

VLIV NÁHLÝCH ZMĚN PODMÍNEK ŠÍŘENÍ RÁDIOVÝCH VLN NA VEDENÍ OPERACE A BOJE

Při šíření rádiových vln se uplatňují některé mimořádné jevy, které mohou zcela znemožnit, anebo podstatně narušit činnost celé řady prostředků a systémů velení vojskům a řízení zbraní, spojení, průzkumu a radioelektronického boje. Mezi tyto jevy patří náhlé změny podmínek šíření rádiových vln. Může k nim docházet jak v důsledku přírodních jevů, tak i lidské činnosti.

Příčinou těchto změn bývá zpravidla silné zvýšení hustoty ionizovaných částic v atmosféře. K ionizaci atmosféry dochází obvykle ve výšce asi 50 až 1500 km působením řady vlivů. Tím vzniká v atmosféře vrstva s proměnnými vlastnostmi, nazývaná ionosférou. Z hlediska šíření rádiových vln se na vzniku a změnách ionosféry podílejí především tyto vlivy:

- fotoionizace následkem působení slunečního ultrafialového a rentgenového záření;

- nárazová ionizace následkem srážek hmotných částic vyzařovaných Sluncem, s molekulami atmosféry;

- ionizace atmosféry při výškových jaderných výbuších;

- ionizace atmosféry při průletu rychlých meteoritů.

V atmosféře se tak vytvářejí ionizované vrstvy a prostory, které způsobují ohyb a útlum rádiových vln. Při normálním stavu ionosféry se fyzikálních vlastností ionizovaných vrstev využívá především pro šíření dekametrových (tzv. krátkých) vln. Změny v hustotě ionizovaných částic vedou ke změnám podmínek šíření rádiových vln v závislosti na jejich vlnové délce. Při prudkém zvýšení hustoty ionizovaných částic dochází k odrazu vln v jiné výšce a v jiném místě, takže může dojít ke zhoršení podmínek až k úplnému znemožnění dálkového šíření krátkých vln. Na druhé straně může při-

tom dojít i ke vzniku mimořádných podmínek pro dálkové šíření metrových a zčásti i decimetrových a centimetrových vln. Je to způsobeno tím, že oblast s vysokou koncentrací iontů působí pro rádiové vlny podobně jako odrazná plocha, přitom čím vyšší je hustota iontů, tím vyšší je tzv. kritický kmitočet, tj. nejvyšší kmitočet, při kterém ještě dochází k odrazu vln i při kolmém dopadu na ionizovanou vrstvu. Na přechodnou dobu tak může dojít k zásadním změnám v podmínkách spojení, vedení radioelektronického boje, průzkumu i činnosti některých radiolokačních, radionavigačních a dalších systémů. Přehled těchto podmínek viz **tabulku 1**. Je zřejmé, že tyto jevy tak mohou podstatně ovlivnit velení vojskům a řízení zbraní a tím také bojeschopnost vojsk, průběh a výsledek operace a boje.

Tyto skutečnosti nás nutí, abychom věnovali této problematice soustavnou pozornost a vypracovali soubor opatření, která by umožnila minimalizovat jejich nepříznivé důsledky pro činnost ČSLA v míru i za války.

Všimněme si nejdříve **účinků mimořádných jevů v atmosféře na šíření rádiových vln**. Za normálních podmínek dochází ke změnám ionizace atmosféry s jistou pravidelností v denních, ročních i v delších cyklech. Proto můžeme vliv ionosféry na šíření rádio-

