tomto návrhu je zajímavý problém rozteče prvků versus výkon laloku mřížky. Pokud předpokládáme, že schopnost elektronického řízení paprsku se používá primárně pro přesné úhlové sledování cílů v blízkosti zaměřovače antény, mřížkové laloky nepředstavují takovou zátěž jako u pevných AESA v pásmu X a existuje určitá flexibilita v provozních frekvencích.

Pokud je pro vyhledávání sektorů použita schopnost elektronického řízení paprsku s významnými úhly vychýlení mimo vrtání, pak se laloky mřížky stávají potenciálním problémem v návrhu a pravidlo o rozteči prvků $< 1/2 \lambda$ omezuje horní frekvenci návrhu na přibližně 150 MHz. , se zhoršeným ziskem ve 3/8 l skládaném dipólu, který ukládá spodní hranici frekvenční agility. Rozsah chyb měření v geometrii pole naznačuje, že konstrukce byla dimenzována pro větší úhly vychýlení, takže je možné dosáhnout $\pm 45^\circ$ až $\pm 60^\circ$ mimo vrtání, s výhradou zkrácení clony, limitů výkonu bočních laloků a tvarování hybridního dvouvodičového 3/8 l skládaný dipólový prvek hlavní lalok. Pokud by byl návrh omezen na malé úhly řízení mimo vrtání, rozteč prvků by byla větší [1].

S pouze 84 prvky používá 1L119 řídké pole, v termínech AESA, takže vysoce přesná kalibrace fáze/zpoždění modulu a zesílení jsou naprosto zásadní pro dosažení zamýšleného ovládní bočního laloku a přesnosti řízení paprsku pro opakovatelná měření cílového úhlu.

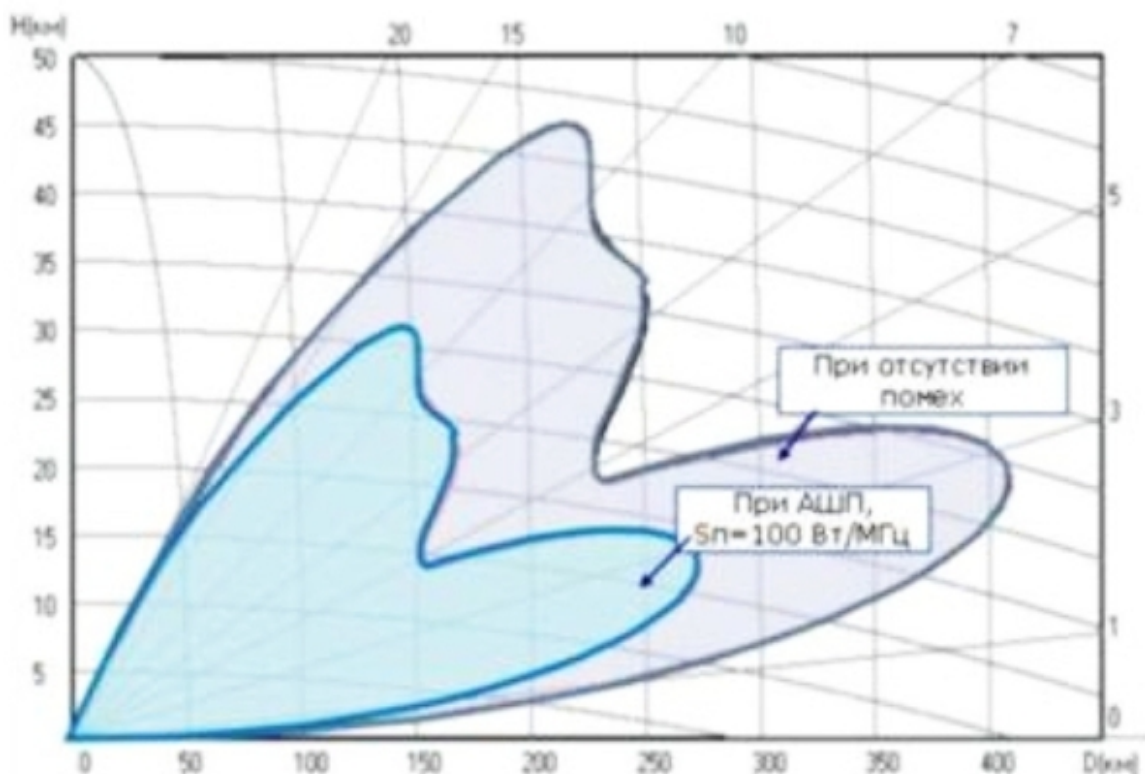
Vzhledem k tomu, že design je AESA, je samozřejmostí digitální ovládní úhlu/zpoždění a amplitudy na prvek. To také představuje značnou svobodu volby ve funkci zúžení (osvětlení) napříč polem pro ovládní postranních laloků. Absence jakýchkoli pomocných antén používaných u 1L13 pro potlačení postranních laloků

může být přijata jako důkaz, že 1L119 používá ve svých anténních kanálech řízení amplitudy. Není divu, že NNIIRT nekomentoval volbu funkce zúžení, pouze to, že radar má „adaptivní potlačení postranních laloků“.



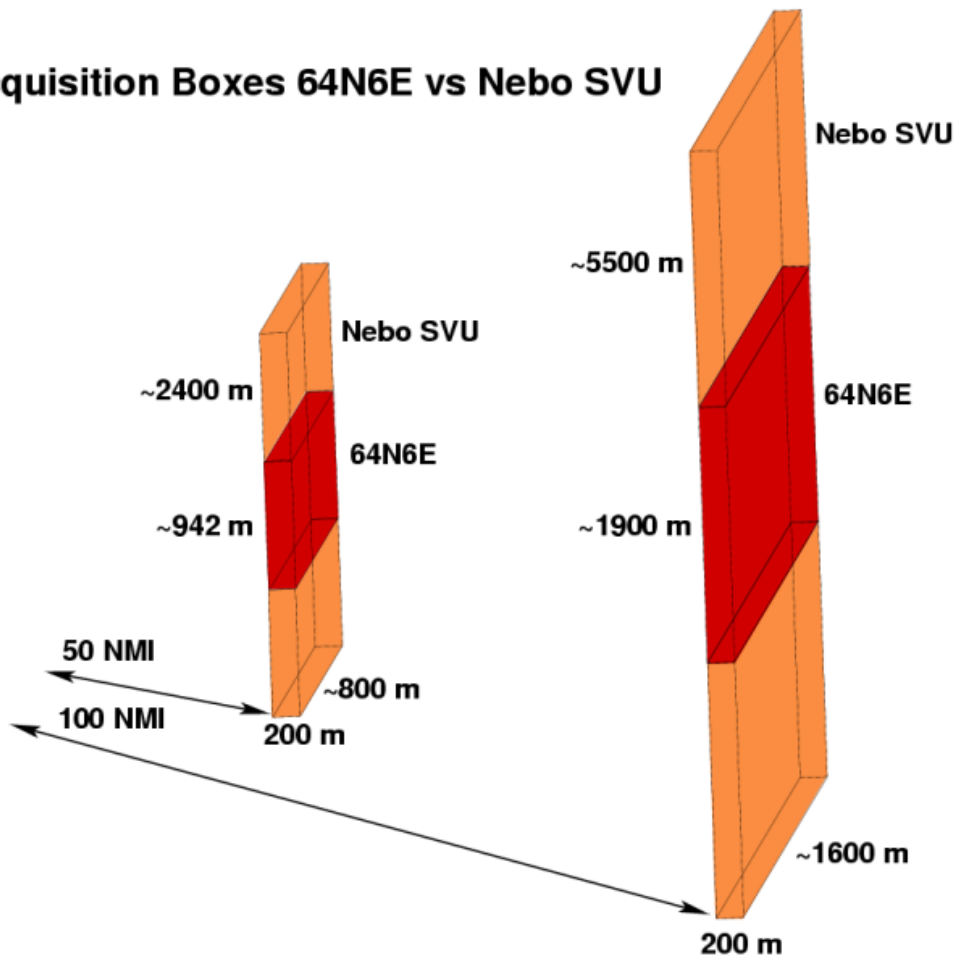
Polární graf pro odhadovaný výkon bočního laloku/hlavního laloku v azimutální rovině s použitím Čebyševova zúžení pro špičkovou úroveň bočního laloku -24 dB (Autor). Návrh může zahrnovat aktivní vynulování rušičky zářezem v hlavním laloku, přičemž se zdá, že alespoň jeden ruský překlad to tvrdí, ale vzhledem ke kvalitě tolika technických překladů z ruštiny do angličtiny by to však mohla být mylná interpretace. Jako aktivní pole by tato schopnost mohla být integrována do návrhu a jednoduše nezveřejněna, takže z analytického hlediska je bezpečnější předpoklad, že tato schopnost již existuje nebo bude existovat v budoucí variantě návrhu.