Přehled podmínek šíření rádiových vln

Vlnové pásmo	Normální podmínky šíření	Mimořádné podmínky šíření
Dekametrové (krátké) vlny 1,5 až 30 MHz	Na vzdálenosti asi do 100 km povrchovou vlnou, na větší vzdálenosti hlavně ionosférickou vlnou – odrazem od vrstev E a F.	Povrchová vlna bez podstatných změn, ztiženo až znemožněno dálkové šíření; znehodnocení výsledků rádiového zaměřování.
Metrové (velmi krátké) vlny 30 až 300 MHz	Na vzdálenost až desítek km povrchovou vlnou, na větší vzdálenosti prakticky jen na přímou rádiovou viditelnost; útlum šířením se zvyšováním kmitočtu roste.	Povrchová vlna bez podstatných změn, možnost šíření odrazem od ionizovaných vrstev až na vzdálenosti několik tisíc km; zhoršení podmínek rádiového zaměřování.
Decimetrové a centimetrové vlny 300 až 30 000 MHz	Převážně se uplatňuje šíření na přímou rádiovou viditelnost, případně troposférickým a výjimečně ionosférickým rozptylem; útlum šířením rovněž se zvyšováním kmitočtu roste.	Částečné ovlivnění šíření na přímou viditelnost dodatečným zvýšením útlumu a zakřivením dráhy šíření vln, možnost odrazů od ionizované vrstvy, s růstem kmitočtu účinky klesají.

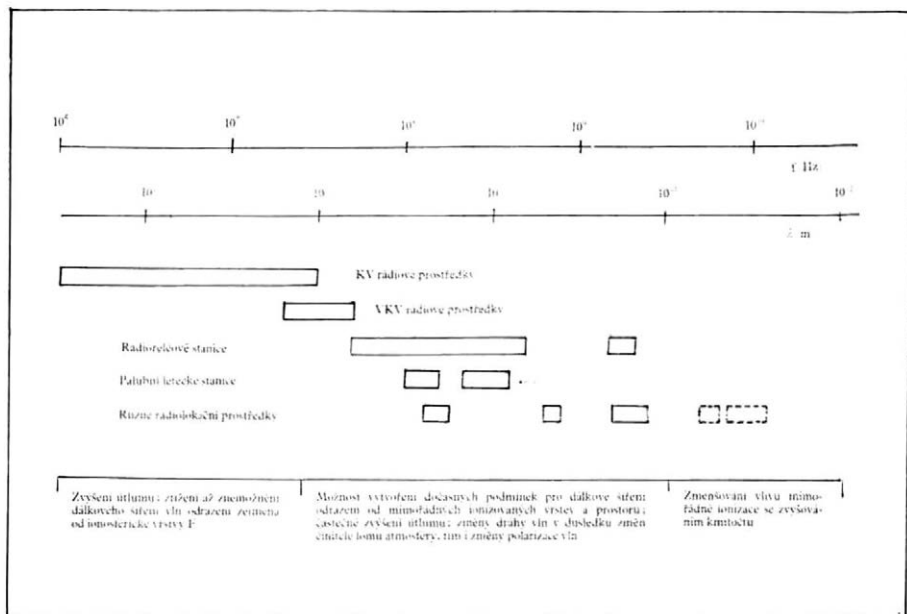
vých vln předvídat a na základě toho plánovitě organizovat a řídit činnost radioelektronických systémů a prostředků. Mimořádné, neočekávané změny stavu ionosféry mohou naproti tomu tuto činnost výrazně ovlivnit. V kmitočtových pásmech, postihovaných těmito mimořádnými jevy, pracuje většina rádiových a radioreléových stanic i radiolokátorů, používaných v ČSLA (viz obr. 1). Tím naléhavěji vystupuje do popředí potřeba poznat tyto jevy a jejich důsledky a na tomto základě připravit vhodná opatření k minimalizaci jejich nepříznivých účinků i k využití možností, které poskytují vlastním vojskům.

Rozhodujícím způsobem se na mimořádných jevech v ionosféře podílejí silné erupce na Slunci a výškové jaderné výbuchy. Při **sluneční erupci** se směrem k Zemi šíří mimořádné množství záření a hmotných částic různými rychlostmi. Ultrafialové záření se šíří rychlostí světla, proto jeho příchod nelze předpovědět. Jeho částice o vysoké energii vyvolávají podstatné zvýšení ionizace ve výškách do 200 km. V důsledku toho dochází během několika sekund až minut k částečnému až úplnému přerušení dálkového spojení v pásmu krátkých vln. Tento tzv. Dellingerův jev se uplatňuje obvykle v širokém kmitočtovém pásmu a může trvat až několik hodin. Ultrafialové záření je postupně následováno těžšími, pomalejšími částicemi, které se k Zemi přiblíží za něko-

lik hodin až desítek hodin a vyvolávají další ionosférické poruchy a magnetické bouře. Tyto ovšem již můžeme předvídat na základě předchozího Dellingerova jevu.

Podobné jevy mohou nastat i při **jaderných výbuších** ve výškách nad 15 km. Okolo 80 % energie výškového jaderného výbuchu se spotřebuje na ionizaci prostředí. Nejsilnější se projevují ve výškách 60 až 100 km. Koncentrace ionizovaných částic se přechodně zvýší natolik že v prostoru výbuchu dochází k odrazům rádiových vln až o několik řádů kratších než při normální struktuře ionosféry. V ionizovaném prostoru dochází také ke zvětšení útlumu, ke změnám polarizace i drah šíření vln. Účinky se projevují v závislosti na ráži a výšce jaderného výbuchu do vzdálenosti několika set až několika tisíc km. Přitom vzniká zajímavý jev: protože tyto účinky mají úzkou souvislost s magnetickým polem Země, projevují se i v tzv. magneticky sdružených bodech („u protinůžců“) prakticky ve stejném rozsahu. Tedy např. výškový výbuch jihovýchodně od Nového Zélandu vyvolá poruchu v šíření vln i v prostoru ČSSR.

Délka trvání mimořádných podmínek šíření závisí především na příčině jejich vzniku, na výšce a na kmitočtu. Může trvat od několika sekund až do několika dní. Přitom délka roste se zmenšováním kmitočtu a se zvyšováním síly jaderného



Obr. 1

výbuchu, popř. sluneční erupce a také s přibližováním výšky výbuchu o hodnotě kolem 70 km. S ovlivňováním rádiového spojení počítám několik hodin až dní, s ovlivněním činnosti radiolokátorů a radioreléového, troposférického a družicového spojení na několik sekund až několik hodin.

V dalším poukážeme na **vliv mimořádných podmínek šíření vln na vedení operace a boje**. Tyto podmínky mohou ovlivněním činnosti celé řady radioelektronických prostředků výrazně ovlivnit velení vojskům, řízení zbraní a pochopitelně také podmínky vedení radioelektronického boje a průzkumu. Mohou přitom vzniknout nahodile působením přírodních jevů, ale také záměrně, plánovitě a cílevědomě, zejména při jaderných výbuších.

Mimořádné podmínky mohou výrazně ovlivnit **rádiové spojení**. Především dálkové krátkovlnné rádiové spojení odrazem od ionosféry je velmi ztíženo. Navíc se jeho podmínky rychle mění. To může výrazně omezit možnosti dálkového spojení ve složitých, dynamických situacích zejména na stupni armády a výše. Závažné problémy mohou vzniknout i při spojení s hloubkovým průzkumem, s letovými ve vzduchu i v týlovém spojení. Protože v některých případech se současně s tím mohou vytvořit mimořádné podmínky pro dálkové šíření metrových i kraťších vln,

můžeme s výhodou využít VKV rádiových stanic, např. R-137, R-111 a dalších. V radioreléovém a zejména v troposférickém spojení musíme při vzniku mimořádných podmínek šíření počítat všeobecně se zhoršením kvality a se snížením dosahu spojení jednak zvýšením útlumu užitečného signálu, jednak zvýšením rušením signály vzdálených stanic. V jednotlivých případech může dojít naopak i k přechodnému zvýšení kvality spojení. Při spojení na kratší vzdálenosti (asi do 25 až 50 % maximálního dosahu za normálních podmínek) k ovlivnění prakticky nedochází.