Цель: МиГ-21 с ЭОП=2,5 м²

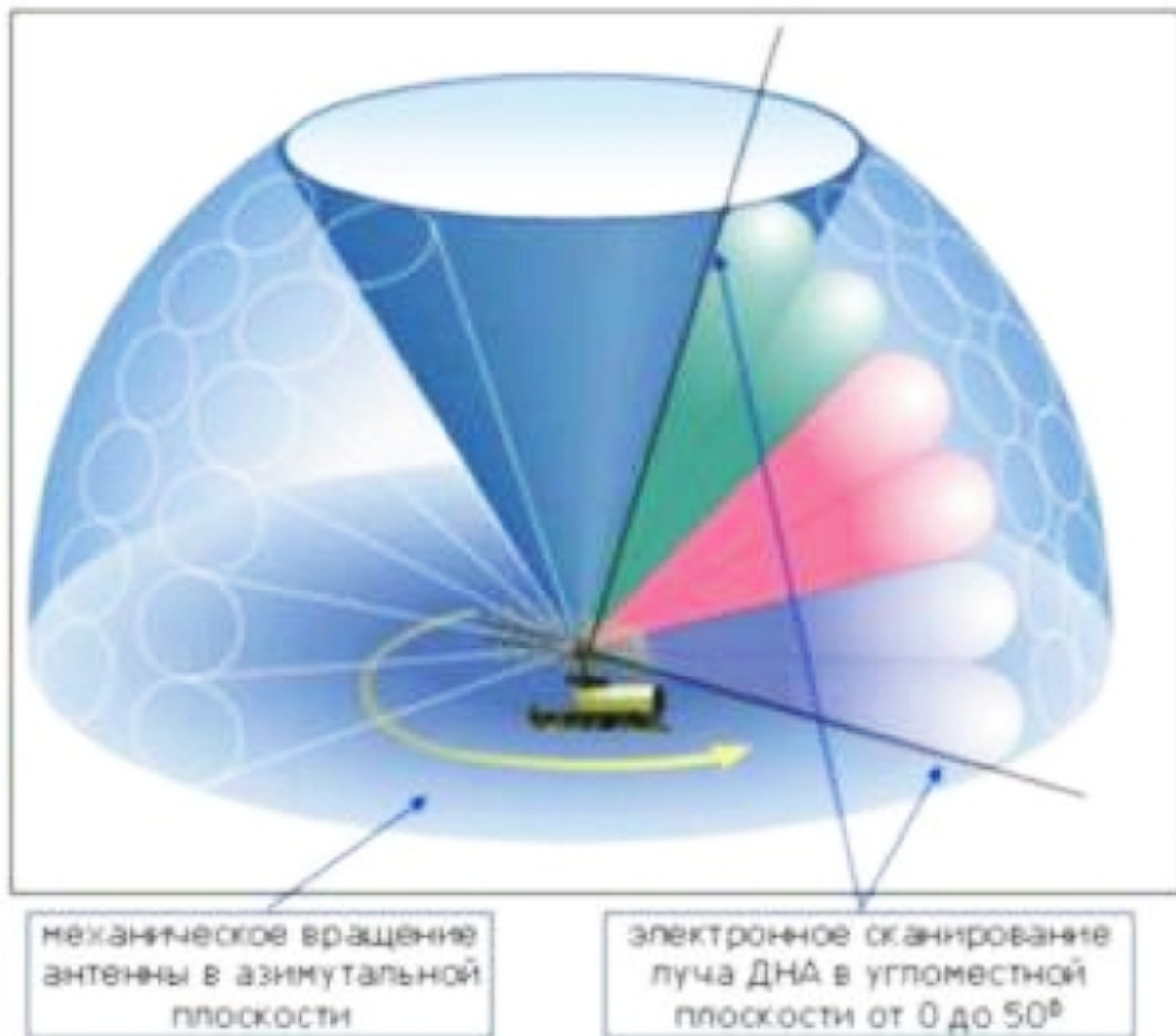


Tabulka NNIIRT znázorňující výkon detekčního dosahu pro cíl 'MiG-21 s RCS=2,5 m²', v nepřítomnosti a přítomnosti rušícího signálu s hustotou výkonu 100 W/MHz. Ruské údaje o výkonu dosahu jsou konzistentní, ale citované hodnoty RCS pro identické rozsahy se pohybují mezi 1,0 a 2,5 m². Existuje určitá nekonzistence v uvedených mezích chyb pro sledování cíle. Tento graf ukazuje výkon v nejhorším případě (chyba vzdálenosti = 200 m; chyba azimutu = 0,5° a chyba elevace = 1,5°), s nejlepším případem chyby vzdálenosti na 100 metrů a nejlepším případem chyby azimutu při 0,3°. Tento výkon je stejného řádu jako řada PESA 64N6E v pásmu S používaných jako radary pro získávání baterií SAM (autor).