Mimořádné podmínky šíření mají vliv i na **radiolokaci**, zejména na nižších kmitočtech. Dochází k zakřivení dráhy a k odrazům vln a tím ke zkreslení údajů o cílech. Cíle, umístěné vzhledem ke stanovišti radiolokátoru za ionizovaným prostorem (v radiolokačním stínu) nezjistíme vůbec, naopak některé cíle zjistíme s chybnými údaji vzdálenosti, azimutu nebo také výšky, popř. zásluhou odrazů se jejich počet může zdánlivě zvýšit. Největší vliv to bude mít na činnost přehledových radiolokátorů letectva a PVO. Se zvyšováním kmitočtu radiolokátorů se vlivy těchto jevů zmenšují.

Výrazně se mění podmínky pro vedení **radioelektronického průzkumu**. Velmi silně je postižen průzkum v pásmu krátkých vln, především na stupni frontu a

u teritoria. Vedení soustavného rádiového průzkumu na vzdálenosti, přesahující dosah povrchové nebo přímé vlny, je velmi ztíženo. Rádiové zaměřování je téměř znemožněno. Naopak v pásmu metrových vln se mohou vznikem podmínek pro dálkové šíření možnosti průzkumu výrazně rozšířit. Umožní se sledování spojů do větší hloubky, popř. ze stanovišť, umístěných dále od předního okraje. Protože však tyto podmínky mohou vést k přesycení kmitočtového pásma vzdálenými vysílači, zhorší se tím zejména podmínky indentifikace a vyhodnocení nepřátelských spojů, dochází k přetížení průzkumných pracovišť. Pokud jde o radioreléové spoje, podmínky průzkumu se většinou zhoršují v důsledku zvýšení útlumu šíření a vzájemné interference signálů, šířících se několika cestami. Ztíží se rovněž podmínky pro průzkum družicového spojení. Zvýšení útlumu šířením se projevuje zejména při malých elevačních úhlech přijímacích antén, signály na nižších kmitočtových pásmech se průchodem oblakem po jaderném výbuchu a ionizovaným prostorem většinou utlumí tak, že jejich příjem je znemožněn. To všechno značně ovlivní celkovou situaci a podmínky rádiového průzkumu. U radiotechnického průzkumu se projeví prakticky stejné důsledky jako v radiolokaci, takže jeho činnost se výrazně ztíží. Tím se tedy až na malé výjimky celková výslednost radioelektronického průzkumu při vzniku mimořádných podmínek šíření vln podstatně sníží. Vhodnými opatřeními však můžeme tyto důsledky poněkud omezit, jak uvádíme dále.

Při vzniku mimořádných podmínek šíření vln dochází rovněž ke změnám ve vedení **radioelektronického boje**. Frontový útvar (jednotky) REB, který zpravidla využívá dálkového šíření krátkých vln odrazem v ionosféře, nebude moci z původních stanovišť plnit svůj úkol v původním rozsahu. Armádní útvary (jednotky) REB využívají zpravidla šíření povrchovou vlnou, proto jejich činnost by neměla být vážněji narušena. Vytvořením podmínek pro dálkové šíření se může naopak zvýšit dosah rušičů VKV. To může na jedné straně zvýšit možnosti rušení VKV spojů nepříteli, současně to však může vést k nežádoucímu zarušení vlastních VKV spojů i na velké vzdálenosti — několik set i několik tisíc km. Přesycení a proměnnost podmínek šíření v pásmu VKV může vést ke snížení efektivnosti rušení tím, že průzkum v této situaci jen velmi obtížně identifikuje nejdůležitější nepřátelské VKV rádiové spojení. Jen málo se změní možnosti rádiového vrtulníkového

útvary REB. Je nutné počítat pouze s poněkud proměnnými podmínkami rušení.