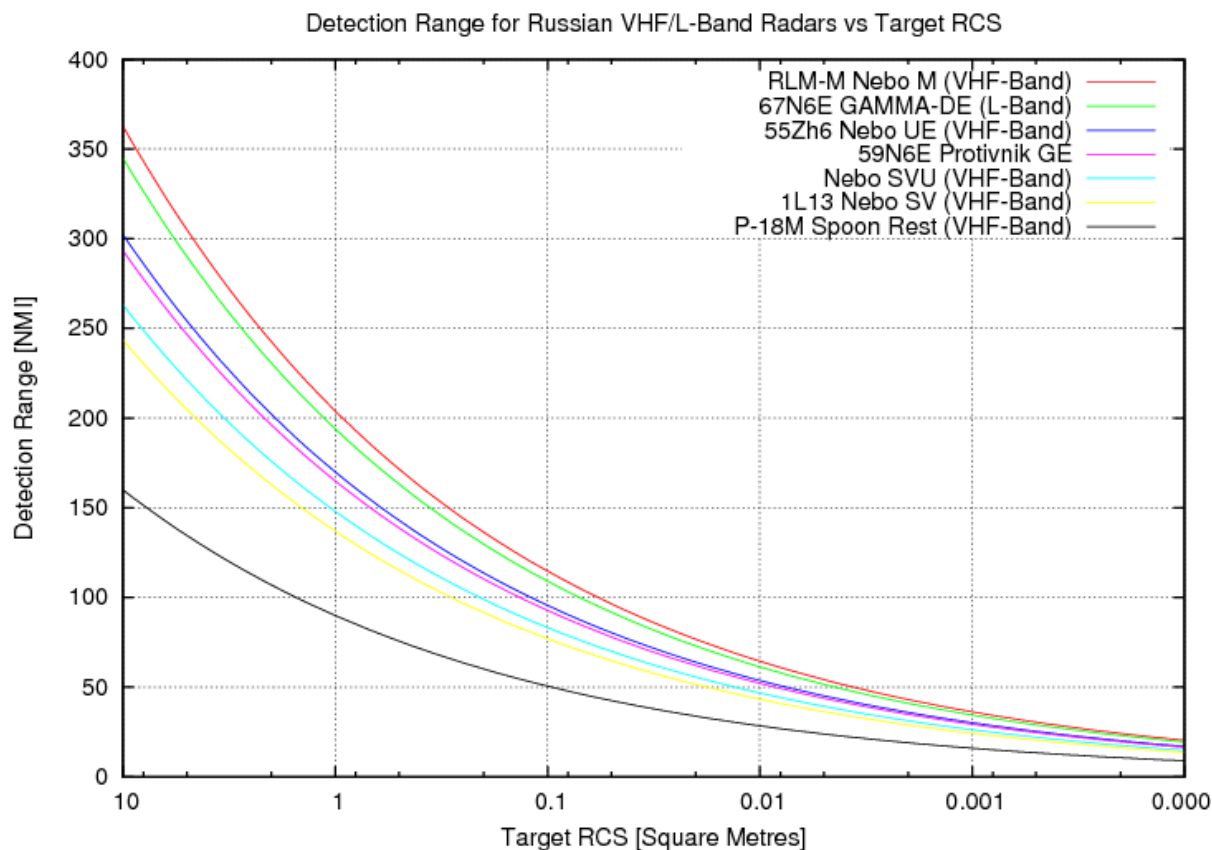
Acquisition Boxes 64N6E vs Nebo SVU



Citovaná přesnost měření úhlu radaru je $1,5^\circ$ v elevaci, $0,5^\circ$ v azimutu a přesnost dosahu je 200 metrů. Tento výkon je téměř totožný s S-band 64N6E Big Bird PESA používaným jako komponent pro získávání cíle v systémech S-300PMU-1/2 Favorit / SA-20 Gargoyle a S-400 Triumf / SA-21 Growler SAM/ABM.



Ve svém „konvenčním“ vyhledávacím režimu se anténní pole 1L119 mechanicky otáčí a generuje se šest paprsků s pevnou geometrií s úhlem elevace až 50 °. Vzory skenování pro režimy vyhledávání sektorů nebyly zveřejněny (NNIIRT).



Tato tabulka dosahu je založena na veřejně zveřejněných ruských datech a může podhodnocovat výkonnost dosahu pro 55Zh6 Nebo UE. Všimněte si, že uvedené RCS je pro dané radarové pásmo a pro nominálně neviditelné letadlo bude mnohem nižší pro daný aspekt v pásmu S a L ve srovnání s pásmem VHF.

Ruská literatura pokrývající 1L119 jej popisuje jako schopný detekovat a sledovat letadla a cíle třídy balistických střel. Anténa může být nakloněna nejméně o 17° v elevaci, posledně jmenovaná je specificky uváděna pro „získávání balistických střel“. Detekce cíle balistické střely si pravděpodobně vynutila volbu vertikální polarizace, která je jinak méně upřednostňována kvůli špatnému potlačení rušení na zemi.

Anténu lze také otáčet rychlostí 3, 6 nebo 12 ot./min pro získání vzdušného cíle nebo ji lze nasměřovat pevným směrem, aby pokryla určitý sektor ohrožení. Citovaný výškový limit pro režimy vyhledávání je 100 km, pro režimy sledování sektorů je to 180 km. Při použití kruhového vzoru je anténa omezena na elevační úhel 25° , ale v režimu sledování cíle s pevným azimutem/sektorem může být nejvyšší úhel elevace paprsku až 45° až 50° . Pokud předpokládáme, že konstrukce je mechanicky omezena na úhel náklonu 17° , naznačuje to úhel vychýlení elektronického paprsku v elevaci $\pm 28^\circ$ až 33° . Z toho vyplývá, že podobná hranice by platila pro horizontální úhly vychýlení, a to díky shodnosti hardwaru zpoždění/fázového posuvu.

Je zřejmé, že konstrukce zachová všechny funkce zpracování DMTI zavedené v 1L13 a ruská literatura jasně uvádí, že radar má funkce pro adaptivní potlačení pozemního rušení, srážek a plev, včetně Dopplerovy kompenzace. Potlačení nepořádku je uváděno na 45 dB, plev na 30 dB a rušičky na 24 dB, což jsou údaje, které pravděpodobně podhodnocují skutečný výkon. Vzhledem k tomu, že dřívější 1L13 používá Barkerovy kódy, je pravděpodobné, že 1L119 bude používat stejné nebo jiné podobné kódy s nízkou křížovou korelací.

Kuriózním prohlášením v řadě ruských dokumentů je, že radar využívá „kompletní časoprostorové digitální zpracování signálu“. To může být pokus vysvětlit, že radar je plně digitální, nebo to může být špatný překlad Space Time Adaptive Processing (STAP), teprve nedávno přijatý v západních radarových návrzích. Je STAP proveditelným návrhem pro ruský radar navržený velmi nedávno?

Vzhledem k tomu, že tento radar je konstrukce VHF s mírnou vzorkovací frekvencí a výpočetní výkon komerčních off the Shelf (COTS) nepředstavuje problém pro konstrukci přepravovanou desetitunovými nákladními vozy Ural 4320, pak jediným problémem se STAP je schopnost ruského návrháři implementovat požadované algoritmy a zda je to dostatečně užitečné, aby ospravedlnilo vynaložené úsilí.

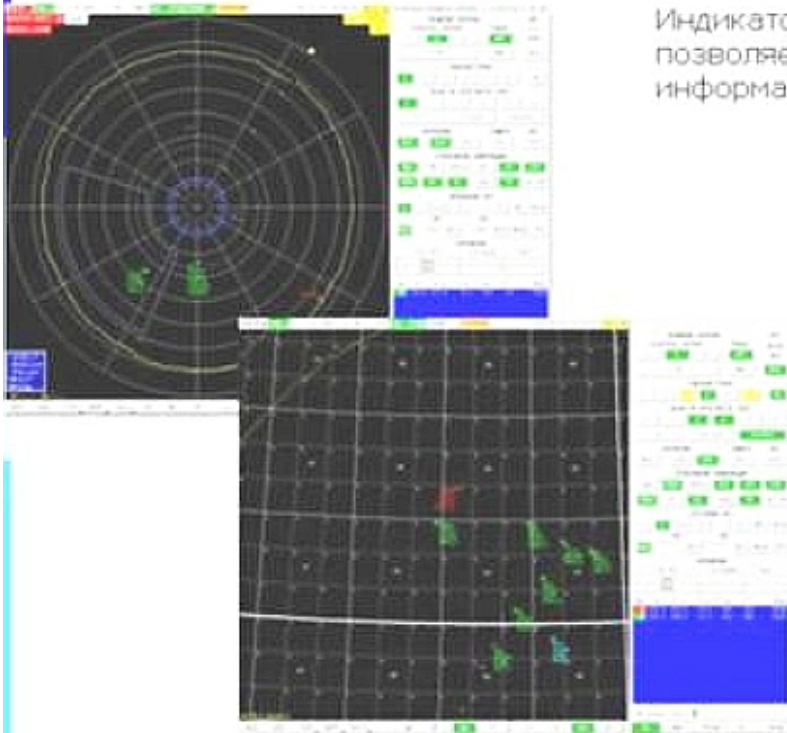
Většina západních výzkumů STAP se zaměřuje na letecké radary využívající STAP k adaptivnímu potlačení pozemního nepořádku. U VHF DMTI je problémem potlačení rušení na zemi, ale také jiných nežádoucích jevů, jako je dopplerovský posun plev a počasí. V této fázi zůstává otázka schopnosti STAP v 1L119 nevyřešená, ale je to pravděpodobně schopnost v této rodině radarů z dlouhodobého hlediska. Neexistují žádné zásadní problémy s rozdělením tohoto pole do více fázových středů přijímacích cest, protože kabely jsou již vedeny z modulů TR do centrálních modulů pro řízení fáze, řízení amplitudy a sčítání.

Z analytického hlediska je nejbezpečnějším předpokladem, že tato schopnost již existuje nebo bude existovat v budoucí variantě návrhu. Vytvoření schopnosti STAP pro pevný pozemní DMTI bude snazší než to udělat pro palubní radar X-band.



1L119 Nebo SVU plně využívá moderní technologii COTS se 17palcovými LCD displeji pro operátory (nahore) a flexibilní prezentací digitálního displeje (dole). Formáty zobrazení mohou zahrnovat geografická data, jako jsou hranice, zóny protivzdušné obrany a hranice dosahu (NNIIRT).

АППАРАТУРА ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

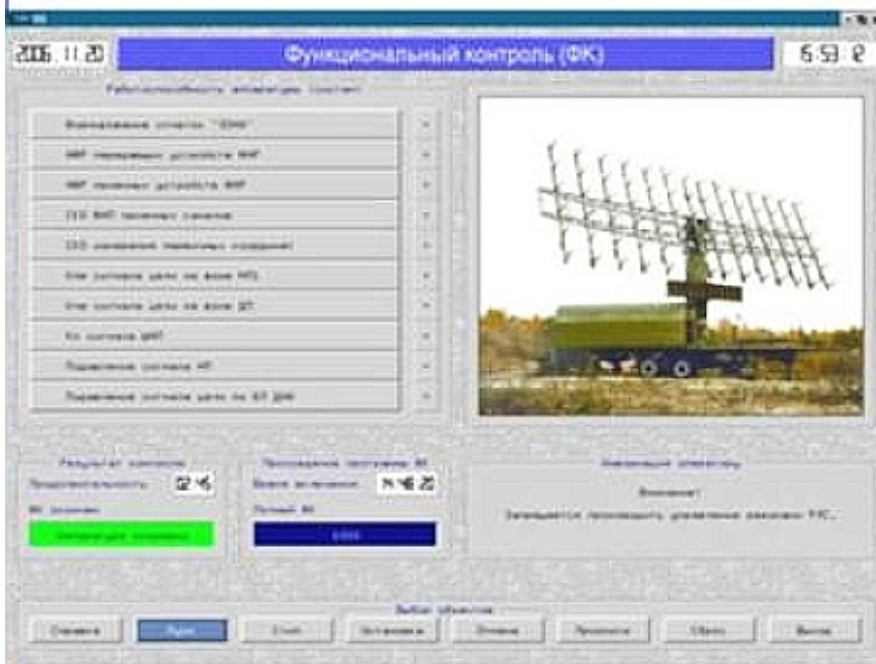


Индикатор кругового обзора позволяет отображать следующую информацию:

- первичную информацию, поступающую в реальном масштабе времени (эхо-сигналы, сигналы НРЗ, сигналы пеленга);
- КТА по обнаруженным целям (координаты центра пакета эхосигналов);
- графическую информацию (границы стробов, зон, сетку ПВО, государственную границу)

Software zobrazovacího systému pro operátorské konzole a propojení s procesorem pro správu pole (řízení pole) byl původně vyvinut v letech 2000 až 2002 pomocí softwaru a hardwaru COTS, konkrétně architektury Intel, Linuxu a jazyků vysoké úrovně C/C++, a Xlib, Xt, Xaw, Qt knihovny/sady nástrojů. Jedná se o stejnou základní technologii používanou v nejmodernějším vojenském vybavení USA pro tento účel. To také podporuje tvrzení NNIIRT, že 1L119 je plně digitální systém.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ



Функциональный контроль

Проверка всех технических параметров, определяющих тактико-технические характеристики РЛС.

Производится перед началом или в процессе работы с выходом из боевого режима на время не более 3 минут.

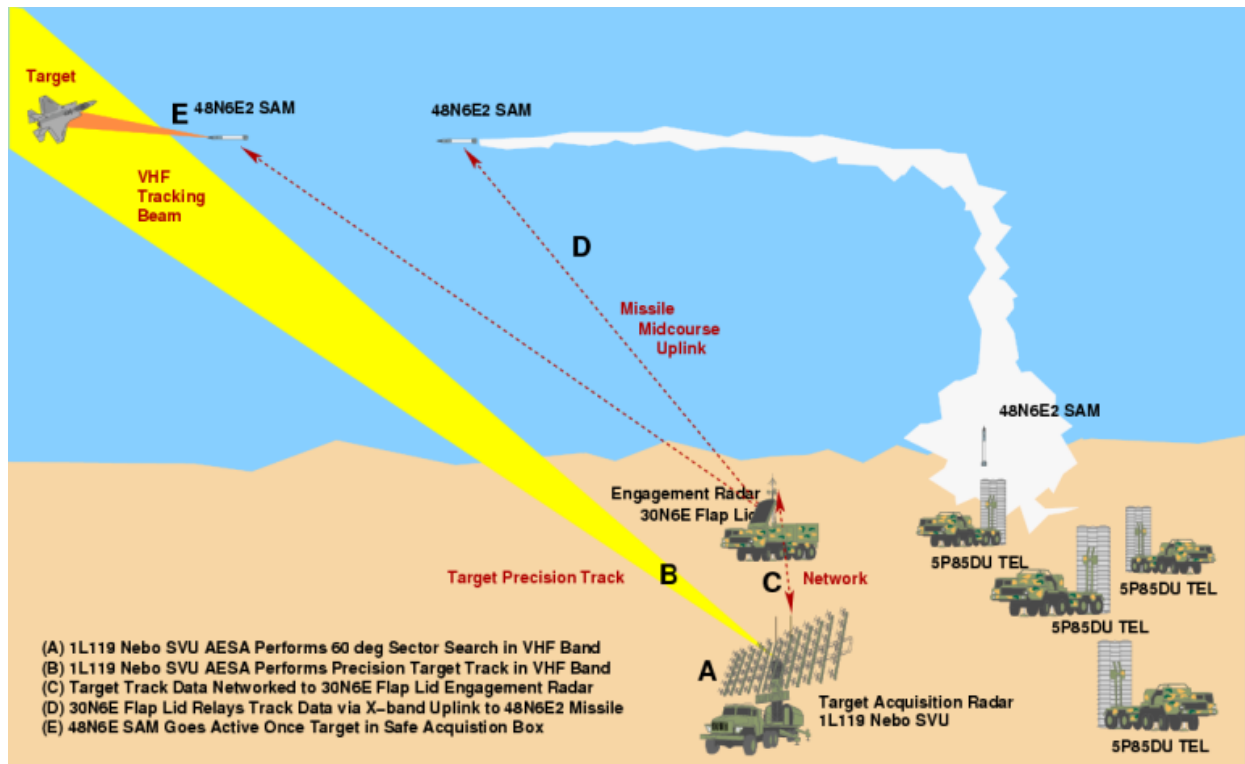
Jedním z vedlejších produktů softwarově založeného systému je online dokumentace, správa a systém samotestování. To má dále zlepšit již tak výjimečně dobrou dostupnost systému ve srovnání s dřívějšími ruskými VKV konstrukcemi.