Radiotechnické útvary REB budou vcelku moci plnit úkol, i když za ztížených podmínek. Rušení klasických radiolokátorů může být velmi účinné, protože jeho účinky jsou zvyšovány nepříznivými důsledky mimořádných podmínek šíření vln. Proti novým radiolokátorům se složitými signály zůstává účinnost rušení nízká. Účinnost rušení systémů blízké navigace se podstatně nemění.

Mimořádné podmínky šíření vln tedy mohou výrazně a většinou negativně ovlivnit činnost řady radioelektronických systémů a prostředků. Musíme proto počítat s tím, že jich může účinně využít nepřítel zejména ve složitých situacích, zvláště pak při přechodu na použití jaderných zbraní, kdy umožňují vyvolat další moment překvapení. Je ovšem zřejmé, že obdobným způsobem můžeme v jaderné válce působit proti nepříteli i my. Současně však musíme tyto možnosti nepříteli i vlastní důkladně pochopit a připravit podmínky pro jejich všestranné využití ve svůj prospěch.

Působení mimořádných podmínek šíření vln na vlastní vojska můžeme do značné míry zmírnit, zatímco proti nepříteli jich můžeme s výhodou využít. Řešení tohoto problému by vyžadovalo **komplexní soubor opatření** v nejrůznějších oblastech a jejich plánovitě a sladěné využití.

Především bude žádoucí na základě **vědeckého výzkumu** hlouběji poznat podstatu jevů, vedoucích k mimořádným podmínkám šíření, i jejich kvantitativní stránky. S využitím vlastní vědecké základny ČSLA a zejména mezinárodní výměnou poznatků by se tak získaly konkrétnější představy o účincích jaderných výbuchů na šíření rádiových vln v závislosti na druhu, prostoru a parametrech výbuchu. Tyto poznatky bychom pak mohli rozpracovat jednak na konkrétní opatření k ochraně vlastních vojsk a jednak na vlastní opatření proti nepříteli.

Dále bude vhodné připravit a realizovat **organizační opatření**. Protože mimořádné podmínky mohou vznikat i v míru působením přírodních procesů, vyžaduje to taková opatření, která mohou minimalizovat negativní účinky na bojovou pohotovost ČSLA. U zainteresovaných složek [např. spojovací vojsko, radiotechnické vojsko, radioelektronický průzkum, radioelektronický boj] bude vhodné zřídít pracoviště pro nepřetržitě sledování a vyhodnocování podmínek šíření vln a zabezpečit součinnost mezi nimi i spolupráci s dalšími institucemi, jako je Geofyzikální ústav ČSAV, Radioklub Svazarmu a další.

To umožní na základě předpovědi a sledování podmínek šíření vln volit a upravit optimální variantu využití radioelektronických prostředků. K efektivnímu využití sil a prostředků bude vhodné v mírových podmínkách zabezpečovat tuto tzv. vlnovou službu pokud je to možné centralizovaně. Dosavadní zkušenosti z činnosti vlnové služby na některých specializovaných pracovištích jsou velmi pozitivní.

Velký význam mají rovněž **technická a provozní opatření**. V armádách Varšavské smlouvy stejně jako v armádách NATO se při vývoji radioelektronických prostředků a systémů věnuje pozornost mimořádným podmínkám šíření i dalším aspektům činnosti v podmínkách hromadného použití jaderných zbraní. Jsou již známy některé principy činnosti, které umožňují do značné míry potlačit vliv okamžitých podmínek šíření vln. U spojovacích prostředků je to možné např. nepřetržitým vyhodnocováním podmínek šíření na pracovních kmitočtech i v celém použitelném kmitočtovém rozsahu, popř. můžeme přistoupit i k automatické adaptivní volbě optimálního pracovního kmitočtu. Např. v armádě USA bylo takové zařízení pro pásmo krátkých vln vyvinuto a má se zavádět pod označením AN/TRQ-35(V). Pod označením MEECN (Minimum Essential Emergency Communications System — minimální nezbytná spojovací soustava pro nouzové účely) se v USA vyvíjí a postupně zavádí celý komplex opatření na zabezpečení nejnutnějšího velení a řízení v podmínkách masového použití jaderných zbraní.