Stále existuje mnoho nejasností ohledně pochopení plných schopností rané výroby 1L119 nebo SVU. Například nebyla popsána schopnost řízení fáze/zpoždění a tedy maximální úhly hlavního laloku mimo vrtání v azimutu a elevaci. Optimistickým odhadem je, že konstrukce je omezena řízením fáze/zpoždění na mírné úhly vrtání, které se používají pouze pro přesné měření cílového úhlu. Pesimističtější odhad je, že návrh může dosáhnout elevace mimo vrtání a úhlu vychýlení azimutu $\pm 45^\circ$ až $\pm 60^\circ$ podobné stávajícím AESA/PESA v pásmu S a L v USA, což mu umožňuje provádět agilní vyhledávání pevných sektorů. Zatímco optimističtější odhad z ní stále činí vysoce účinnou bojovou schopnost, pesimistický odhad ji činí výjimečně schopnou. Základní návrh anténního pole při dostatečně dobrém inženýrství podporuje oba režimy provozu. Z analytického hlediska je bezpečnější předpoklad, že schopnost pro větší elektronické úhly řízení paprsku již existuje nebo bude existovat v budoucí variantě konstrukce 1L119.

Tabulka 3 Možnosti nejlepšího případu versus nejhorší případ

Parametr	Nejlepší možnosti pouzdra	Nejhorší případ (potenciál návrhu / vázaný)	Poznámky
Elektronické úhly řízení paprsku	$\pm 30^\circ$ azimut / elevace	$\pm 45^\circ$ - $\pm 69^\circ$ azimut / elevace	
Interval elektronického řízení paprsku	3,3 ms	0,4 ms	
Potlačení rušičky	podle 1L13	CRPA (adaptivní zářez hlavního laloku)	
Technika zpracování nepořádku	Pouze DMTI	Adaptivní zpracování prostoru a času	KROK
Sledování úhlu	Pomalé sekvenční lobování	Rychlé sekvenční lobování	
Nasazení / Stow Time	20 min	5 minut	
Integrace	Digitální výstup stopy	48N6/9M96E navádění středního kurzu přes 30N6E	

Tabulka 3 mapuje konstrukční potenciál 1L119 a rozsah schopností, které existují v současné konfiguraci konstrukce a které by se jistě objevily během 30letého životního cyklu návrhu a výroby. Citovaná chybová skříňka nebo SVU je dostatečně malá na to, aby umožnila SAM nebo AAM s aktivním nebo infračerveným hledačem přeletět dostatečně blízko k cíli, aby jej získala a zahájila koncové navádění.



Zapojení cíle VLO/LO (výše) pomocí 1L119 Nebo SVU jako radaru pro získávání a sledování pásma VHF a klapky 30N6E jako odchozího kanálu rakety (Autor).

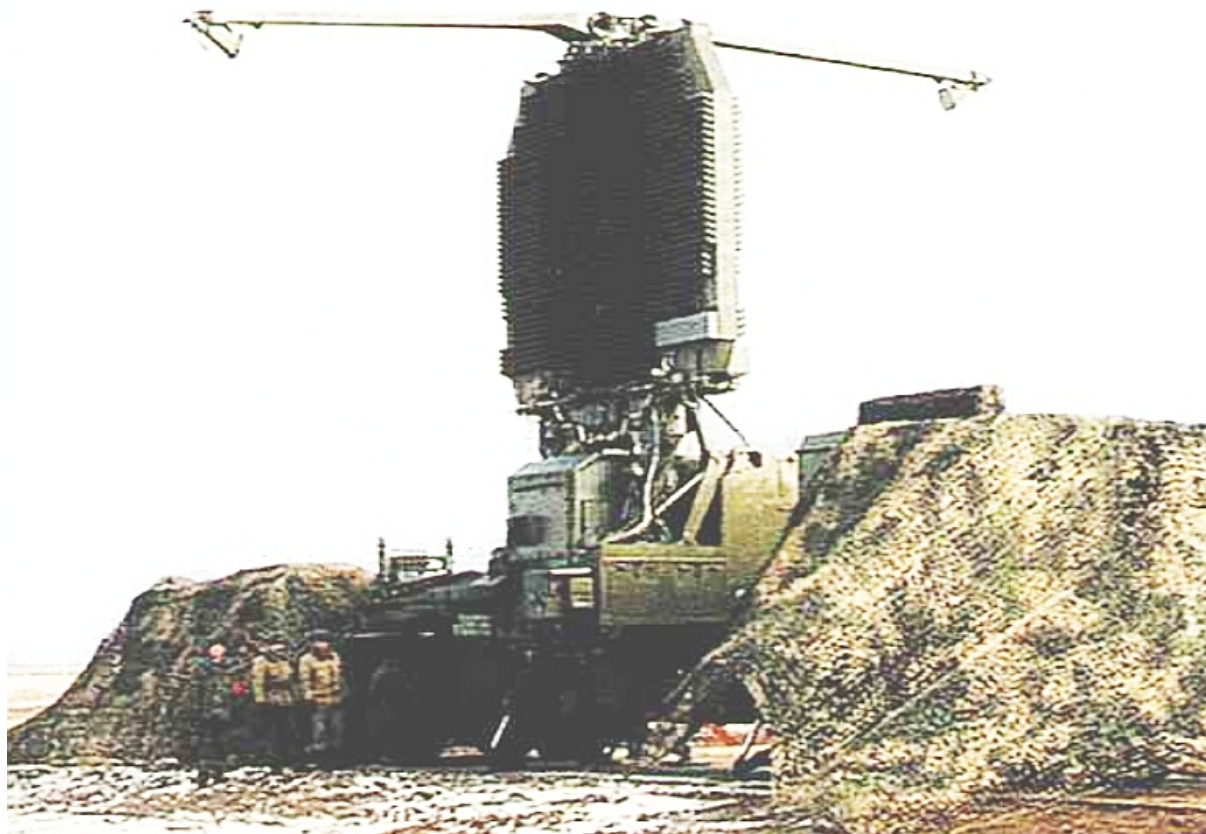
Komponenty baterií S-300PMU1/2 a S-400 SAM



Nasazená baterie S-300PMU2 Favorit / SA-20B Gargoyle. V dálce je viditelný radar pro zapojení klapky 30N6E2 . Tato baterie je propojena pomocí kabelů a teleskopické síťové antény jsou zataženy (RuMOD).



Zásahový radar S-300PMU 30N6E Tomb Stone v rozmístěné konfiguraci. Tento systém X-band poskytuje středové navádění a navádění Track Via Missile pro střely Fakel 48N6E a v pozdějších variantách středové navádění pro střely Fakel 9M96E/E2 vybavené aktivním radarovým hledačem. Neexistují žádné zásadní technologické překážky pro integraci s 1L119 Nebo SVU, která se používá jako zdroj pro aktualizaci cílových souřadnic datového kanálu uprostřed kurzu. Všimněte si teleskopické všesměrové síťové antény (RuMOD).



Nasazen NIIP 64N6E Big Bird. Tento 2 GHz pásmový 2 GHz akviziční radar PESA podobný Aegis je jádrem pozdního modelu S-300PMU2 Favorit / SA-20 Gargoyle a ve variantě 91N6E baterie raket S-400 Triumf / SA-21. Radar může být rozmístěn/složen pro operace „střílejte a nasouvejte“ za pouhých 5 minut. Udávaná přesnost sledování je 200 metrů v dosahu, 30 minut v azimutu a 35 minut ve výšce.



S-300PMU-2 Favorit / SA-20 Gargoyle 5P85TE TEL v rozmístěné konfiguraci se zasunutou teleskopickou síťovou anténou. PLA zůstává největším exportním odběratelem variant S-300PMU (Xinhua).

Ať už je Nebo SVU použit jako levnější náhrada za radar SA-10/20/21 S-band 64N6E/91N6E nebo spárován s 64N6E/91N6E, radar má požadovaný výkon jako záchytný radar řady X-band 30N6E. Pokud jsou všechny tyto systémy propojeny podle současné ruské praxe, velitelské stanoviště baterie řady 54K6E může odpalovat střely na dálku a datově je propojit s cílovým bodem po většinu trajektorie letu. Když je dostatečně blízko, střela se přepne na svůj vlastní koncový naváděcí hledač, aby dokončila střet.

Co Rusové nezveřejnili, ale je jasně zřejmé, je, že spárování Nebo SVU a 64N6E/91N6E umožňuje operátorům rozlišovat mezi nízko pozorovatelným a konvenčním radarovým cílem a podle toho upravit taktiku. Pokud je cíl neviditelný na decimetrickém pásmu 64N6E, ale je viditelný na VHF pásmu Nebo SVU, pak je zjevně špatně pozorovatelný a je zapotřebí trajektorie střely řízené datovým spojem pomocí aktualizací generovaných radarem VHF, spíše než konvenční sekvence záběru. kde 30N6E/92N2E uzamkne cíl a dokončí záběr autonomně. Pokud to dovoluje výkon střely, otevírá to další možnosti, jako je let po zakřivené trajektorii střely „dogleg“ k provedení koncové fáze útoku paprskem, takže hledač střely osvětluje méně nenápadný aspekt paprsku letadla spíše než jeho nejtajnější přední část.

RLM-M
Nebo M

1L119
Nebo SVU

Aperture Area

Nebo SVU

Nebo M

Detection Range

Nebo SVU

Nebo M

Azimuth Error

Nebo SVU

Nebo M

Elevation Error

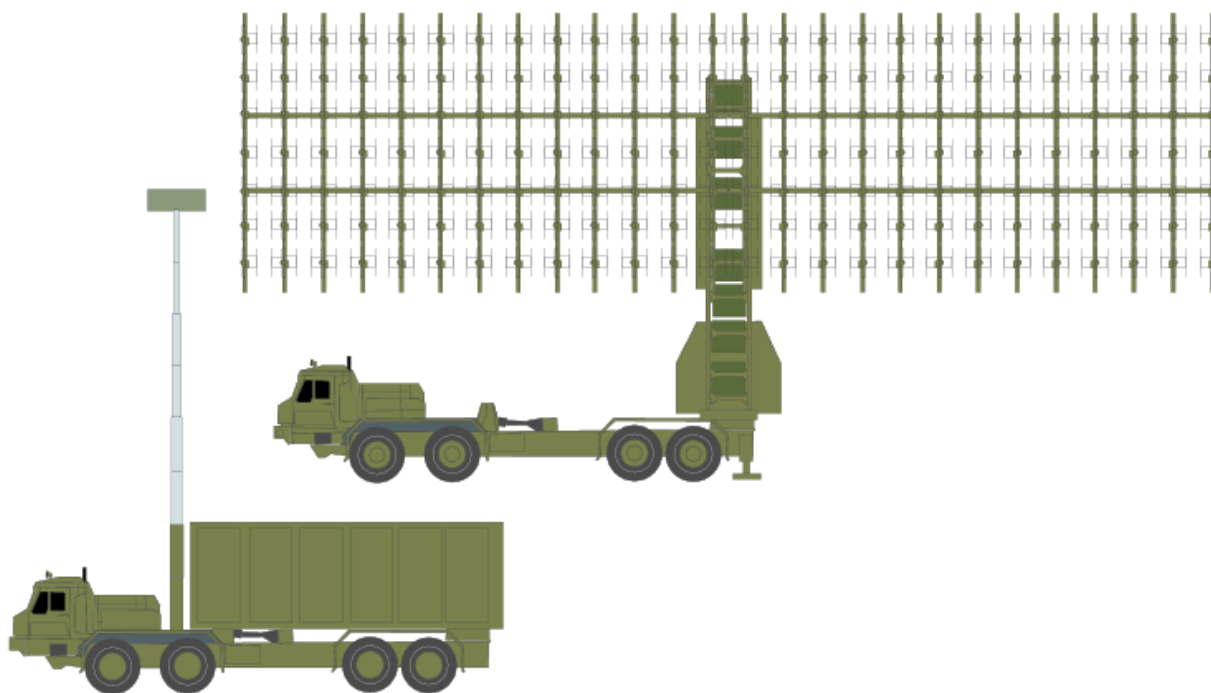
Table 4 Parametric Comparison Nebo SVU vs Nebo M [Engineering Estimate]

Designový parametr	1L119 Nebo SVU	RLM-M Nebo M
Konfigurace AESA [prvky]	14 x 6	24 x 7
Počet prvků [prvky]	84	168
Relativní plocha clony [-]	2.0	
Relativní výkon [-] ^A	2.0	
Hodnoty relativního výkonu a clony [-] ^A	4.0	
Relativní detekce / rozsah stopy [-] ^B	1.0	1.4 / +40%
Detekce / Dosah stopy [-] pro 1,0 m ² RCS Target ^B		

Cíl ve výšce 0,5 km [km]	65.0	91.0
Cíl ve výšce 10,0 km [km]	270.0	378.0
Cíl ve výšce 20,0 km [km]	380.0	532.0
Chyba azimutu [°]	0.5	~0.3
Chyba nadmořské výšky [°]	1.5	~1.3
Příkon [kW]	30.0	100.0

A - Předpokládá se stejný jmenovitý výkon na prvek v kW.