Kromě volby optimálního pracovního kmitočtu můžeme s výhodou využít vhodné druhy signálů a metody jejich zpracování. Např. v radiolokaci můžeme dosáhnout výrazného zvýšení odolnosti použitím signálů s proměnnou délkou periody a s proměnným kmitočtem, nebo také soustavami s vyhodnocováním údajů o cílech v témže prostoru od několika radiolokátorů současně. Dosud však má tyto mož-

nosti jen část radiolokačních prostředků ČSLA.

Rozsáhlou oblast problémů představuje **příprava kádrů** na řešení problematiky. Měla by zahrnovat jak řídicí pracovníky — velitele a štáby — tak i obsluhy radioelektronických prostředků. Při přípravě velitelů a štábů považujeme za potřebné zahrnout do procesu plánování a vedení operace a boje i soubor opatření pro řešení otázek, spojených s náhodnými nebo záměrnými změnami podmínek šíření rádiových vln. To vyžaduje zpracovat a zvládnout metodiku činnosti štábů svazů a svazků, respektující tyto otázky. Výrazně by to ovlivnilo činnost řady správ a oddělení — spojovacího, zpravodajského, RVD, PVO, REB a dalších. Zainteresované orgány, velitele a štáby by bylo třeba potom proškolit ve vhodných kurzech nebo metodických zaměštnáních. Obdobně bude nutné soustavně školit i obsluhy radioelektronických prostředků, při výcviku a cvičeních navozovat odpovídající situace. Zkušenosti ze všech dosavadních válek totiž ukazují, že neúčinnější je každé neočekávané opatření při jeho prvním použití. Tak jako jsou schopny vycvičené obsluhy překonávat i velmi silné nepřátelské rušení, mohou zvládnout i důsledky neočekávaných změn v podmínkách šíření vln. Je proto zřejmé, že nejdůležitější problémy z této oblasti zasluhují popularizaci ve vhodné formě v celé armádě.

Celý komplex opatření by měl řešit neefektivněji dva **hlavní úkoly**:

- minimalizovat účinky mimořádných podmínek šíření rádiových vln na vlastní vojska a

- vlastními aktivními opatřeními dosáhnout co největšího účinku na nepřítele.

Těmito úkoly problematika mimořádných podmínek šíření vln nabývá charakter organické součásti radioelektronického boje a měla by být řešena především v jeho rámci, pochopitelně za aktivní spoluúčasti zainteresovaných složek.

Závěrem chceme konstatovat, že již stručná analýza ukazuje, že mimořádné podmínky šíření vln mohou výrazně ovlivnit bojeschopnost i bojovou pohotovost ČSLA. Je známo, že v armádách NATO je této problematice věnována velká pozornost. Její řešení v ČSLA předpokládá především pochopení jejího významu a důsledné postupné rozpracování a realizaci potřebných opatření.

V článku jsme neřešili některé další příbuzné problémy, které výslednou situaci rovněž ovlivňují, jako je např. vliv elektromagnetického impulsu a hromadného použití jaderných zbraní na válčiči na činnost radioelektronických prostředků.

Chtěli jsme především upozornit na základě svých poznatků a dosavadních zkušeností na význam mimořádných podmínek šíření rádiových vln na vedení operace a boje. Nebylo přitom v našich silách daný problém vyřešit a poskytnout hotové návrhy na konkrétní opatření. Uvítáme proto, podaří-li se nám orientovat pozornost na tento problém, který může velmi výrazně ovlivnit podmínky plnění úkolů ČSLA, zvláště v období zvýšeného nebezpečí války.