B - Předpokládá stejné přední šumové číslo a podobné modulace a zpracování.



Komponenty Nebo M KU a RLM-M - samostatný RLM-M by měl podobnou konfiguraci (autor).

Vylepšený a větší samohybný systém Nebo M RLM-M rozšiřuje možnosti základního designu Nebo SVU. Parametrická analýza výkonu naznačuje 40procentní zlepšení dosahu oproti Nebo SVU, pokud se použijí stejné jmenovité výkony modulu TR, výkonnější moduly pozdější generace by dosah dále zlepšily. Úhlová chyba v azimutu je téměř poloviční, viz tabulka 4, což dále zvyšuje potenciál návrhu pro navádění SAM ve středním kurzu.

Závěrem lze říci, že první mobilní VHF AESA na světě představuje věrohodnou schopnost a zavádí všechna vylepšení, která lze pozorovat u moderních akvizitních radarů v pásmu L a S, do designu pásma VHF. Tvrzení o životaschopné schopnosti proti konvenčním VLO/LO konstrukcím by měla být brána vážně [2]. 1L119 Nebo SVU

a RLM-M Nebo M poskytnou věrohodné schopnosti pro řadu rolí, včetně jejich použití jako radarů pro získávání cílů na baterie pro S-300PMU -1/2 / SA-20 Gargoyle a S-400/S-400M / SA-21 raketové systémy země-vzduch . *Vzhledem k tomu, že design má značný růstový potenciál, může zůstat v neustálém vývoji a výrobě po celá desetiletí [3]*.

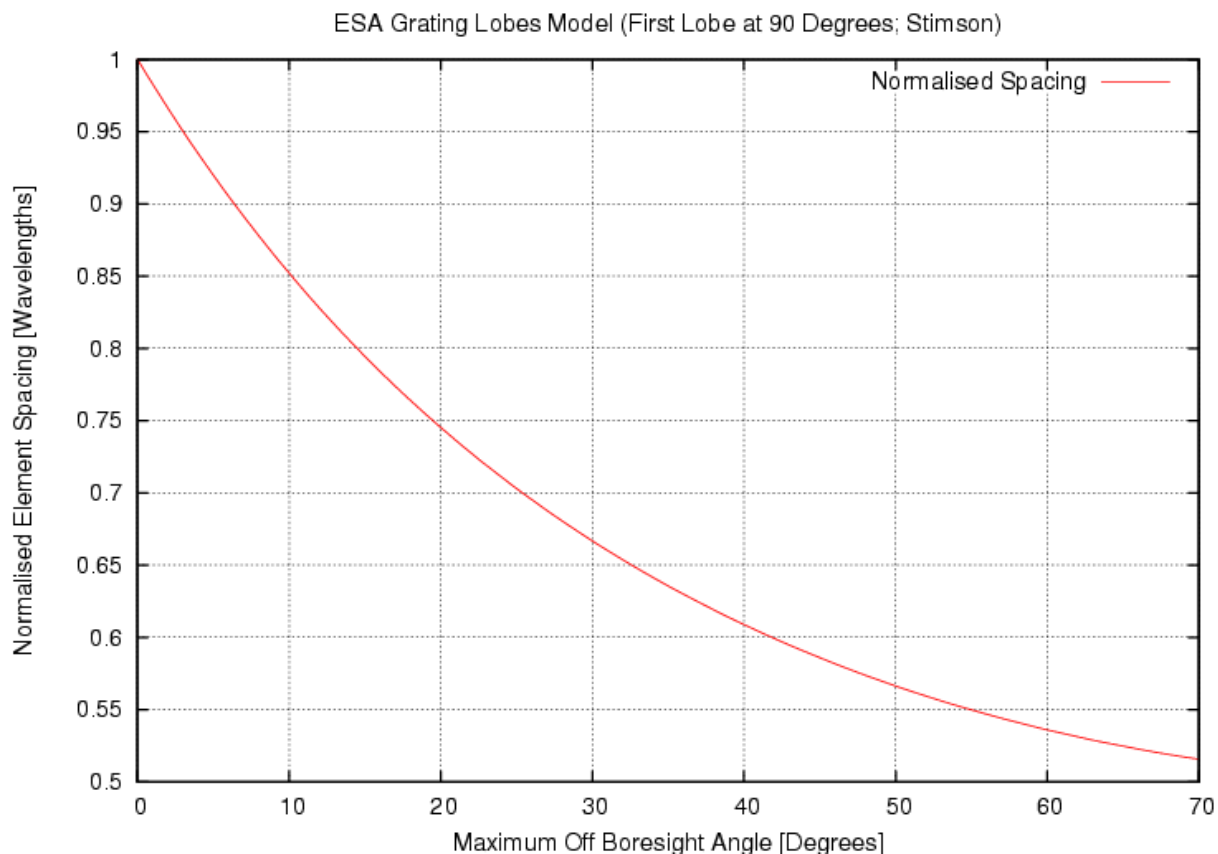


1L119 Nebo SVU na displeji (Images Said Aminov, [Vestnik-PVO](#)).

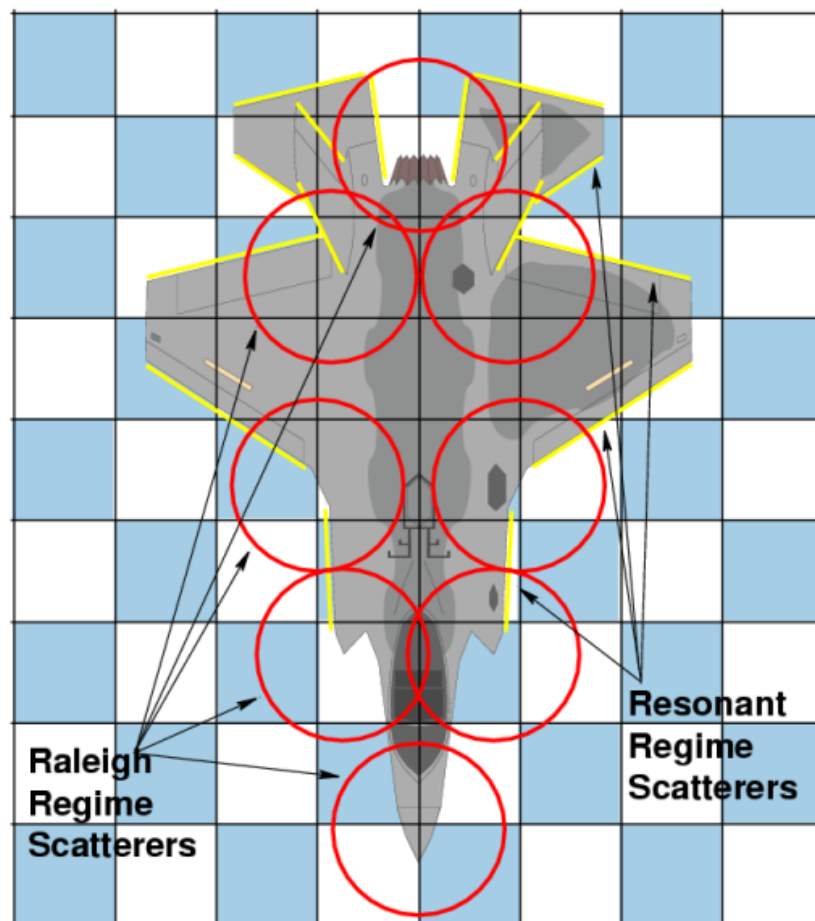


Závěrečné poznámky

[1] Graf mřížkového laloku pro analýzu ESA (podle Stimsona, str. 483). Za předpokladu, že první lalok mřížky je 90° mimo vrtání, rozteč prvků omezuje maximální úhel vychýlení mimo vrtání takto:



[2] Uvažujme například F-35 JSF v pásmu 2 metrů, které preferují ruští konstruktéři VHF radarů. Z perspektivy plošného tvarování je okamžitě zřejmé, že nos, vstupy, tryska a spoje mezi trupem, křídlem a bodci se budou prezentovat jako centra rozptylu Raleighova režimu, protože tvarovací prvky jsou menší než vlnová délka. Většina rovných hran má velikost 1,5 až dvě vlnové délky, což je pevně staví do rezonančního režimu rozptylu. Velikost jednoduše vylučuje možnost, že by tento drak letadla mohl dobře řízeným způsobem odrážet dopadající záření v pásmu 2 metrů daleko.



JSF in the 2 Metre Band

Jediný životaschopný mechanismus pro snížení signatury VHF pásma je proto v materiálech, zejména materiálech, které mohou silně tlumit indukované elektrické proudy v pláštích a náběžných hranách. Fyzika kožního efektu ukazuje, že hloubka kůže je minimalizována materiály, které mají silné magnetické vlastnosti. Neklasifikovaná literatura je plná materiálů magnetických absorbérů, které mají přiměřený útlum v pásmu VHF, ale jsou velmi husté, a materiály, které vyžadují značnou hloubku, aby byly účinné, pokud jsou lehké. Problém, který má JSF, je ten, že nemůže snadno unést mnoho stovek liber nízkopásmových absorpčních materiálů v draku letadla s hraničním aerodynamickým výkonem. Některé technologie, jako jsou laminované fotonické povrchové struktury, mohou být životaschopné pro skiny, ale experimentální práce ukazuje nejlepší účinek v decimetrických a centimetrových pásmech. Tloušťka se opět stává problémem.

Realita je taková, že v konvenčním decimetrickém až centimetrovém radarovém pásmu s nízkým pozorovatelným designem, tvarování odpovídá za první 10 až 100násobné snížení podpisu a pro získání zbytku efektu snížení podpisu se používají materiály. V pásmu VHF je tvarování v letadlech velikosti stíhačky do značné míry neúčinné a vyžaduje absorpční materiály s 10 až 100krát lepším výkonem než materiály, které se v současnosti používají. Ve světě materiálů je získání dvojnásobného výkonu z nového materiálu považováno za dobré, získání pětinasobného výkonu výjimečného a získání 100krát lepšího výkonu vyžaduje zásadní průlom ve fyzice.

[3] Další úvaha, která je okrajová pro konstrukci samotného radaru, je jeho vliv na jiné země vyvíjející produkty v této oblasti. Již nyní je zřejmé, že čínská CETC byla silně ovlivněna 1L13/1L119 při vývoji jejího radarového zařízení pro pásmo VHF JY-27 [\[Klikněte pro více ...\]](#).



CETC JY-27 je nedávný čínský design, který je jasně ovlivněn 1L13 Nebo SV a 1L119 Nebo SVU.

Poděkování

Autor děkuje všem stranám v Austrálii a v zámorí, které recenzovaly návrh tohoto dokumentu, za jejich přesvědčivé komentáře a příspěvky.

Reference

1. NNIIRT – Nizhny Novgorod Research Institute of Radio Engineering' (NNIIRT), Rusko, 603950, Nižnij Novgorod, st. Shaposhnikova, 5, tel. (+78312) 65-00-69, fax (+78312) 64-02-83
2. Nizhny Novgorod Research Institute of Radioengineering, AirFleet #61#06.2006, URL: <http://www.airfleet.ru/index.php?staid=1001234>
3. JSCNITEL - OJSC "NITEL" ("Otevřená akciová společnost "Televizní závod Nižnij Novgorod pojmenovaný po VILeninovi" (NITEL)), 603009, Nižnij Novgorod, Prospect Gagarin, 37, URL: <http://www.nitel-oao.ru/>
4. Rosoboronexport, Ruský katalog zbraní, Exportní katalog systémů protivzdušné obrany, 2003, URL: http://www.rusarm.ru/catalogue/air_def/air_def.pdf
5. Eugene Yanko - Warfare.ru - Ruské radary protivzdušné obrany.
6. Muzeum NITEL JSC
7. News Report, Flight International, 28. 8. 2001, Rusko nabízí vyhledávací radar pro použití proti utajení
8. NNIIRT zastoupena na výstavě zbraní MILEX-2007 v Minsku unikátní radarová stanice, Interfax News, URL: <http://www.rosprom.gov.ru/news.php?id=3841&fcats=0>
9. P-18 „Spoon Rest D“, Radar Basics, URL: http://www.radartutorial.eu/html/_start.en.html
10. Radar 1L13 "NEBO-SV", Vestnik PVO, URL: <http://pvo.guns.ru/rtv/nitel/1113.htm>
11. NEBO-SV (1L13-3), Mobile 2-D VHF Band Radar System, Promexport World Group Systems, URL: <http://www.pwgs.org/products/ad/nebosv.htm>
12. Alexander ZACHEPITSKY, hlavní konstruktér radarů 55Zh6 a 55Zh6U, Cesta ke třem souřadnicím, Planeta VVKURE, URL: <http://vvkure.com/planeta/index.php?name=News&op=Article&sid=356>
13. B. Slusar, Digitální anténní pole – budoucnost radaru, Vydání č. 3/2001 :: Vojenská elektronika, URL: <http://www.electronics.ru/issue/2001/3/8>
14. Australské letectví – červen 2002 – Aktivní elektronicky řízená pole – technologie zrání
15. Air Power Australia - září 2007 - Ruské nízkopásmové sledovací radary

Bibliografie

1. Kraus JD, Antény, druhé vydání, McGraw-Hill, 1988 (vřele doporučujeme).
 2. Skolnik MI (redaktor), Radar Handbook 3rd Edition, 007057913X, McGraw-Hill, únor, 2008 (vřele doporučujeme).
 3. Stimson GW, Introduction to Airborne Radar, 2. vydání Scitech Publishing, 1998 (velmi doporučeno).
 4. Bassem R. Mahafza, Úvod do radarové analýzy, CRC Press, ISBN 0849318793.
 5. Obrázky Rosoboronexport, RuMoD, NNIIRT, US DoD, Jiné, Autor.
-

Příloha A 55Zh6ME Nebo M Součásti systému radaru s vlastním pohonem

Technická zpráva APA-TR-2008-0402
